

1306 #15

1122

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

S-E-C-R-E-T

50X1-HUM

COUNTRY USSR

REPORT

SUBJECT Soviet Metallurgy Handbook

DATE DISTR. 20 January 1964

abst. see next page

NO. PAGES 5

REFERENCES

DATE OF INFO.

50X1-HUM

PLACE & DATE ACQ.

50X1-HUM

THIS IS UNEVALUATED INFORMATION. SOURCE GRADINGS ARE DEFINITIVE. APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

Soviet handbook, 50X1-HUM
Spravochnik po metallicheskim materialam (Handbook of Metallic Materials)

The handbook is in two volumes:
chast 1, chernyye metally (part 1, ferrous metals); chast 2, tsvetnyye metally i splavy (part 2, nonferrous metals and alloys).

50X1-HUM

S-E-C-R-E-T

5
4
3
2
1

GROUP 1
Excluded from automatic
downgrading and
declassification

STATE	DIA #	ARMY #	NAVY	AIR #	NSA #	JCS	OCR	NIC
								USIA

(Note: Field distribution indicated by "#")

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

EXPEDITE

B-23 A

50X1-HUM

Page Denied

~~S-E-C-R-E-T~~

-2-

PART I - FERROUS METALS

Introduction	5
Signs and symbols used in tables and diagrams	10
1. Structural Carbon Steels	13
Low-carbon Steel, High-grade, Structural 08 <i>KП</i>	15
Low-carbon Steel 10, 10 <i>KП</i>	25
" " " 15, 15 <i>A</i> (Select)	31
" " " 20, 20 <i>A</i>	35
Medium-carbon Steel 25	43
" " " 35	51
" " " 45	60
Free-cutting Steel A-12	71
Free-cutting Steel A-20	77
2. High Strength Alloy Steels	81
Manganese Low-carbon Steel <i>15Г1А(10Г2)</i>	83
" " " " <i>12Г2А</i>	91
Chromium Structural Steel <i>40X</i>	105
Chromium Manganese Vanadium Steel <i>25XГΦА</i>	115
Chromium Silicon Manganese Steel <i>25XГСА</i>	123
" " " " <i>30XГСА</i>	133
3. Steel with Special Properties	151
Heat-resistant Chrome Molybdenum Low-carbon, with Increased Chemical Stability Steel <i>12X5MA</i>	153
Stainless Chromium Steel <i>1X13(ЭЖК1)</i>	168
" " " " <i>2X13(ЭЖК2)</i>	174
Acid-resisting Chrome-nickel Steel <i>1X18H9(91), 2X18H9</i>	179
Acid-resisting Chrome-nickel Steel with Titanium <i>1X18H9T(91T)</i>	185
Electrotechnical Sheet Steel <i>342(34AA)</i>	194
Very Low-carbon Electrotechnical Steel (Iron Type Armko) A and <i>3AA</i>	200

S-E-C-R-E-T

S-E-C-R-E-T

-3-

4. Tool Steels	213
High-carbon Tool Steel <i>Y7 and Y7A</i>	215
" " " " <i>Y8A</i>	221
" " " " <i>Y8A</i>	227
Chromium Tool Steel <i>X7</i>	234
5. Elastic (Spring) Steels	241
Carbon Elastic Steel <i>A-1, A-11, B-1, B-11</i>	243
High-grade Carbonic Elastic Steel <i>70(OBC)</i>	260
Manganese Elastic Steel <i>65T</i>	265
Silicon Elastic Steel <i>60C2A</i>	274
Tungsten Silicon Elastic Steel <i>65C2BA</i>	286
Chrome Vanadium Elastic Steel <i>50XΦA</i>	298
6. Cast Iron	309
Gray Iron Casting <i>C415-32, C418-36</i>	311
Antifriction Gray Iron Casting <i>C44-1-C and C44-1-C55318</i>	

PART II - NON-FERROUS METALS AND ALLOYS

1. Deformable Aluminum Alloys	3
Technical Aluminum <i>AD1, AD</i>	5
Aluminum-Manganese Alloy <i>AM4</i>	11
Aluminum-Magnesium Alloy <i>AMr</i>	17
" " " <i>AMr3</i>	22
" " " <i>AMr5B</i>	28
" " " <i>AMr6T</i>	34
" " " <i>AMr5D</i>	39
Avialite <i>AB</i>	41
Avialite of Increased Durability (Forging) <i>AK6</i>	49
Duraluminum <i>D1</i>	53
Duraluminum of Increased Durability <i>D16</i>	60
Duraluminum of Increased Plasticity <i>D18D</i>	71
Duraluminum of Increased Durability (forging) <i>AK8</i>	74

S-E-C-R-E-T

50X1-HUM

~~S-E-C-R-E-T~~

-4-

Deforming Aluminum Alloy of Increased Heat-resistance (forging) <i>AK 8</i>	80
2. Casting Aluminum and Magnesium Alloy	85
Casting Aluminum Silicate Alloy <i>AA 2</i>	87
Casting Aluminum Silicate Alloy with Magnesium and Manganese <i>AA 4</i>	91
Casting Aluminum Silicate Alloy with Copper and Magnesium <i>AA 5</i>	95
Casting Aluminum Magnesium Alloy with Silicate and Manganese <i>AA 13</i>	100
Casting Magnesium Alloy with Aluminum and Zinc <i>MA 3</i>	105
Casting Magnesium Alloy with Aluminum Zinc and Manganese <i>MA 5</i>	109
Casting Magnesium Alloy with Aluminum and Zinc <i>MA 6</i>	113
3. Copper, Lead and Alloys with Copper Base	117
Copper <i>M 1, M 2, M 3</i>	117
Lead <i>C 4</i>	120
Semitopak <i>SB 0</i>	120
Brass <i>SB 2</i>	120
Plumbous Brass <i>SB 59-1</i>	120
Ferrous Manganese Brass <i>SB 59-1-1</i>	120
Aluminum Ferrous Brass <i>SB 60-1-1</i>	120
Stannic Phosphorous Bronze <i>Sp. O 6.5-0.15</i>	120
Stannic Plumbous Bronze <i>Sp. O C 5-25</i>	120
Aluminum Ferrous Bronze <i>Sp. SB 9-4</i>	120
Aluminum Ferrous Manganese Bronze <i>Sp. SB 10-3-1.5</i>	120
Beryllium Bronze <i>Sp. B</i>	120
4. Solder	121
Brazing (hard) Solder: Copper, Brass and Copper-Zinc Alloys, Silver Solder	123
Soft Solder <i>POC 90, POC 40, POC 30, POC 18,</i> <i>POCC 4-6</i>	129

S-E-C-R-E-T

Содержание

Латунь алюминиево-железистая ЛАЖ60-1-1	182
Бронза оловянно-фосфористая Бр. ОФ 6,5-0,15	187
Бронза оловянно-свинцовая Бр. ОС 6,25	193
Бронза алюминиево-железная Бр. АЖ 9-4	196
Бронза алюминиево-железомарганцовая Бр. АЖМи 10-3-1,5	204
Бронза бериллиевая Бр. Б	217
	231

4 Припой

Припой твердые металлы, латуни и медно-никелевые сплавы, серебряные припои	233
Припой медные ПОС 90, ПОС 40, ПОС 30, ПОС 18, ПОС 4,6	249

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
5	1 строку	(АДМ, АД)	(АДМ, АД, АДМ, АД)
47	1 строку, в графе таб. лица «Источники»	ГОСТ 944-52	ГОСТ 944-52
47	4-я графа, 7 строку	21)	21)
47	2-я графа, 18 строку	(АВТ)	(АВТ)
51	2 строку, над табл. б	II	II
62	6-я графа, 3 строку	окрашенными грунтом АДГ-1	окрашенными по грунту АДГ-1
73	4 и 5 строку	алюминиево-кремневый	алюминиево-кремневый
89	1 строку	183	183
91	3 табл. 4, 2-я графа (по дошка)	а) Теплопроводность λ , см/сек град	а) Теплопроводность λ , кал/см сек град
149	2 строку	ГОСТ 944-52	ГОСТ 944-52
152	3-я графа, 2 строку	0,072 г/см ³ кгс	0,072 г/см ³ кгс
180	1 строку	III. Технологические свойства	III. Технологические свойства
192	1 строку	Al, Fe, Ni	Al, Fe, Ni
212	Рис. 40	Температура, °С	Температура, °С
225	Рис. 36	ж) Коэффициент трения μ	ж) Коэффициент трения μ
227	1 строку и 1 и 2-я графа	ГОС 60 43,3-50,5	ГОС 60 49,3-50,5
231	2 строку и 3 строку	0,95	0,25
231	2 графа слева, 3 строку	Справочник по металлам, ч. II, таб. № 402-453, 576	

ГОСТ 944-52
 Технические требования к Бр. АЖ60-1-1
 Издание 1-е, сентябрь 1957 г. Москва
 ЦНИИТМАШ, Москва

4 Приложения

Таблица 6 (продолжение)

Номер флюса; состав, %	Назначение	Приготовление, свойства и применение флюсов
Флюс ЛМ-1 Спирт этиловый или этиленгликоль 400 см ³ , ортофосфорная кислота (уд. вес 1,6) 1,71—100 см ³ , канцелярская паста 30 г	Для пайки нержавеющей стали мягкими припоями	При пайке с этим флюсом рекомендуется применять припой ПОС 40 и ПОС 30. Наиболее прочный шов получается при пайке оловом с добавлением 1% свинца. Остатки флюса после пайки не вызывают коррозии нержавеющей стали

ИСТОЧНИКИ

1. Металлы и сплавы цветных металлов и сплавов: Вып. 12, 1950
2. Сборник научно-исследовательских работ по сплавам-заменителям: Металлургия, М., 1941
3. А. И. Шляпкин. Данные института Гирроветметобработка
4. В. И. Костенев и А. И. Иванченко. Механические свойства металлов и сплавов при статической нагрузке при низких температурах. ЖТФ, Вып. 5, Т. XVI, Прилож. стр. 551—554, 1946
5. Справочник по авиационным материалам. Конструкторские материалы. Т. I, М., Оборонгиз, 1950
6. Данные НИИ ПХ-89

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1 Деформируемые алюминиевые сплавы	3
Технический алюминий АД1, АД	5
Алюминиево-марганцевый сплав АМц	11
Алюминиево-магний сплав АМг	17
Алюминиево-магний сплав АМгЗ	22
Алюминиево-магний сплав АМгЗВ	28
Алюминиево-магний сплав АМг6Т	34
Алюминиево-магний сплав АМг5П	39
Авиаль АВ	41
Авиаль повышенной прочности (ковочный) АК6	49
Дуралюмин Д1	53
Дуралюмин повышенной прочности Д16	60
Дуралюмин повышенной пластичности Д18П	71
Дуралюмин повышенной прочности (ковочный) АК8	74
Деформируемый алюминиевый сплав повышенной жаропрочности (ковочный) АК4	80
2 Литые алюминиевые и магниевые сплавы	85
Литейный алюминиево-кремниевый сплав АЛ2	87
Литейный алюминиево-кремниевый сплав с магнием и марганцем АЛ4	91
Литейный алюминиево-кремниевый сплав с медью и магнием АЛ5	96
Литейный алюминиево-магний сплав с кремнием и марганцем АЛ13	100
Литейный магниевый сплав с алюминием и цинком МЛ3	103
Литейный магниевый сплав с алюминием, цинком и марганцем МЛ5	108
Литейный магниевый сплав с алюминием и цинком МЛ6	115
3 Медь, свинец и сплавы на медной основе	121
Медь М1, М2, М3	123
Свинец С4	126
Полупомпак Л80	141
Латунь Л62	151
Латунь свинцовистая ЛС 59-1	163
Латунь железисто-марганцевая ЛЖМц 59-1-1	175

4 Припой

2. Механические свойства припоя при повышенных температурах [3].

Таблица 3

Марка припоя	Свойства	Температура испытания, °С				
		20	50	100	150	200
ПОС 40 (60% Pb, 40% Sn)	σ _{0,2}	3,8	2,95	1,71	1,35	0,0
	ε	62,0	—	31,6	21,7	0,0
	η	—	100,0	75,0	40,0	0,0

3. Механические свойства некоторых нестандартных припоев при нормальной и пониженной температуре [4].

Таблица 4

Химический состав, %	Температура испытания, °С								
	+17			-183			-253		
	σ _{0,2}	ε	η	σ _{0,2}	ε	η	σ _{0,2}	ε	η
100	3,6	29,0	91,0	7,1	4,0	4,0	7,3	0,6	0,0
45	5,4	17,0	62,0	13,0	3,0	6,0	17,0	3,0	1,0
25	5,2	21,0	84,0	12,5	13,5	26,0	17,0	16,0	23,0

III. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 5, 6

Таблица 5

Марка припоя	Применение
ПОС 90	Для пайки внутренних швов в пищевой посуде и медно-цинковой аппаратуры
ПОС 40	Для пайки приборов и электрических контактов
ПОС 30	Для пайки стальных, медных, латунных деталей, белой жести, цинковых и цинково-никелевых сплавов. Для пайки коммутационных контактов в контактных и радиотехнических схемах
ПОС 28	Для пайки стальных, латунных, медных деталей в конструкциях аппаратуры, работающих в условиях повышенной влажности и агрессивных сред
ПОС 40	Для пайки латунных, цинковых, медных и стальных деталей в конструкциях аппаратуры

Припой мягкие ПОС 90, ПОС 40, ПОС 30, ПОС 18, ПОС 4-6

IV. СОСТАВЫ И НАЗНАЧЕНИЕ ФЛЮСОВ ДЛЯ ПАЙКИ МЯГКИМИ ПРИПОЯМИ [5]

Таблица 6

Номер флюса, состав, %	Назначение	Приготовление, свойства и применение флюсов
Флюс 1 ZnCl ₂ (плавленый) 25; вода — 75.	Кислотный. Для пайки стали и медных сплавов. Температура пайки 200—350°С.	ZnCl ₂ активно растворяет окислы металлов при температуре 283°С и выше. Допускается содержание свободной соляной кислоты до 0,6—0,8%. После пайки остатки флюса смываются проточной водой во избежание коррозии.
Флюс 3 ZnCl ₂ — 18; NH ₄ Cl — 6; вода — 76.	Кислотный. Для пайки стали и медных сплавов. Температура пайки 180—320°С.	При 330°С NH ₄ Cl разлагается. Флюс более активный, чем № 1. После пайки остатки флюса смываются проточной водой.
Флюс 4 ZnCl ₂ — 25; соляная кислота (уд. вес 1,19) — 25; вода — 50.	Кислотный. Для пайки нержавеющей стали.	Остатки флюса вызывают сильную коррозию нержавеющей стали. После пайки требуется тщательная промывка.
Флюс 5 Канифоль	Для пайки обезжиренных и чистых деталей из меди и латуни.	Применяется в порошковой или в виде концентрированного раствора в этиловом спирте. Остатки флюса не вызывают коррозии.
Флюс 6 Вазелин технический — 80; канифоль — 15; ZnCl ₂ — 4; NH ₄ Cl — 1.	Для пайки меди и ее сплавов	Вазелин сплавляется с канифолью и охлаждается до комнатной температуры. Остальные компоненты добавляются в концентрированном водном растворе при перемешивании смеси. Остатки флюса смываются бензином.

4 Припои

Примечания 1. Приведены средние составы флюсов.
2. Назначение флюсов — рекомендуемое на основе опыта промышленности.

ИСТОЧНИКИ

- 1) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.
- 2) А. П. Смирятин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиздат, М., 1949.
- 3) С. А. Абаза, Ф. В. Куликов, М. Р. Лекиер. Твердая пайка. Госнергоиздат, М.—Л., 1948.

ПРИПОИ МЯГКИЕ: ПОС 90, ПОС 40, ПОС 30, ПОС 18, ПОСС 4-6

I. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ (ГОСТ 1499-54)

Таблица 1

Марка припоя	Основные компоненты, %			Примеси, %, не более								
	Sn	Sb	Pb	Cu	Bi	As	Fe	Ni	S	Zn	Al	
ПОС 90	89-90	0,15	не более	остаток	0,08	0,1	0,05	0,02	0,02	0,02	0,002	0,002
ПОС 40	39-40	1,5-2,0	то же	0,1	0,1	0,05	0,02	0,08	0,02	0,002	0,002	0,002
ПОС 30	29-30	1,5-2,0	.	0,15	0,1	0,05	0,02	0,08	0,02	0,002	0,002	0,002
ПОС 18	17-18	2,0-2,5	.	0,15	0,1	0,05	0,02	0,08	0,02	0,002	0,002	0,002
ПОСС 4-6	3-4	5-6	.	0,15	0,1	0,05	0,02	0,08	0,02	0,002	0,002	0,002

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Типичные физические и механические свойства [1], [2].

Таблица 2

Марка припоя	Удельный вес γ , г/см ³	Температура плавления, °С		Механические свойства				
		начало	конец	σ_s	σ_b	δ	α_k	H_k
ПОС 90	7,57	183	222	4,3	2,7	25	—	—
ПОС 40	9,31	183	235	3,2*	—	63*	4,75*	12,6*
ПОС 30	9,69	183	256	3,3	2,9	58	—	10,3
ПОС 18	10,23	183	277	2,8*	—	67*	3,86*	10,5*
ПОСС 4-6	10,7	245	265	6,3*	—	—	0,8*	15,6*

* Данные получены на образцах из слитков 100/140/14 мм, отлитых в количестве 10-20 штук до 100°C. Температура разлива ($T_{разл}$) = $T_{пл} + 50^\circ\text{C}$.

4 Припой

2. Нестандартные припои [1].

Таблица 2

Марка припоя	Химический состав, %						
	Ag	Cu	Zn	Cd	P	Si	Al
ПСФ 4	18	78	—	—	4	—	—
34 А	—	28	—	—	—	6	66

Примечание. Указаны средние химические составы.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные физические свойства [1], [2], [3].

Таблица 3

Марка припоя	Удельный вес γ , г/см ³	Температура плавления, °С		Температура припая, °С
		начало	конец	
Медь М1	8,9	1080	—	1150
Л 68	8,6	909	938	1100
Л 62	8,5	898	905	1080
ПМЦ 36	7,7	800	823	950
ПМЦ 48	8,3	860	870	970
ПМЦ 54	—	865	888	1050
ПСр 10	8,55	830	—	870
ПСр 12	8,5	785	—	815
ПСр 25	8,9	765	—	—
ПСр 45	9,3	720	—	780
ПСр 65	9,6	720	—	745
ПСр 70	9,9	730	—	755
ПСр 72	10,0	779	779	—
ПСр 50	9,5	690	650	—
ПСФ 4	8,6	710	—	—
34 А	8,3	529	—	—

234

Припои твердые: медь, латуни и медно-цинковые сплавы, серебряные припои

2. Прочность соединений, выполненных твердой пайкой [3].

Таблица 4

Материал и припой	Прочность спаев на срез, кг/мм ²
Пайка мягкой стали красной медью	свыше 34
Пайка меди и медных сплавов серебряными припоями	не менее 18
Пайка стальных деталей латунью	около 23—26

Примечание. Приведенные данные могут служить как ориентировочные, так как прочность паяных соединений в значительной степени зависит от конструкции изделий.

III. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ [2], [3].

Таблица 5

Марка припоя	Применение
Медь М1	Для пайки стали. Применяется с флюсом или в восстановительной атмосфере.
ПМЦ 36	Для пайки латуней Л59 и ЛС59. Применяется редко из-за низких механических свойств соединений.
ПМЦ 48	Для пайки меди, томпака и полутомпака.
ПМЦ 54	Для пайки меди, томпака, полутомпака и стали.
Л68 и Л62	Для пайки изделий из меди и стали.
ПСр12М и ПСр10	Для пайки латуни и бронзы с содержанием меди 58% и выше.
ПСр25	Для пайки тонкостенных деталей из меди, латуни, бронзы, нержавеющей стали, берилловой бронзы, при повышенных требованиях к чистоте спаев.
ПСр45	Для пайки деталей приборов.
ПСр65	То же, что и ПСр 45. При пайке стали дает соединения с повышенной прочностью.
ПСр70	Для пайки электрических контактов при повышенных требованиях к электропроводности места спаев.
ПСр72	То же, что и ПСр 70.
ПСр50	Для пайки закаленных стальных изделий без отжига.

235

**ПРИТОИ ТИВЕРСКИЕ, МЕНЬШЕ ЛАТВИИ И МЕДИНО-ЦИНКОВЫЕ СПЛАВЫ, СЕРВЕРНЫЕ ПРИТОИ:
1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ**

1. Стандартные металлы и сплавы.

Таблица

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, % не более	Источники
	Св	Аг	Сд	Рт	Рс		
Медь-101	99,9	-	-	-	-	0,0003-0,005	ГОСТ 8894-41
Латунь-158	60-70	-	-	(остаток)	0,10	0,01	ГОСТ 10594-41
Латунь-158	60,3-63,1	-	-	То же	0,15	0,10	то же
ПМЦ-16	4-38	-	-	0,1	0,05	-	ГОСТ 13344-42
ПМЦ-18	46-50	-	-	0,1	0,05	-	то же
ПМЦ-18А	2-56	-	-	0,1	0,05	-	то же
ПСр-10	21-74	0,07-0,1	-	-	0,15	0,05	ГОСТ 3390-66
ПСр-12,М	11-63	0,17-0,22	-	-	0,15	0,05	то же
ПСр-20	39-41	0,17-0,23	-	-	0,15	0,05	то же
ПСр-44	29,5-30,5	0,45-0,47	-	-	0,15	0,05	то же
ПСр-66	19,1-20,1	0,45-0,63	-	-	0,15	0,05	то же
ПСр-70	25,1-26,1	0,55-0,7	-	-	0,15	0,05	то же
ПСр-72	27,1-28,1	0,7-0,72	-	-	0,06	0,05	то же
ПСр-75	34,1-35,1	0,9-0,92	-	-	0,06	0,05	то же
ПСр-100	100	-	-	-	-	0,05	то же

Примечания: 1. Медь латуни-158 и ПМЦ не является при-
емом по стандарту, на получение широкое распространение. Приме-
ны в виде проволочек, специальных форм для литья и пр.
2. В технических обоснованиях случаев по составлению между
потребителями поставщиками документов - составление припасов по
составлению припасов латуни-158 - 0,10%

4. П Р И П О И

Антифрикционные свойства определены на машине Амслера в паре с осевой железнодорожной сталью, при удельной нагрузке 75 кг/см^2 , скорости $0,4 \text{ м/сек}$ и продолжительности испытания 6 ч. Смазка — веретенное масло № 2.

9. **Коррозионная стойкость.** Коррозионная стойкость бериллиевой бронзы высокая. При наличии растягивающих напряжений в условиях коррозии бериллиевая бронза подвержена растрескиванию, но в меньшей степени, чем латуни.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литье** [1]. Температура литья $1050-1100^\circ\text{C}$. Атмосфера при плавлении слабо восстановительная. Защитный покров — древесный уголь. Смазка изложницы — 90% керосина и 10% холландской сажи. Температура изложницы $90-120^\circ\text{C}$.

2. **Обработка давлением** [1], [2]. Обработывается в горячем и холодном состоянии. Легко подвергается обработке в закаленном состоянии. Прокатка ведется в интервале температур $750-800^\circ\text{C}$, возможна холодная прокатка. Максимально допустимая деформация в холодном состоянии 40—50%. Температура прессовки $720-760^\circ\text{C}$. Хорошо куется и штампуются в горячем состоянии.

3. **Обработываемость резанием** удовлетворительная [2].

4. **Термическая обработка** (ЦМТУ 673-41). Смягчающий отжиг производится при температуре $650-700^\circ\text{C}$.

Облагораживание состоит из закалки и отпуска. Нагрев перед закалкой производится в печах с восстановительной атмосферой в течение 2 часов при температуре 780°C ; охлаждение в воде. Отпуск при температуре 325°C , в течение 3 часов; охлаждение на воздухе.

Для снятия образовавшейся при обработке окисной пленки режим травления следующий:

а) выдержка в течение 10—15 мин в 20—25%-ном растворе едкого натра при температуре $85-90^\circ\text{C}$;

б) промывка в воде;

в) травление в течение 3—5 мин в 10—15%-ном растворе серной кислоты с 5% двууглекислого кальция;

г) промывка в воде;

д) просушка

5. **Сварка.** Сваривается хорошо. В случае применения флюса 18В необходимо применять пламя с большим избытком

ацетилен. Состав флюса 18В: фтористый калий обезвоженный (ГОСТ 4522-48) — 40 вес. %; борная кислота (ГОСТ 2699-44) — 60 вес. %.

6. **Притираемость** хорошая.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления ответственных пружин, пружинящих контактов и мембран, деталей для часовых механизмов, зубчатых передач, шестерен, втулок и подшипников [1], [5].

ИСТОЧНИКИ

[1] А. П. Смирягин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиядат, 1949.

[2] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.

[3] Справочник машиностроителя. Т. II, Машгиз, 1952.

[4] В. В. Жолобов и Н. И. Зедни. Металлографический атлас. Металлургиядат, 1949.

[5] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.

7. Механические свойства в зависимости от режима термической обработки (степень предшествующей деформации — 50%) [4]

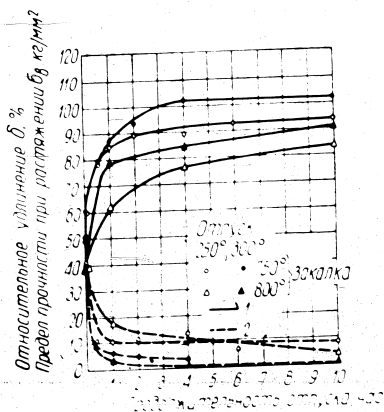


Рис. 37
1 — предел прочности, 2 — относительное удлинение

8. Физические свойства.

а) Теплопроводность $\lambda, \frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$ [2], [1].

Таблица 6

Состояние материала	λ
Мягкий	0,20
Холодотянутый	0,18
Термически обработанный	0,25

б) Коэффициент линейного расширения α [1], [5].

Таблица 7

Интервал температур, °С	от -50 до +50		от 20 до 150	
	$\alpha \cdot 10^6$		$\alpha \cdot 10^6$	
	17		18,5	

в) Удельное электросопротивление $\rho, \frac{\text{ом мм}^2}{\text{м}}$ [3].

Таблица 8

Состояние материала	ρ
Литой	0,065
Деформированный и затем отожженный	0,060

г) Удельный вес $\gamma=8,25 \text{ г/см}^3$ [5].

д) Теплоемкость в интервале температур 20 — 100°С

$$C=0,10 \frac{\text{ккал}}{\text{г град}} [2].$$

е) Критические точки [1].

начало кристаллизации 964°С
конец кристаллизации 955°С

ж) Коэффициент трения f [13]:
со смазкой — 0,016.

5. Механические свойства в зависимости от степени деформации [1].

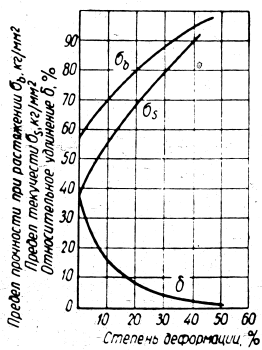


Рис. 35

6. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [1].

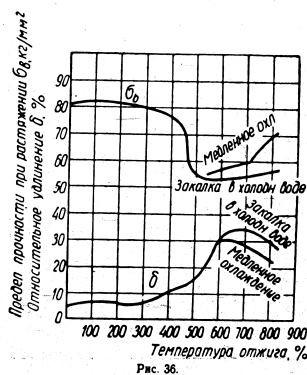


Рис. 36

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

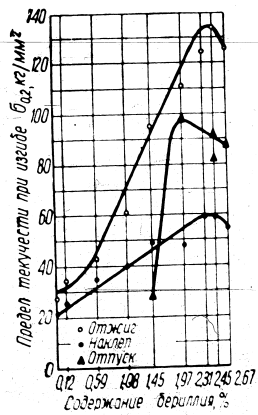


Рис. 33
Лист толщиной 3 мм

Бронза бериллиевая

Бр.Б

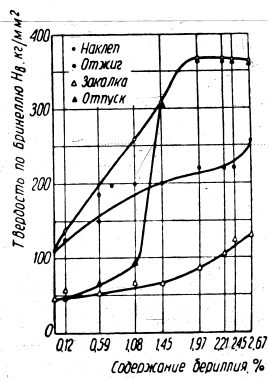


Рис. 34
Лист толщиной 3 мм

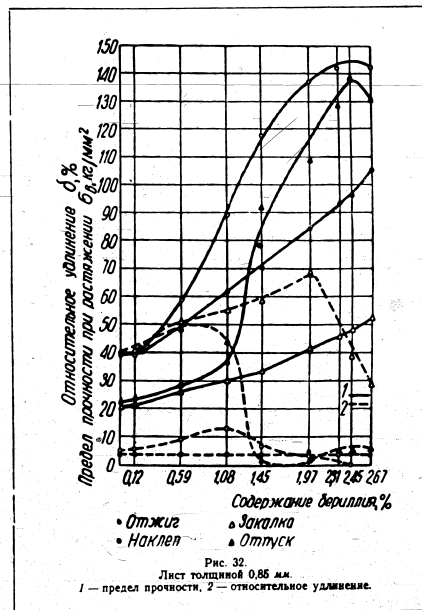
3. Механические свойства при низких температурах [1].

Таблица 5

Состояние материала	Свойство	Температура, °C					
		-180	-120	-80	-40	-10	20
Закаленный с 800°C и отагороженный при 300°C в течение 2 ч	σ_s	150,1	138,5	141,2	132,2	132,7	130,7
	$\sigma_{0,2}$	108,5	97,3	103,2	83,0	88,7	87,8
	δ	3,0	0,4	0,4	0,4	0,8	2,6
	ψ	6,0	4,0	5,0	5,0	9,0	5,0
	σ_{-180}	—	—	—	—	—	—
Закаленный с 800°C	σ_s	78,2	—	60,6	—	—	53,4
	$\sigma_{0,2}$	35,0	—	20,4	—	—	17,5
	δ	41,0	—	38,0	—	—	36,0
	ψ	57,0	—	54,0	—	—	50,0
	σ_{-180}	—	—	—	—	—	—

Примечание Испытания произведены на сплаве с содержанием бериллия 2,5%

4. Механические свойства в зависимости от состояния бронзы и содержания в ней бериллия [4].



3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_p	δ	ψ	H_s	Глубина выдвигания по Эраксену, мм (разнос пуассона 10 мм) не менее
Проволока диаметром 0,35-5 мм	отожженная	ЦМТУ673-41	40-60	30	-	-	-	-
То же	нагартованная	то же	не менее 75	1,0	-	-	-	-
Проволока диаметром 0,35-1 мм	облагороженная	.	120-130	1,0	-	-	-	-
Проволока диаметром 1,1-5 мм	то же	.	130-135	0,5	-	-	-	-
Полосы, ленты толщиной 0,1-0,5 мм	отожженные	ГОСТ 1789-50	-	-	-	-	6	-
Полосы, ленты толщиной 0,55-0,6 мм	то же	то же	30-60	30	не более 100	-	7	-
Полосы, ленты толщиной 0,1-0,5 мм	нагартованные	.	-	-	-	-	3	-
Полосы, ленты толщиной 0,55-0,6 мм	то же	.	не менее 66	2	не менее 135	-	3	-

Примечания: 1. Для проволоки удлинение измеряется при $l = 100$ мм.
 2. Определение твердости на приборе Бринелля производится на полосах и лентах толщиной свыше 3 мм.
 3. Испытанию на глубину выдвигания подвергаются полосы и ленты толщиной не более 1,2 мм.

Бронза бериллиевая

Бр.Б

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1], [2].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение					Сжатие $\sigma_{сж}$	a_n	H_s
	σ_s	σ_p	σ_p	δ	ψ			
Литой	-	-	-	-	-	185,0	6,7	140,0
Деформированный	мягкий	50,0	22,0-35,0	5,6	30,0-35,0	66,0*	9,1*	110,0*
	твердый	95,0	85,0-90,0	27,0*	-	-	7,0*	220,0*
	облагороженный	135,0	128,0	38,0	1,0-2,0	-	150,0	1,25	350,0

* Данные из источника [2].

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1], [2].

Таблица 4

Состояние материала	E
Мягкий	11700-12000
Твердый	12200
Облагороженный	13200

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Бронза применяется для изготовления коромысел, втулок свечей, маховиков, дисков, обжим подшипников, гаек креплений подшипников, направляющих траверс, втулок, ниппелей [2].

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [2] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1960.
- [3] Данные НИИ. П/л 621.
- [4] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. Машгиз, 1947.
- [5] В. В. Жолобов и Н. И. Зедин. Металлографический атлас. Металлургияздат, 1949.
- [6] Ж. «Цветные металлы» № 3. Металлургияздат, 1949.
- [7] А. П. Смирнов и Г. И. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургияздат, 1949.
- [8] Нормаль С1-667-48. Сплавы цветные и легкие, применяемые в судостроении. Министерство судостроительной промышленности, 1948.

БРОНЗА БЕРИЛЛИЕВАЯ Бр. Б

Основное назначение: изготовление пружин и пружинящих деталей ответственного назначения, а также деталей трения, работающих при больших скоростях и повышенных давлениях.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав.

Таблица 1

Марка сплава	Источник	Основные компоненты, %			Примеси, % не более							
		Be	Ni	Cu	Fe	P	Mg	Al	Ni	Si	Pb	Всего
Бр.Б	ДТУ	2,0—	—	остальное	0,4	0,02	0,05	0,10	0,15	0,002	0,002	1,2
	673—41	—2,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Бр.Б2	ГОСТ	1,9—	0,2—	—	0,15	—	—	0,15	—	0,150	0,006	—
	1789—50	—2,2	—0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5

Примечания: 1. Бронза марки Бр.Б применяется для изготовления проволоки.

2. Бронза марки Бр.Б2 применяется для изготовления листов и лент.

3. Содержание бериллия в бронзе марки Бр.Б2 допускается свыше 2,2%, но не свыше 2,3%.

3. Медь, сплавы и сплавы на медной основе

13. Влияние скорости охлаждения с температуры нагрева под заливку 760—780°C на твердость и удельное электросопротивление [6].

Таблица 10

Охлаждающая среда	$H_n(750.5)$	R_n	ρ , ОМММ ² /М
Вода 16—20°	260—265	105	0,022
Масло	242—245	104	0,021
Воздух	177	90	0,020
В печи	160	85	0,019

Примечания. 1. Испытанию подвергались прутки следующего химического состава, %: Си = 85,21—85,12; Al = 10,88—10,98; Fe = 2,31—2,33; Mn = 1,59—1,61; P = 0,01—0,007; Zn = следы.
2. Время выдержки при температуре закалки — 1 ч.

14. Физические свойства [1], [2].

а) Теплопроводность в интервале температур 0—40°C (при литье в кокиль) $\lambda = 0,115 \frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$

б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 11

Температура, °C	25—100	100—200	200—300
$\alpha \cdot 10^6$	16,9	17,9	20,2

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ОМММ}^2}{\text{м}}$ (для прессованных прутков)

Таблица 12

Температура, °C	25	100	300
ρ	0,280	0,287	0,300

Бронза алюминиево-железомарганцовистая

БРАЖМц 10-3-1,5

г) Температурный коэффициент электросопротивления α , (для прессованных прутков).

Таблица 13

Интервал температур, °C	25—100	100—300
α	0,000324	0,000235

г) Удельный вес γ (для проката и поковок) = 8,0 г/см³.
е) Температура плавления 1045°C.

ж) Коэффициент трения f :

со смазкой	0,011
без смазки	0,18

Испытания проведены на машине Амслера.

15. Коррозионная стойкость. Бронза подвержена выщелачиванию легирующих компонентов и растрескиванию в условиях коррозии под напряжением.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литье и литейные свойства [1], [7]. Температура литья 1120—1150°C. Атмосфера при плавнении слабо окислительная. Температура изложниц при заливке — 60—80°C. Состав смазки для изложниц — 50% зеленого мыла и 50% льняного масла. Жидкотекучесть — 67 см при 1100°C. Линейная усадка — 2,4%.

2. Обработка давлением [1]. Обрабатываемость давлением в горячем состоянии отличная. Температура прессования 840—775°C. Куется и штапуется в интервале температур 840—600°C. Прокатывается при температуре 850—800°C.

3. Обрабатываемость резанием [1] удовлетворительная.

4. Термическая обработка [1]. Обычно сплав термически не обрабатывается.

Иногда применяется закалка (температура 850°C, охлаждение в воде) с последующим отпуском (температура 350°C, охлаждение на воздухе).

5. Сварка [8]. Сваривается бронза ацетиленово-кислородной сваркой и электросваркой с присадкой из основного материала.

6. Притираемость к цветным металлам хорошая [8].

11. Твердость бронзы различного химического состава в зависимости от температуры закалки [5].

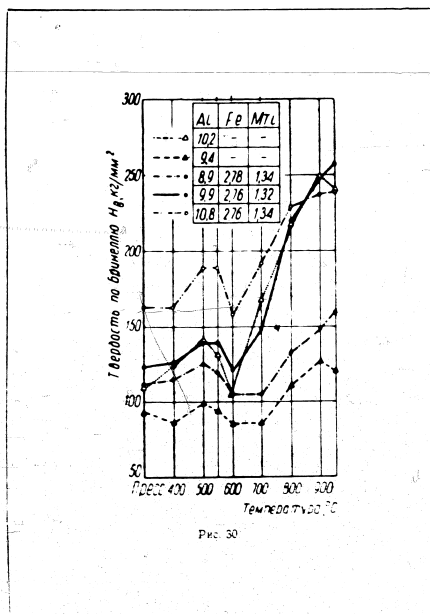


Рис. 30

12. Величина зерна в зависимости от температуры закалки [6].

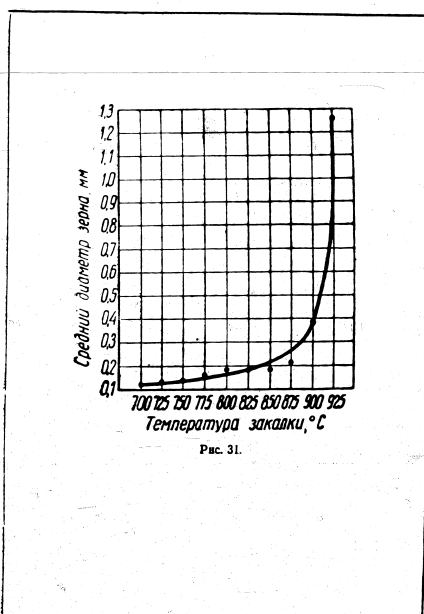


Рис. 31.

3. Медь, спилец и сплавы на медной основе

8. Механические свойства бронзы после закалки и отпуска [6].

Таблица 8

Свойства	Исходное состояние	Закалка при 770-780°	Отпуск при 480°С	Отпуск при 520°С	Отпуск при 560°С
σ_s	65,4-66,6	70,3-72,5	72,8-76,5	73,8-77,5	70,7-76,6
δ	12,1-15,7	4,3-3,75	4,15-3,1	8,9-13,3	11,4-15,7

Примечание. Для испытания была взята бронза в виде пресованных прутков следующего химического состава, %: Al = 10,88-10,98; Fe = 2,31-2,33; Mn = 1,59-1,61; P = 0,007-0,010; Zn = следы; Cu = 85,12-85,21.

9. Влияние режима термической обработки на механические свойства [5].

Таблица 9

Режим термической обработки	Свойства		
	σ_s	δ	H_b
Закалка с 900°С	80,0	2,5	227
Закалка с 800°С	—	—	209
Отжиг при 900°С, время выдержки 2 ч, охлаждение с печью	—	—	125
Отжиг при 600°С, время выдержки 2 ч, охлаждение с печью	—	—	138
Закалка с 900°С с последующим отпуском при 300°С, время выдержки 2 ч	82,8	3,62	285
Закалка с 900°С с последующим отпуском при 500°С, время выдержки 2 ч	70,5	7,8	200

Примечание. Для испытаний применялась бронза следующего химического состава, %: Al = 10,06; Fe = 3,34; Mn = 1,36; Cu = остальное.

Бронза алюминийно-железомаганцовистая

БР-АЖМц 10-3-1,5

10. Твердость и удельное электросопротивление в зависимости от температуры закалки [6].

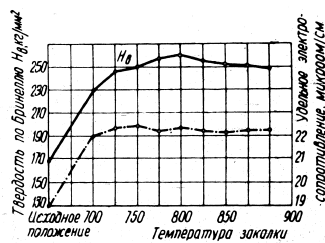


Рис. 29.

Состав сплава в %: Cu = 85,21-85,12; Al = 10,88-10,98; Fe = 2,31-2,33; Mn = 1,59-1,61; P = 0,01-0,007; Zn = следы.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

4. Ударная вязкость бронзы в зависимости от температуры [5].

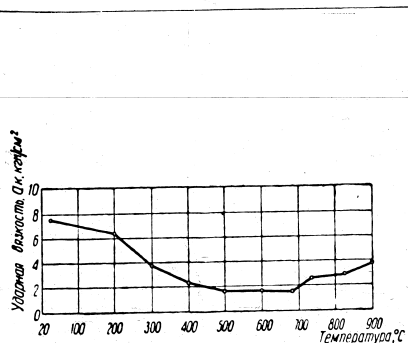


Рис. 28.

Бронза алюминийно-железомагнелистая

БР.АЖМц 10-3-1,5

5. Модуль нормальной упругости $E = 10000 \text{ кг/мм}^2$ [4].
6. Механические свойства в зависимости от степени деформации [3].

Таблица 6

Вид полуфабриката	Степень деформации	Механические свойства		
		σ_s	δ_2	H_s
Прутки холоднокатаные	отожженные	52	22	129
	10	65	13	159
	15	74	5	171
	25	78	5	200

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве, состава, %: Cu = 85,76; Al = 10,55; Fe = 2,80; Mn = 1,65.
2. Испытания производились на пятикратных образцах.
3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

7. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [3].

Таблица 7

Вид полуфабриката	Температура отжига, °C	Механические свойства		
		σ_s	δ_2	H_s
Прутки холоднокатаные с деформацией 25%	300	73	7	200
	400	68	6	200
	500	66	7	200
	600	69	31	138
	700	66	32	129

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве состава, %: Cu = 85,76; Al = 10,55; Fe = 2,80; Mn = 1,65.
2. Испытания производились на пятикратных образцах.
3. В таблице приведены средние данные по результатам трех образцов.
4. Время выдержки при температуре отжига во всех случаях составляло 2 ч.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

2. Механические свойства при низких и повышенных температурах [3].

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °С						
		-180	-80	-40	+20	+200	+300	+800
σ_s	литой в землю	71	60	62	60	50	8	15
	литой в кокиль	76	66	65	63	60	52	13
	прессованный	82	—	—	66	61	54	14
	нагартованный на 10%	74	63	60	61	56	58	15
$\sigma_{0.2}$	литой в землю	30	25	25	23	23	22	13
	литой в кокиль	33	29	29	25	26	26	11
	прессованный	29	—	—	25	24	22	12
	нагартованный на 10%	63	53	53	56	48	50	14
σ_p	литой в землю	24	17	18	15	19	15	8
	литой в кокиль	27	19	22	20	22	20	10
	прессованный	20	—	—	19	19	15	10
	нагартованный на 10%	56	46	45	50	—	41	11
δ_2	литой в землю	27	27	29	29	22	28	43
	литой в кокиль	30	30	33	33	34	31	42
	прессованный	38	—	—	28	31	37	47
	нагартованный на 10%	10	13	14	14	16	12	26
ψ	литой в землю	29	27	28	27	30	28	63
	литой в кокиль	29	33	34	30	33	30	64
	прессованный	33	—	—	34	30	31	58
	нагартованный на 10%	15	17	22	26	21	17	53
α	литой в землю	5,5	6,7	6,3	6,6	7,9	7,4	5,3
	литой в кокиль	6,6	6,9	7,8	7,3	8,3	7,8	6,2
	прессованный	7,6	—	—	9,4	9,0	6,0	6,7
	нагартованный на 10%	1,6	—	—	2,5	1,8	2,0	4,6

Бронза алюминий-железо-марганцевистая Бр.АЖМц 10-3-1,5

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве следующего состава.

Состояние материала	Медь, %	Алюминий, %	Железо, %	Марганец, %
Литой в землю и кокиль	85,10	10,49	3,45	1,44
Деформированный	85,76	10,55	2,60	1,65

2. Испытания производились на пятигранных образцах, изготовленных из слитков диаметром 70 мм, из прутка диаметром 32 мм и из холоднокатаного прутка диаметром 30 мм.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

4. Длительность выдержки при температуре испытания во всех случаях составляла 10 мин.

3. Механические свойства при высоких температурах [4].

Таблица 5

Свойство	Температура испытания, °С							
	20	600	700	750	800	850	900	950
σ_s	50,0	24,0	5,0	3,0	2,0	0,8	0,7	0,4
σ	20,0	38,0	23,0	20,0	40,0	68,0	83,0	91,0
ψ	24,0	56,0	33,0	30,0	50,0	90,0	99,0	99,8
α_s	7,0	6,5	5,5	10,0	9,0	7,5	5,5	4,5
$H_{0.2}$	120,0	26,0	7,5	5,5	4,0	2,5	1,1	0,8

БРОНЗА АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗОМАНГАНЦОВИСТАЯ
Бр. АЖМц 10-3-1,5

Основное назначение: изготовление деталей, работающих на истирание при нагрузке до 35 кг/см² при скорости до 1,2 м/сек, и ответственных деталей, работающих при температуре не выше 265°C.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 493-54).

Таблица 1

Марка сплава	Компоненты, %				Примеси, ‰, не более									
	Al	Fe	Mn	Cu	As	Sb	Sn	Si	Pb	P	Ni	Zn	Прочие металлы	
Бр. АЖМц 10-3-1,5	9-11	2-4	1-2	весьма мало	0,01	0,002	0,1	0,1	0,03	0,01	0,5	0,5	0,75	

Примечания: 1. Содержание свинца допускается до 1% в тех случаях, когда сплав не применяется как антифрикционный материал, причем, общая сумма примесей в этом случае допускается до 1,25%.

2. Содержание сурьмы допускается до 0,3% при применении для фасонного литья, причем, общая сумма примесей допускается до 1,0%.

3. Содержание олова допускается до 0,006 при применении для фасонного литья.

Бронза алюминиево-железомарганцовистая Бр. АЖМц 10-3-1,5

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ _в		H _в
			кг/мм ²	не менее	
Прутки диаметром 16-120 мм	Прессованные	ГОСТ 1628-48	60	12	129-171
Трубы	То же	ГОСТ 1208-54	60	12	129-171
Литье в кокиль	Литой	211АМТУ-51	55	10	110
Литье в земан	То же	То же	45	10	110

Примечания: 1. При диаметре прутков 50 мм и более допускается: предел прочности при растяжении не менее 55 кг/мм² и относительное удлинение не менее 15%.

2. Испытание прутков на твердость по ОСТ 10241-40.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства (2).

Таблица 3

Вид полуфабриката	Растяжение				σ _в	H _в
	σ _в	σ _{0,2}	ε _{0,2}	ψ		
Прутки, литые в кокиль	55	20	20	15	6	120
Прутки, прессованные	65	—	12	—	—	150

3. Медь, сплав и сплавы на медной основе

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ОМ} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ [2].

Таблица 11

Температура, °С	20	100	300
ρ	0,1094	0,1196	0,1522

г) Температурный коэффициент электросопротивления α_t [2].

Таблица 12

Интервал температур, °С	25—100	100—300
α_t	0,001299	0,001577

д) Удельный вес $\gamma = 7,6 \text{ г/см}^3$ [6].е) Температура плавления 1040°С [2].ж) Коэффициент трения f [1]:

со смазкой	0,004
без смазки	0,18

Коэффициент трения определен на машине Амслера в паре с осевой железнодорожной сталью.

Со смазкой удельная нагрузка 75 кг/см^2 , скорость $0,4 \text{ м/сек}$, продолжительность испытания 6 ч, смазка — веретенное масло № 2. Без смазки удельная нагрузка $12,5 \text{ кг/см}^2$, скорость $0,4 \text{ м/сек}$, характер нагрузки — спокойная.

8. **Коррозионная стойкость.** Алюминиево-железные бронзы весьма стойки в морской воде, в морском тумане, в насыщенном паре при 100°С , в перегретом паре при температуре до 250°С , в атмосферных условиях при повышенных температурах [2]. Бронза не корродирует под действием фосфорной, уксусной, лимонной, молочной и других органических кислот, солей щелочных металлов, хлороватистой и синильной кислот, в нефти, бензоле, бензине, спирте. Неустойчива в соляной, серной, азотной, уксусной кислотах при перемешивании и повышенной температуре, в разбавленном и концентрированном растворе аммиака и аммиачной воде, а также в ацетилене [2], [3].

Потеря в весе в условиях морской воды составляет $0,0104 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$; потеря в весе в 10% растворе серной кислоты — $0,0675 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$; потеря в весе во влажном паре при 100°С — $0,06 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ [1].

Бронза алюминиево-железная

Бр. АЖВ-4

Для алюминиево-железной бронзы характерна поверхностная коррозия за счет окисления железной составляющей; в результате этого поверхность становится шероховатой и возможно появление бурых пятен. В глубь металла коррозия распространяется медленно. Сплав склонен к выщелачиванию алюминия и растрескиванию при коррозии под действием растягивающих напряжений.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литье и литейные свойства** [1], [2], [3]. Температура литья $1120\text{—}1140^\circ\text{С}$ (для кокиля) и $1060\text{—}1100^\circ\text{С}$ (в землю). Атмосфера при плавлении нейтральная или слабо окислительная. Бронза обладает склонностью к пенообразованию и расцельной пористости. Линейная усадка — 2,49%.

2. **Обработка давлением** [2]. Сплав пластичен, хорошо переносит обработку давлением. Температура прокатки $700\text{—}850^\circ\text{С}$. Прессуется в интервале $850\text{—}750^\circ\text{С}$. Куется и штампуется в интервале температур $840\text{—}650^\circ\text{С}$.

3. **Обработка резанием** удовлетворительная [2].

4. **Термическая обработка** [2], [4]. Отжиг производится при температуре $700\text{—}750^\circ\text{С}$. Закалка производится при температуре 800°С и отпуск при 400°С .

5. **Сварка** [2]. Сваривается методом газовой сварки и электро-сварки с применением присадки из основного металла и специальных флюсов, содержащих в своем составе фтористые и хлористые соли щелочных металлов.

6. **Притираемость** хорошая [2].

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления направляющих втулок клапанов впуска, втулок приводов, втулок поршневых головок шатуна, фланцев, шайб, упорных колец, опорных пят, различных втулок агрегатов, лопат арматуры, ниппелей, дисков, гаек, секторов управления, кронштейнов [6].

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник машиностроителя. Т. II. Машгиз, 1952.
- [2] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [3] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. Машгиз, 1947.
- [4] А. П. Смиряткин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиядаг, 1949.
- [5] Данные НИИ. П/я 621.
- [6] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1960.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

3. Механические свойства ковальной бронзы при высоких температурах [2].

Таблица 5

Свойства	Температура, °C					
	20	200	300	350	400	500
σ_s	55,5	57,0	45,0	43,0	35,0	30,0
$\sigma_{0,2}$	39,0	34,7	34,7	23,3	21,9	25,7
δ	31,0	23,0	31,0	32,0	28,0	28,0
ψ	40,0	29,0	22,0	—	17,0	—
α_s	11,3	8,0	6,0-7,3	5,5	4,3-5,5	4,6
H_s	131,0	129,0	—	117,0	—	96,0

4. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

Таблица 6

Состояние материала	E
Литой в землю	11200
Деформированный, полутвердый	11600

5. Механические свойства в зависимости от степени деформации [5].

Таблица 7

Вид полуфабриката	Степень деформации, %	Механические свойства		
		σ_s	δ_s	H_s
Прутки холоднокатаные	отожженные	49	54	112
	10	53	43	138
	20	59	27	185
	40	65	20	200
	60	80	14	209

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве состава: Cu = 88,14, Al = 9,26, Fe = 2,82.
2. Испытания производились на пятикратных образцах.
3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

Бронза алюминий-железная

Бр.АЖВ-4

6. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [5].

Таблица 8

Вид полуфабриката	Температура отжига, °C	Механические свойства		
		σ_s	δ_s	H_s
Прутки холоднокатаные с деформацией 40%	300	70	22	200
	400	68	24	185
	500	67	25	185
	600	61	41	129
	700	59	48	121

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве состава: Cu = 88,14, Al = 9,26, Fe = 2,82.

2. Испытания производились на пятикратных образцах.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

4. Время выдержки при температуре отжига во всех случаях составляло 2 ч.

7. Физические свойства:

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$ [2].

Таблица 9

Интервал температур, °C	37-73	37-105	73-105	74-205	142-205	201-298
λ	0,172	0,183	0,196	0,188	0,200	0,198

б) Коэффициент линейного расширения α [2].

Таблица 10

Интервал температур, °C	25-100	100-200	200-300
$\alpha \cdot 10^6$	19,8	17,8	20,5

3. Медь, спички и сплавы на медной основе

2. Механические свойства при низких и повышенных температурах [5].

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C						
		-180	-80	-40	+20	+200	+300	+500
σ _в	литой в землю	58	52	50	50	40	32	14
	литой в кокиль	65	56	55	54	44	35	15
σ _т	мягкий	71	60	61	58	49	43	10
	нагартованный — 20%	73	61	61	60	50	47	13
	нагартованный — 45%	88	79	78	75	71	70	22
σ _{0,2}	литой в землю	27	22	24	20	17	17	10
	литой в кокиль	28	23	23	20	18	17	12
	мягкий	35	27	27	25	24	23	12
σ _{0,01}	нагартованный — 20%	44	38	39	36	30	32	—
	нагартованный — 45%	77	75	73	71	68	64	19
	литой в землю	20	17	19	15	13	14	8
σ _{0,001}	литой в кокиль	21	17	19	15	15	14	10
	мягкий	24	22	22	19	18	18	9
	нагартованный — 20%	39	33	35	30	27	28	10
σ _{0,0001}	нагартованный — 45%	—	65	59	56	—	56	13
	литой в землю	22	27	24	32	27	18	23
	литой в кокиль	33	39	36	47	36	22	19
σ _{0,00001}	мягкий	41	41	40	42	39	20	28
	нагартованный — 20%	38	41	40	40	26	17	26
	нагартованный — 45%	23	12	14	14	11	14	12

Бронзы алюминиево-железные

Бр.АЖВ-4

Таблица 4 (продолжение)

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C						
		-180	-80	-40	+20	+200	+300	+500
ψ	литой в землю	21	27	29	29	—	—	42
	литой в кокиль	29	35	33	35	31	20	—
	мягкий	53	55	55	53	41	19	53
ψ _{0,2}	нагартованный — 20%	45	45	49	43	26	18	52
	нагартованный — 45%	38	50	55	49	38	26	53
	литой в землю	4	5	6	6	7	7	7
ψ _{0,01}	литой в кокиль	6	7	8	9	10	8	7
	мягкий	13	13	14	13	13	9	2
	нагартованный — 20%	6	8	8	10	9	4	3
ψ _{0,001}	нагартованный — 45%	6	8	9	9	9	7	3

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве следующего состава.

Состояние материала	Алюминий, %	Железо, %	Медь, %
Литой в землю	8,6	2,94	Остальное
Литой в кокиль	9,06	3,03	То же
Деформированный	9,26	2,82	

2. Испытание производилось на пятикратных образцах, изготовленных из коллоидных прутков, имеющих диаметры 32, 40 и 36 мм, и из слитков диаметром 70 мм.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

4. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех случаях составляла 10 мин.

БРОНЗА АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗНАЯ Бр. АЖ 9-4
 Основное назначение: применяется в деформированном и литом состоянии для изготовления деталей, работающих на трение при удельном давлении 35 кг/мм² при скорости 1,9 м/сек, и для ответственных деталей сложной конфигурации, работающих при температуре не выше 265°.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 493-54). Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %				Примеси, %, не более								Сумма всех примесей
	Al	Fe	Cu	As	Sb	Sn	Si	Ni	Pb	P	Zn	Mn	
БрАЖ9-4	8-10	2-4	ос-таз-ное	0,01	0,002	0,10	1,0	0,5	0,01	0,01	1,0	0,5	1,7

Примечание. Примеси, не перечисленные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.

2. Механические свойства (в состоянии поставки). Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ _т	δ, не менее	H _в
Литье в землю	без термической обработки	ГОСТ 493-54	40	10	не менее 100
Литье в кокиль	То же	То же	50	12	не менее 100
Прутки прессованные диаметром 16-120 мм		ГОСТ 1628-48	не менее 55	15	110-180

Примечание. Твердость по Бринеллю определяется по ГОСТ 10241-40.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства.

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				
	σ _т	σ _{0,2}	σ _p	δ	ψ
Литье в землю [2]	—	18,0-21,0**	14,0-17,0	—	20,0-40,0
Литье в кокиль [4]	30,0-50,0	20,0	—	10,0-20,0	30,0
После пластической деформации	мягкий [4]	—	25,8*	19,9*	40,0
	полутвердый [5]	—	36,0	30,0	—
	твердый [4]	35,0	35,0****	—	5,0

Таблица 3 (продолжение)

Состояние материала	Сжатие		σ _к	H _в
	σ _{сж}	ε _{сж}		
Литье в землю [2]	—	—	6,0-8,0	110,0
Литье в кокиль [4]	11,5	—	9,9*	120,0-140,0
После пластической деформации	мягкий [4]	—	13,6*	110,0
	полутвердый [5]	—	35,4****	10,4
	твердый [4]	—	9,4*	160,0-200,0

* Данные по источнику [5].
 ** Данные по источнику [1].
 *** Данные по источнику [4].
 **** Данные по источнику [5].

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства.

Таблица 3

Вид полуфабриката	Растяжение						Сжатие % _{сж}	Срез % _{ср}	σ_k	H_b
	σ_r	$\sigma_{0.2}$	σ_p	δ_{10}	ψ	$\sigma_{сж}$				
Литье в кокиль [2]	15	10	7*	9	12	40	15	1-2*	55	
Литье в земляк [2]	12	8	5*	8	7	—	—	08*	45	

* Данные по источнику [1].

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

Таблица 4

Вид полуфабриката	E
Литье в кокиль . . .	8000
Литье в земляк . . .	7500

3. Физические свойства

а) Теплопроводность $\lambda = 0,14 \frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$ [1].б) Коэффициент линейного расширения α [2].

Таблица 5

Температура, °C	20	300
$\alpha \cdot 10^6$	18,0	19,3

в) Удельный вес $\gamma = 9,2 \text{ г/см}^3$ [2].

г) Температура плавления (верхняя критическая точка) 940°С [1].

д) Коэффициент трения / на машине Амслера [2]:
со смазкой 0,008
без смазки 0,14

Бронза оловянно-свинцовая

Br.OC5-25

4. Коррозионная стойкость [2]. Хорошо сопротивляется коррозии в атмосферных условиях и в пресной воде.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литье и литейные свойства [1]. Температура литья 1050—1150°С. Защитный покров — древесный уголь. Для устранения ликвации по удельному весу необходимо применять ускоренное охлаждение во время затвердевания. Линейная усадка — 1,5%; жидкотекучесть (литье в песок) — 40 см.

2. Обрабатываемость резанием отличная [2].

3. Сварка [3]. Удовлетворительно сваривается газовой сваркой и электродуговой сваркой угольным электродом. Бронза склонна к ликвации в процессе сварки. Газовая сварка ведется нормальным пламенем. Присадочный материал с химическим составом, близким к составу основного металла. Флюс для сварки — переплавленная бура. Контактная сварка не рекомендуется.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления уплотнительных колец, втулок нагнетателей и приводов, втулок шестерен, втулок водяных насосов, подпятников бензонасосов, втулок насосов, нагнетающих специальные виды топлива [2].

ИСТОЧНИКИ

[1] А. П. Смирнов и др. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургия, 1949.

[2] Справочник по авиационным материалам. Конструктивные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.

[3] Я. Л. Клячкин. Сварка цветных металлов, 1950.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литье и литейные свойства.** Температура литья 1200—1250°C. Жидкотекучесть низкая; имеется склонность к рассеянной пористости.
2. **Обработка давлением.** Применяется прокатка, прессовка, волочение. Температура прокатки 770—750°C.
3. **Обработка резанием** удовлетворительная.
4. **Термическая обработка.** Отжиг для снятия напряжений при температуре 180—200°C. Для уменьшения твердости отжиг производится при температуре 700—750°C.
5. **Сварка.** Хорошо сваривается газовой сваркой и электро-сваркой.
6. **Притираемость** удовлетворительная.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Бронза применяется для изготовления пружинящих контактов, мембран.

ИСТОЧНИКИ

- [1] В. В. Жолобов и Н. Н. Зедин. Металлографический атлас. Металлургия, 1949.
- [2] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборониз, 1950.
- [3] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [4] Справочник металлурга по цветным металлам. Т. I. Металлургия, 1953.
- [5] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. Машгиз, 1947.

БРОНЗА ОЛОВЯННО-СВИНЦОВИСТАЯ Бр. ОС 5-25

Основное назначение: изготовление литых деталей и подшипников, работающих на истирание при больших скоростях, а также изготовление уплотнительных устройств.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (АМТУ 211-51).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %			Примеси, %, не более							Сумма всех примесей	
	Sn	Pb	Cu	Sb	Fe	Al	Si	Вг	P	Ni		Zn
Бр. ОС 5-25	4—6	23—27	остальное	0,3	0,25	0,02	0,02	0,01	0,1	2,0	0,2	0,72, при анализе

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние материала	Источник	σ_s	σ_b	H_s
			кг/мм ²		
Литье в кокиль	литой	АМТУ 211-41	14	6	50
Литье в земля	то же	то же	12	4	40

6. Механические свойства бронзы в зависимости от температуры отжига [2].

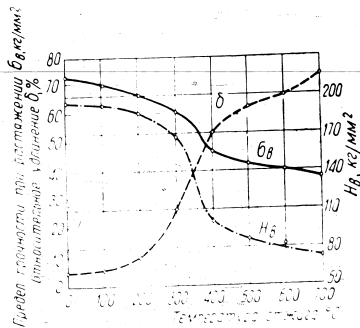


Рис. 27. Лента толщиной 2,5 мм подвергавшаяся отжигу холодной деформации на 50%. Выдержка при температуре отжига в течение 1 ч.

7. Физические свойства [3, 4, 12].

а) Теплопроводность λ для 0,13 см сек/град

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 7

Интервал температур, °C	20—100	100—200	200—300
λ — 10%	16,9	17,9	20,8

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ОМ} \cdot \text{мм}^2}{\text{М}}$

Таблица 8

Температура, °C	25	100	300
ρ	0,1265	0,1323	0,1705

г) Температурный коэффициент электросопротивления α_s

Таблица 9

Интервал температур, °C	25—100	100—300
α_s	0,000729	0,001187

д) Удельный вес $\gamma = 8,65 \text{ г/см}^3$.

е) Температура плавления 1050°C.

ж) Коэффициент трения f :

со смазкой	0,0089
без смазки	0,26

Испытания проведены на машине Амслера в течение четырех часов и при пробеге 6 км:

а) со смазкой (машинное масло) — при удельной нагрузке 75 кг/см²;

б) без смазки — при удельной нагрузке 12,5 кг/см².

8. Коррозионная стойкость [3, 5]. Оловянно-фосфористые бронзы обладают высокими антикоррозионными свойствами. Они весьма стойки в морской воде, в морском тумане, в насыщенном паре при 100°C, в перегретом паре до 225°C, в растворе едкого калия, сульфата натрия, растворах соды (до 50%), в нефти, бензине, спирте и растворах большинства органических солей.

Неустойчивы и малоустойчивы в аммиаке, в соляной кислоте любой концентрации, азотной кислоте, серной кислоте, особенно концентрированной и при подогреве, в ацетилене и аммиаке а также в растворах солей хлорноватой и синильной кислот.

Бронза не подвержена растрескиванию при коррозии под напряжением и не обнаруживает выщелачивания входящих в нее компонентов.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение			H_B
	σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ	
Обработанный, мягкий	31-42	20-25	56-72	64-85
Обработанный, твердый	60-80	40	3-9	185-209

2. Механические свойства при повышенных температурах.

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C					
		100	150	200	300	400	500
σ_s	мягкий [1]	42-47	—	43-53	52-55	—	19-21
	твердый	—	73	68	67	50	—
$\sigma_{0.2}$	твердый	—	55	57	50	32	—
	мягкий [1]	48-62	—	38-67	23-39	—	8-14
δ	мягкий [1]	—	13	17	18	48	—
	твердый	—	—	—	—	—	—

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	E
Обработанный, мягкий	10600
Обработанный, твердый	9400-9800

Бронза оловянно-фосфористая

Бр. ОФ 6,5-0,15

4. Механические свойства при низких температурах [2].

Таблица 6

Вид полуфабриката и состояние материала	Свойства	Температура испытания, °C			
		+20	-180	-196	-250
Листы холоднокатаные	σ_s	63	—	84	95
	δ	12	29	—	29
	ψ	61	54	—	51

5. Механические свойства бронзы в зависимости от степени деформации [2].

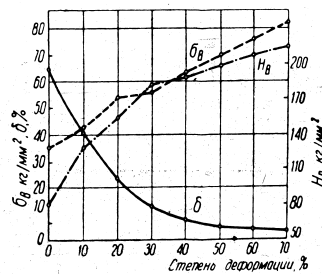


Рис. 26
Лента толщиной 3,5 мм.

Перед заливкой материал должен быть высушен от остатков влаги.

Материал удовлетворительно сваривается точечной сваркой из малоуглеродистой стали.

Возможны затиски при сварке большими токами с углеродными синхронными преобразователями.

При сварке сварочного режима обеспечивается та же кривая деформации сварки. При сварке особую внимательность следует проявлять на заготовке деталей и целостности обложки.

Притираемость к частным сплавам удовлетворительная.

III. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления шестерен, муфт, валов, ступиц, подшипников, деталей машин, работающих в условиях ударных нагрузок.

Допускается применение для изготовления деталей машин, работающих в условиях ударных нагрузок.

Допускается применение для изготовления деталей машин, работающих в условиях ударных нагрузок.

БРОНЗА ОЛОВЯННО-ФОСФОРНАЯ Бр. ОФ 6,5-0,15

Основное назначение - изготовление пружинящих деталей ответственного назначения и антифрикционных деталей.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 5017-49) Таблица 1

Марка	Основные компоненты, %					Примеси, %					Среднее значение по месяцам
	Sn	Pb	As	Pt	St	B	A	S	Fe		
Бр. ОФ 6,5-0,15	6,5	0,15	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Примечание 1. За счет меди может содержаться цинк до 0,3%, никель - до 0,2%.

2. Содержание фосфора может быть увеличено до 0,3-0,4% по требованию потребителя.

3. Примеси, не указанные в таблице учитываются в общей сумме примесей. Содержание серы в металле допускается не более 0,002% каждого.

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	σ _{0,2} , кг/мм ²	
			ср.	выс.
Полосы	мягкие	ГОСТ 1761-50	30	36
	твердые		50	3
Листы	особо твердые	"	60	1
	мягкие		30	36
"	твердые	"	55	5
	особо твердые		65	5

Примечание. Листы толщиной 0,15 мм и менее испытывать на растяжение не допускается.

3. Медь, висмут и сплав на медной основе

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава, %: Cu = 60,33; Al = 1,10; Fe = 0,90; Zn = остальное.
2. Испытания производились на пятикратных образцах, изготовленных из холоднокатаных прутков, имеющих диаметры: 34, 31 и 27 мм.
3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.
4. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех случаях составляла 10 мин.

2. Механические свойства в зависимости от степени деформации [1].

Таблица 4

Вид полуфабриката	Степень деформации, %	Механические свойства		
		σ_s	σ_b	H_b
Прутки холоднокатаные	отожженные	43	42	107
	10	49	22	148
	20	60	12	171
	40	69	11	185

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве, состава, %: Cu = 60,33; Al = 1,10; Fe = 0,90; Zn = остальное.
2. Испытания производились на пятикратных образцах.
3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

3. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [1].

Таблица 5

Вид полуфабриката	Температура отжига, °C	Механические свойства		
		σ_s	σ_b	H_b
Прутки холоднокатаные с деформацией 40%	300	59	24	122
	400	53	35	99
	500	51	38	90
	600	50	36	90
	700	50	42	90

Примечания: 1. Испытания проведены на сплаве, состава, %: Cu = 60,33; Al = 1,10; Fe = 0,90; Zn = остальное.
2. Испытания производились на пятикратных образцах.

Латуны алюминийно-железистая

ЛАЗ60-1-1

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.
4. Время выдержки при температуре отжига во всех случаях составляло 2 часа.

4. Физические свойства:

- а) Удельный вес $\gamma = 8,5 \text{ г/см}^3$ [2].
б) Коэффициент трения f [1]:

со смазкой	0,042
без смазки	0,21

Антифрикционные свойства определены на машине Амслера в паре со сталью 40Х (твердость $R_c = 31-35$):

а) со смазкой удельная нагрузка — 87 кг/см^2 , скорость — $0,42 \text{ м/сек}$; продолжительность испытания — 4 часа. Смазка консистентная марки АФ 70 (ГОСТ 2367-52).
б) без смазки удельная нагрузка — $12,5 \text{ кг/см}^2$, скорость — $0,42 \text{ м/сек}$. Характер нагрузки — спокойная.

5. Коррозионная стойкость. Отличается хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и в пресной воде [2]. Подвергается коррозионному растрескиванию при наличии растягивающих напряжений более 2 кг/мм^2 .

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литье [1]. Температура литья $1080-1100^\circ \text{C}$, атмосфера печи при плавлении восстановительная. Защитный покров — древесный уголь. Температура изложницы 100°C . Состав смазки для изложницы — керосин, канифоль, сажа.

2. Обработка давлением [1]. Хорошо обрабатывается давлением в горячем состоянии. Куется и штампуется при температуре $780-600^\circ \text{C}$.

3. Обрабатываемость резанием [1]. По сравнению с Л-62 обрабатывается резанием хуже, но дает лучшую чистоту обработанной поверхности.

4. Термическая обработка [1]. Для уменьшения твердости производится отжиг при температуре $700-750^\circ \text{C}$.

5. Сварка [3]. Материал удовлетворительно сваривается точечной сваркой на обычных или импульсных машинах контактной сварки. Время сварки выбирается минимальным, порядка $0,1-0,3 \text{ сек}$. Мощность машин берется в полтора-два раза больше, чем для сварки той же толщины малоуглеродистой стали; сварочное давление берется несколько ниже давления, необходимого для сварки стали той же толщины.

ЛАТУНЬ АЛЮМИННЕВО-ЖЕЛЕЗИСТАЯ ЛАЖ60-1-1
 Основное назначение: изготовление деталей, работающих в умеренно агрессивных коррозионных средах, и применение в качестве антифрикционного материала в условиях работы со смазкой при удельном давлении до 15 кг/см².

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТУ

1. Химический состав (ГОСТ 1019-47)

Таблица 1

Марка сплава	Компоненты, %							Примеси, %, не более				Суммарная примесь
	Cu	Fe	Mn	Al	Zn	Pb	Sb	Bi	P	и др.		
ЛАЖ60-1-1	58,0—61,0	0,75—1,50	0,1—0,6	0,75—1,50	остаток	0,400	0,005	0,002	0,01	0,7		

Примечания: 1. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.
 2. Примесь никеля до 0,5% считается допустимой.

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ _т , кг/мм ²		
			Вдоль	Поперек	Н _в
Прутки прокатанные, диаметр 10—100 мм	после прокатки	ГОСТ 2460-48	45	18	—
Сплавление в печи*	литая	АМТУ 211-51	42	18	90

* Состав по АМТУ 211-51: содержание цинка должно быть 21—23%, содержание меди — 37%, содержание остальных элементов — как указано в табл.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
 (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства при низких и повышенных температурах [1].

Таблица 3

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C					
		-180	-80	-40	+20	+200	+300 + 500
σ _т	мягкий	61	55	54	53	35	20
	нагартованный — 21%	72	66	62	62	43	21
	нагартованный — 38%	75	70	68	69	53	23
σ _{0,2}	мягкий	52	47	48	46	32	19
	нагартованный — 21%	66	59	56	56	41	18
	нагартованный — 38%	71	63	63	60	49	20
δ ₅	мягкий	47	41	41	39	27	14
	нагартованный — 21%	59	49	48	49	36	14
	нагартованный — 38%	65	52	51	50	42	16
δ ₁₀	мягкий	23	22	19	21	29	53
	нагартованный — 21%	14	11	11	9	20	46
	нагартованный — 38%	13	10	9	11	15	40
δ ₂₀	мягкий	31	32	34	35	64	69
	нагартованный — 21%	22	24	32	34	65	60
	нагартованный — 38%	19	24	29	30	58	59
δ ₅₀	мягкий	3,4	4,8	5,7	4,4	5,0	4,3
	нагартованный — 21%	2,9	3,7	5,9	4,5	5,3	4,9
	нагартованный — 38%	2,6	3,3	3,8	3,4	4,5	4,0

3. Медь свинец и сплавы на медной основе

6) Коэффициент линейного расширения α [5].

Таблица 6

Интервал температур, °C	25—100	100—200	200—300
$\alpha \cdot 10^6$	20,3	20,9	25,3

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ОМ} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ [5].

Таблица 7

Температура, °C	20	100	300
ρ	0,0881—0,090	0,0999—0,1177	0,1197—0,1342

г) Температурный коэффициент электросопротивления α [5].

Таблица 8

Интервал температур, °C	25—100	100—300
α	0,00184	0,00110

д) Удельный вес $\gamma = 8,5 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ [1].

е) Критические точки [3]:

начало кристаллизации	885°C
конец кристаллизации	900°C

ж) Коэффициент трения f [3]:

со смазкой	0,012
без смазки	0,39

В условиях трения со смазкой допускаемое давление не должно превышать $15 \text{ кг} \cdot \text{см}^{-2}$.

7. Коррозионная стойкость. Латунь обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью [1].

Потери в весе при коррозионных испытаниях в морской воде составляют $0,0092 \text{ г} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{час}^{-1}$ в 10%-ном растворе серной кислоты $0,072 \text{ г} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{час}^{-1}$ в 2%-ном растворе щелочи $0,024 \text{ г} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{час}^{-1}$ [3].

180

Латунь железисто-марганцовистая

ЛЖМ58-1-1

Подвергается растрескиванию в условиях умеренно агрессивных коррозионных сред при наличии растягивающих напряжений выше $2 \text{ кг} \cdot \text{мм}^{-2}$.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА [3], [6]

1. **Литейные свойства и литье.** Температура литья 1040—1080°C, атмосфера печи при плавнении — нейтральная или слабо восстановительная. Защитный покров — древесный уголь. Линейная усадка — 2,1% (литье в землю).

2. **Обработка давлением.** Хорошо обрабатывается давлением в горячем состоянии. Прокатывается в интервале температур 850—700°C. Прессуется в интервале температур 850—750°C. Куется и штампуются при температуре 715—550°C. Допускается холодная штамповка.

3. **Обрабатываемость резанием** удовлетворительная.

4. **Термическая обработка.** Для уменьшения твердости производится отжиг при температуре 600—700°C.

Отжиг для снятия внутренних напряжений производится при температурах:

300—400°C для литого материала

280—300°C для нагартованного материала

5. **Сварка.** Сваривается газовой сваркой и электросваркой.

6. **Притираемость к цветным сплавам** удовлетворительная.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления крышек сальников, грунтовок, деталей nipple-шаровых соединений, заглушек, пробок кранов, тарелок клапанов, колец, втулок и других деталей, работающих на трение [5], [1].

ИСТОЧНИКИ

1) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. Оборонгиз, 1950.

2) Данные НИИ. П/я 621.

3) А. П. Смирягин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургия, 1949.

4) Данные НИИ. П/я 989.

5) Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.

6) Нормаль С1-667-48. Сплавы цветные и легкие, применяемые в судостроении.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм².

Таблица 4

Состояние материала	E
Литье в кокиль [3]	9700
Обработанный, мягкий [3]	10600
Обработанный, твердый [5]	10900

4. Механические свойства в зависимости от степени деформации [3].

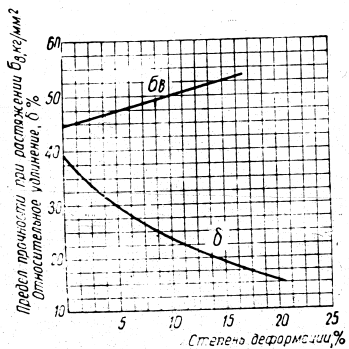


Рис. 24.

Латунь железисто-марганцовистая

ЛЖМ59-1-1

5. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [3].

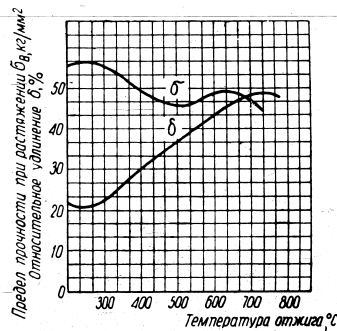


Рис. 25

6. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$ [5].

Таблица 5

Температура, °C	20	0—40	400
λ	0,241	0,217	0,232

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	%	
			$\sigma_{0.2}$	δ_{10}
Трубы прессованные	без термической обработки	ГОСТ 494-52	44	28
Прутки тянутые, диаметром 5-40 мм	отожженные при низкой температуре	ГОСТ 2060-48	50	18
Прутки прессованные, диаметром 10-120 мм	без термической обработки	То же	44	28
Пруткикатаные, диаметром 35-100 мм	То же	.	50	18

Примечание. Для прессованных прутков допускается понижение относительного удлинения до 20% при условии, что $\sigma_{0.2}$ и δ не менее 72.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства.

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	Растяжение					Сред.		
		$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.1}$	$\sigma_{0.01}$	δ	$\delta_{ср}$	$\sigma_{ср}$	$\delta_{ср}$	
Прутки [1]	прессованные	15,0	—	45,0	50,0	30,0	—	8,0	80,0
Прутки [2]	тянутые	37,2	31,2	—	—	—	—	3,3	—
Прутки [1]	тянутые	—	—	55,0	—	20,0	—	—	160,0
Литье в кокиль [3]	литой	18,0	8,0	40,0	—	25,0	—	—	90,0
Образцы [4] и [5]	мягкий	17,0	—	47,0	—	—	—	30,0	50,0

2. Механические свойства при повышенных и низких температурах [4].

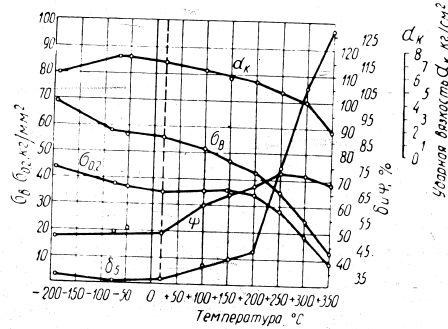


Рис. 23.

Химический состав испытанных образцов, %: Cu = 58,08; Mn = 0,62; Fe = 1,08; Al = 0,22; Sn = 0,63; Zn = остальное. Испытания проводились на образцах диаметром 8 мм и длиной 50 мм, вырезанных из прутков диаметром 16 мм.

3. Медь, сплавы и сплавы на медной основе

ИСТОЧНИКИ

- 1) Справочник машиностроителя Т. II. Машгиз, 1962.
- 2) А. П. Смирятин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургия, 1949.
- 3) Данные НИИ. П/я 621.
- 4) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.
- 5) Данные НИИ. П/я 989.
- 6) Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- 7) А. В. Мастрюков. Технология металлов. Машгиз, 1952.
- 8) Нормаль С1-667-48. Сплавы цветные и легкие, применяемые в судостроении. Министерство судостроительной промышленности, 1948.

ЛАТУНЬ ЖЕЛЕЗИСТО-МАРГАНЦОВИСТАЯ
ЛЖМц 59-1-1

Основное назначение: изготовление деталей (литых и полученных из деформированных полуфабрикатов), работающих в условиях умеренно агрессивных коррозионных сред, и применение в качестве антифрикционного материала в условиях работы со смазкой, при удельном давлении до 15 кг/мм².

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТУ

1. Химический состав (ГОСТ 1019-47).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, %, не более				
	Cu	Fe	Mn	Al	Sn	Zn	Pb	Sb	Bi	P	Сумма всех примесей
ЛЖМц 59-1-1	57,0—60,0	0,6—1,2	0,5—0,8	0,1—0,2	0,3—0,7	остаточное	0,20,01	0,003	0,01	0,25	

Примечания: 1. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.

2. Примесь никеля до 0,5% считается допустимой за счет содержания меди.

3. Медь, сплавы и сплавы на медной основе

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ОМ} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ [6].

Таблица 11

Температура, °С	20	100	300
ρ	0,0648	0,0727	0,0927

г) Температурный коэффициент электросопротивления α , [6].

Таблица 12

Интервал температур, °С	25—100	100—300
α	0,001695	0,001594

д) Удельный вес $\gamma = 8,45 \text{ г/см}^3$ [4].

е) Критические точки [2]:

начало кристаллизации 826°С.
конец кристаллизации 885°С.

ж) Коэффициент трения f (при испытаниях на машине Амслера) [4]:

со смазкой 0,012
без смазки 0,2

В условиях трения со смазкой допустимое давление не должно превышать 20 кг/мм².

8. **Коррозионная стойкость.** В напряженном состоянии латуни весьма чувствительны к коррозионному или так называемому «сезонному» растрескиванию. Во избежание указанного явления наклепанные полуфабрикаты и изделия марки ЛС 59-1 подвергаются низкотемпературному отжигу при температуре 275—290°С [7].

Латуни ЛС 59-1 подвергается растрескиванию в условиях умеренно агрессивных коррозионных сред при наличии растягивающих напряжений выше 2 кг/мм².

Потери в весе в 10%-ном растворе серной кислоты составляют 0,583 г/мм² час [2].

Латуни свинцовистая

ЛС59-1

Потери в весе под действием морской воды составляют 0,014 г/мм² час [2].

В атмосферных условиях коррозионно устойчива.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литье и литейные свойства** [6]. Температура литья 1020—1060°С. Атмосфера при плавении нейтральная или слабо восстановительная. Температура изложницы 100°С; состав смазки изложницы: керосин, канифоль, сажа. Защитный покров — древесный уголь. Линейная усадка — 2,2% (литье в кокиль).

2. **Обработка давлением** [8]. Горячая прокатка производится в интервале температур 790—740°С. Прессуется при температуре 850—750°С. Куется и штампуется при температуре 750—600°С. Максимально допустимая деформация: в холодном состоянии — 45% (суммарная деформация); в горячем состоянии — 80%.

3. **Обрабатываемость резанием** [8] отличная. Ввиду получения сыпучей стружки допускается обработка на автоматных станках.

4. **Термическая обработка** [8]. Для уменьшения твердости производится отжиг при температуре 750—800°С. Отжиг для снятия внутренних напряжений производится при температурах: для литого состояния 300—400°С; для нагартованного состояния 280—300°С.

5. **Сварка** [5]. Хорошо сваривается аргоно-дуговой сваркой и ручной электродуговой сваркой с угольным электродом, удовлетворительно сваривается газовой сваркой; плохо — ручной электродуговой сваркой с плавящимся электродом.

При ручной электродуговой и газовой сварке применяется флюс — переплавленная бура и присадочный материал — состав основного металла, легированный раскислителями — Al, Mn, Si, Ni. При газовой сварке рекомендуется применять слегка окислительные пламя.

6. **Притираемость к цветным металлам** удовлетворительная.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяют для изготовления труб, ступоров, винтов, штифтов, шпилек, шпильцев, корпусов, кранов, прокладок, колец, распылителей, жиклеров, тройников, тяг, втулок, сухарей, угольников, контролов.

3. Медь, сплав и сплавы на медной основе

6. Механические свойства в зависимости от температуры отжига.

а) Лента толщиной 2,5 мм, подвергнутая до отжига холодной деформации на 50% [4].

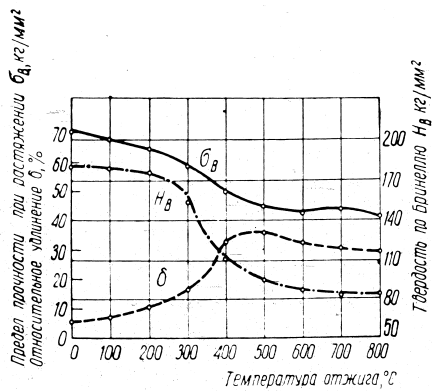


Рис. 22
Выходные данные температуры отжига 1 ч

Латуни свинцовистая

ЛС59-1

б) Прутки, подвергнутые до отжига холодной деформации на 40% [3].

Таблица 8

Температура отжига, °C	Механические свойства		
	σ _с	σ _в	Н _в
300	48	33	105
400	46	36	96
500	44	43	83
600	43	42	77
700	42	43	72

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: %
 Си = 67,76; Рb = 1,28; Zn = остальное.
 2. Испытания производились на пятикратных образцах.
 3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.
 4. Время выдержки при температуре отжига во всех случаях составляло 2 ч.

7. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ, $\frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$ [6].

Таблица 9

Температура, °C	20	0-40
λ	0,250	0,285

б) Коэффициент линейного расширения α [6].

Таблица 10

Интервал температур, °C	25-100	100-200	200-300
α · 10 ⁶	18,5	20,5	25,1

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

4. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

Таблица 6

Состояние материала		E
Деформированный	мягкий	9300
	твердый	10 395

5. Механические свойства в зависимости от степени деформации.

а) Лента толщиной 3,5 мм [4].

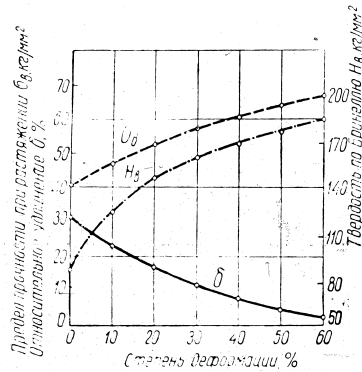


Рис 21

Латушь свинцовистая

ЛС 59-1

б) Прутки диаметром 50 мм [3].

Таблица 7

Вид полуфабриката	Степень деформации, %	Механические свойства		
		σ_s	σ_b	H_b
Прутки холоднокатаные	отожженные	37	50	80,4
	10	41	38	89,7
	20	43	24	90,0
	40	51	17	171,0

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава Cu = 57,76%; Pb = 1,28%; Zn = остальное.

2. Испытания производились на пятикратных образцах.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

3. Механические свойства при низких и повышенных температурах.
 а) Латунь состава, %: Cu = 58,2; Pb = 1,48; Fe = 0,12; Zn = остальное [5].

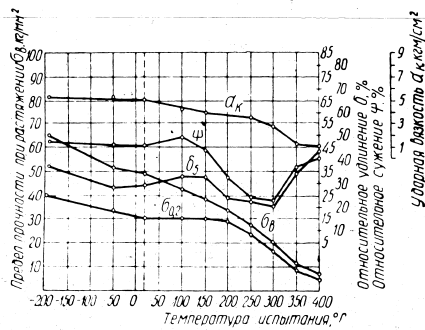


Рис. 20

Испытания проводились на образцах диаметром 8 мм и длиной 50 мм, вырезанных из прутков диаметром 16 мм.

Латунь свинцовистая

ЛС58-1

б) Латунь состава, %: Cu = 57,76; Pb = 1,28; Zn = остальное [3].

Таблица 5

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °С						
		-180	-80	-40	+20	+200	+300	+500
σ _к	мягкий	55	46	42	41	28	17	1,6
	нагартованный — 35%	70	57	56	55	40	24	2,4
σ _{0,2}	мягкий	20	18	16	15	15	13	—
	нагартованный — 35%	60	51	53	50	38	20	—
σ _р	мягкий	18	15	13	12	13	11	—
	нагартованный — 35%	51	44	44	39	36	16	—
δ _с	мягкий	48	40	40	41	45	15	14
	нагартованный — 35%	27	16	16	14	14	11	15
ψ	мягкий	48	57	58	44	44	24	—
	нагартованный — 35%	39	45	50	46	46	19	21
α _к	мягкий	5	6	5	5	3	—	1,0
	нагартованный — 35%	2,2	2,7	3,9	2,6	2,1	—	0,5

Примечания: 1. Испытания производились на пятикратных образцах, изготовленных из холоднокатаных прутков, имеющих диаметры 80 и 40 мм.

2. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

3. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех случаях составляла 10 мин.

3. Медь, сплав и сплавы на медной основе

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_b δ_{10}	
			не менее	
Листы и полосы холоднокатаные	мягкие	ГОСТ 931-52	35	25
То же	твердые	то же	45	5
Листы и полосы горячекатаные	мягкие	.	35	25
Ленты	то же	ГОСТ 2208-49	35	25
То же	твердые	то же	45	5
Прутки тянутые диаметром 6—40 мм	то же	ГОСТ 2060-48	40	12
Прутки прессованные диаметром 10—120 мм	.	то же	37	18
Прутки катаные диаметром 35—100 мм	.	.	40	12
Проволока диаметром 2—12 мм	мягкая	ГОСТ 1066-50	35	30
Проволока диаметром 2—4,8 мм	твердая	то же	45	5
Проволока диаметром 5—12 мм	то же	.	43	8

Примечания 1. Ленты толщиной менее 0,5 мм испытанию на растяжение не подвергаются.

2. Относительное удлинение проволоки определяется при расчетной длине образца 100 мм.

Латуны свинцовистая

ЛС89-1

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Основные механические свойства.

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение					Сжатие		α_k	H_b	
	σ_b	$\sigma_{0,2}$	σ_p	δ	ψ	$\sigma_{сж}$	$\epsilon_{сж}$			
Литой	34,0	15,0	10,0	27,0	10,7	103,0	26,6**	2,3	81,0	
Деформированный [2]	мягкий [1]	42,0	14,5	9,0*	36,0—50,0	44,0	140,5**	26,0*	5,0	75,0
	полутвердый [2]	—	24,0	15,0	—	41,0	—	33,5**	5,95	116,0
	твердый [2]	62,0	42,0	40,0	4,0—6,0	—	—	35,6**	2,8**	149,0

*) Данные по источнику (2).
**) Данные по источнику (3).

2. Механические свойства вдоль и поперек волокна [4].

Таблица 4

Вид полуфабриката	Свойства	Вдоль волокна	Поперек волокна
Прутки	σ_b	48	46
	$\sigma_{0,2}$	39	36
	σ_p	15	17
	δ	16	15
	E	10 000	—
Листы толщиной 3 мм	σ_b	58	58
	$\sigma_{0,2}$	47	46
	σ_p	22	21
	δ	11	5
	E	9000	—

3 Медь, спинец и сплавы на медной основе

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник машиностроителя. Т. II. Машгиз, 1952.
- [2] А. П. Смирятин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиздат, 1949.
- [3] В. В. Жолобов и Н. И. Зедин. Металлографический атлас. Металлургиздат, 1949.
- [4] Данные НИИ. П/я 621.
- [5] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.
- [6] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [7] Справочник металлурга по цветным металлам. Металлургиздат, 1953.
- [8] Справочник металлурга. Энциклопедический справочник. Машгиз, 1947.
- [9] Нормаль С1-667-48. Сплавы цветные и легкие, применяемые в судостроении. Министерство судостроительной промышленности, 1948.
- [10] В. Т. Мещеряков. Справочник по листовой штамповке и штампам. Росгизмашпром, 1950.
- [11] Данные НИИ. П/я 989.

ЛАТУНЬ СВИНЦОВИСТАЯ ЛС 59-1

Основное назначение: обрабатываемый давлением сплав применяется для изготовления деталей различного назначения, а также используется в качестве антифрикционного материала в условиях работы со смазкой, при удельном давлении до 20 кг/см².

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1019-47).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %			Примеси, %				
	Cu	Pb	Zn	Fe	Sb	Bi	P	сумма всех примесей
ЛС59-1	57,0-60,0	0,8-1,9	остаточное	0,5	0,010	0,003	0,02	0,75

Примечания: 1. Для антимагнитных материалов содержание железа в сплаве не должно превышать 0,03%.

2. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.

3. За счет содержания меди примесь никеля до 1% считается допустимой.

4. Сумма примесей олова и кремния не должна превышать 0,5%.

9. **Коррозионная стойкость.** В напряженном состоянии латуни весьма чувствительны к коррозионному или так называемому «сезонному» растрескиванию. Во избежание указанного явления наклепанные полуфабрикаты и изделия из латуни марки Л-62 подвергаются низкотемпературному отжигу при температуре 280—350°С [2].

Подвергается также растрескиванию в условиях умеренно агрессивных коррозионных сред при наличии растягивающих напряжений выше 2 кг/мм².

В атмосферных условиях, в морской воде при спокойном погружении и при перемешивании среды, в пресной воде, в атмосфере сухой и горячей углекислоты, в растворах большинства неорганических солей, в нефти, бензоле, бензине, спирте и не содержащем воды четыреххлористом углероде, а также в растворах едких щелочей при спокойном погружении латуни марки Л-62 коррозионно устойчива.

В растворах солей хлорноватистой кислоты, в разбавленных и концентрированных серной и соляной кислот, а также в хлорной и аммиачной воде латуни марки Л-62 мало устойчива.

В азотной кислоте, в разбавленных и концентрированных растворах аммиака, в газообразном аммиаке, а также в концентрированной или нагретой соляной кислоте латуни марки Л-62 коррозионно неустойчива [6].

Потери в весе при коррозионных испытаниях в морской воде составляют 0,054 г/м² час, а в 10% растворе серной кислоты — 0,068 г/м² час [1].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литье и литейные свойства** [1], [2]. Температура литья 1080—1100°С. Атмосфера при плавлении восстановительная. Защитный покров — древесный уголь. Температура изложницы 100°С. Состав смазки для изложниц:

а) для болтовых изложниц — 28% канифоли, 14% сажи, 58% керосина;

б) для листовых изложниц — 30% зеленого мыла, 70% косяной муки.

Линейная усадка — 1,77% (литье в кокиль).

2. **Обработка давлением** [1], [2], [6], [9], [10]. Латуни Л-62 обладает высокой пластичностью в горячем состоянии и понижается в условиях охлаждения.

1-0

Температура прокатки и прессовки 850—800°С. Ковка и штамповка производятся в интервале температур 765—550°С. Легко подвергается гибке при нормальной температуре.

3. **Обрабатываемость резанием** [9]. Из-за получения вьющейся стружки обрабатываемость резанием неудовлетворительная.

4. **Термическая обработка** [2]. Для снятия наклепа дается рекристаллизационный отжиг при температуре 600—700°С. Во избежание образования трещин в изделиях, подвергающихся длительному хранению, применяется низкотемпературный отжиг при 280—350°С.

5. **Сварка** [11]. Латуни марки Л-62 хорошо сваривается электродуговой сваркой под слоем флюса угольным электродом и удовлетворительно газовой сваркой. Материалы, применяемые при сварке:

а) при электродуговой сварке присадочный материал соответствует основному материалу. Флюс ОСЦ-45;

б) при газовой сварке присадочный материал — проволока ЛК1, ЛЦНК или Л62. Флюс — переплавленная бура.

Материал удовлетворительно сваривается точечной сваркой на обычных или импульсных машинах контактной сварки. Время сварки выбирается минимальным, порядка 0,1—0,3 с/ш. Мощность машины берется в полтора-два раза больше, чем для сварки той же толщины малоуглеродистой стали; сварочное давление несколько ниже давления, применяемого для сварки стали той же толщины. Перед сваркой материал нужно зачистить от окисных пленок.

Материал удовлетворительно сваривается точечной сваркой с малоуглеродистой сталью.

Возможна роликовая сварка небольших толщин с инертным синхронным прерывателем. Параметры сварочного режима выбираются так же, как и для точечной сварки. При роликовой сварке особо следует обращать внимание на зачистку деталей и плотность их сборки.

6. **Притираемость к цветным сплавам** плохая [9].

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления трубопроводов, прокладок, шайб, колец, штифтов, заклепок [5].

11

1-0

7. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [5].

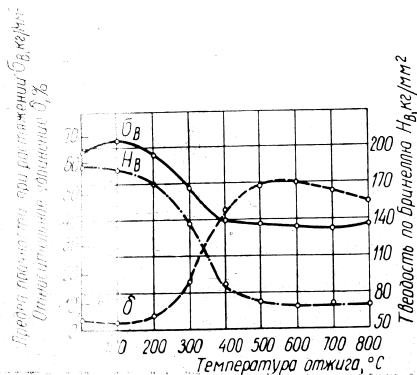


Рис. 19. Лента толщиной 0,25 мм, подвергнутая до отжига холодной деформации на 80%, выдержка при температуре отжига 1 ч.

8. Физические свойства.

а) Теплопроводность $\lambda, \frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$ [2], [7].

Таблица 8

Температура, °C	20	100
λ	0,20	0,25

б) Коэффициент линейного расширения α [2], [7].

Таблица 9

Интервал температур, °C	20	16-250	20-300	700
$\alpha \cdot 10^6$	20,0	19,8	20,6	22,5

в) Удельное электросопротивление $\rho = 0,071 \frac{\text{ом м}^2}{\text{м}}$ [6]

г) Температурный коэффициент электросопротивления $\alpha_p = 0,0017$ [6].

д) Удельный вес $\gamma = 8,5 \text{ г/см}^3$ [5].

е) Теплоемкость в интервале температур 18—100°C $C = 0,095 \frac{\text{кал}}{\text{г град}}$ [7].

ж) Критические точки [2]:

начало кристаллизации 898°C.
конец кристаллизации 906°C.

з) Коэффициент трения f [1]:

со смазкой 0,012;
без смазки 0,39.

Антифрикционные свойства определены на машине Амслера в паре с осевой железнодорожной сталью:

а) со смазкой удельная нагрузка 75 кг/см²; скорость 0,4 м/сек; продолжительность испытания 6 часов; смазка — веретенное масло № 2;

б) без смазки удельная нагрузка 12,5 кг/см²; скорость 0,4 м/сек; характер нагрузки — спокойная.

- 5. Модуль нормальной упругости (для мягкого материала) $E = 10000 \text{ кг/мм}^2$ [2].
- 6. Механические свойства в зависимости от степени деформации.

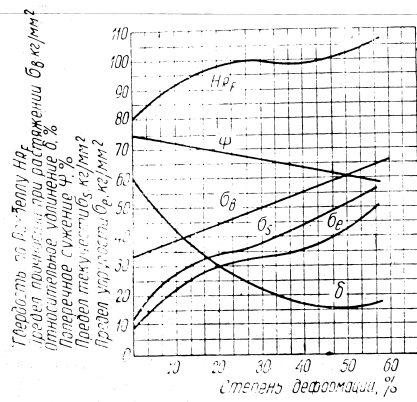


Рис. 17. Проволока диаметром 6 мм (2).

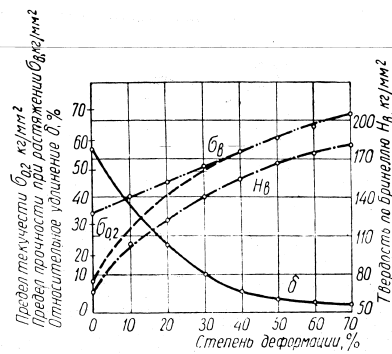


Рис. 18. Лента толщиной 3,5 мм (6).

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

2. Механические свойства вдоль и поперек волокна [5].

Таблица 5

Вид полуфабриката	Свойства	Вдоль волокна		Поперек волокна	
		$\sigma_{0.2}$	δ	$\sigma_{0.2}$	δ
Прутки прессованные	$\sigma_{0.2}$	37	37	16	16
	σ_p	9	8	49	49
	δ	10 500	10 400		
	E				

3. Механические свойства при повышенных температурах [6].

Таблица 6

Состояние материала	Листы, полосы горячекатаные			Прутки ковкие			
	Температура испытания, °C						
	20	200	300	20	200	300	400
Механические свойства							
$\sigma_{0.2}$	30	30	25	45	37	32	24
σ_p	—	—	—	18	19	19	19
δ	—	—	—	16	17	18	16
E	30	35	40	39	51	49	25
ν	—	—	—	27	27	32	—

Примечание: Относительное удлинение сплава в катаном состоянии дано для 10 кратных, а в ковком состоянии для 5-кратных образцов.

4. Механические свойства при низких и повышенных температурах [4].

1-4

Латунь

Л62

Таблица 7

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C					
		-180	-80	-40	20	200	300
$\sigma_{0.2}$	мягкий	45	38	38	34	28	17
	нагартованный—28%	57	49	50	48	39	22
	нагартованный—45%	64	52	54	50	47	26
σ_p	мягкий	14	13	14	12	12	10
	нагартованный—28%	51	45	46	46	37	20
	нагартованный—45%	57	48	50	47	45	23
δ	мягкий	10	10	12	9	10	8
	нагартованный—28%	47	40	38	39	32	17
	нагартованный—45%	52	38	42	40	39	18
ψ	мягкий	67	59	55	55	59	31
	нагартованный—28%	39	24	25	22	17	27
	нагартованный—45%	34	23	22	20	15	16
$\sigma_{0.2}$	мягкий	61	72	69	69	60	30
	нагартованный—28%	68	67	68	69	64	41
	нагартованный—45%	63	62	68	66	48	19
$\sigma_{0.2}$	мягкий	14	14	13	11	9	3
	нагартованный—28%	10	9	10	9	8	7
	нагартованный—45%	9	9	10	10	7	7

Примечание: 1. Испытания проводились на сплаве состава: Cu—61,65%, Zn—остальное.

2. Испытания производились на пятикратных образцах, изготовленных из холоднокатаных прутков, имеющих диаметры: 60, 42 и 36 мм.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

4. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех случаях составляла 10 мин.

185

3. Медь, сплавы и сплавы на медной основе

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее	
			σ_s	δ_{10}
Листы и полосы холоднокатаные	особо твердые	ГОСТ 931-52	60	2,5
Листы и полосы горячекатаные	мягкие	ГОСТ 2208-49	30	35
Ленты	полутвердые	То же	38	20
То же	твердые	"	42	10
"	особо твердые	"	60	2,5
Прутки тннутые, диаметром 6-40 мм	твердые	ГОСТ 2060-48	38	15
Прутки пресованные, диаметром 10-120 мм	То же	То же	30	30
Прутки катаные, диаметром 35-100 мм	"	"	38	15
Проволока диаметром 0,1-0,5 мм	мягкая	ГОСТ 1066-50	35	20
Проволока диаметром 0,55-1 мм	То же	То же	35	26
Проволока диаметром 1,1-4,8 мм	"	"	35	30
Проволока диаметром 5-12 мм	мягкая	ГОСТ 1066-50	32	34
Проволока диаметром 0,1-1 мм	полутвердая	То же	45	5
Проволока диаметром 1,1-4,8 мм	То же	"	40	10
Проволока диаметром 6-12 мм	"	"	36	12
Проволока диаметром 0,1-0,5 мм	твердая	"	60	0,5
Проволока диаметром 0,55-1 мм	То же	"	55	1
Проволока диаметром 1,1-4,8 мм	"	"	45	2
Проволока диаметром 6-12 мм	"	"	41	5
Трубы тннутые	мягкие	ГОСТ 994-52	30	38
То же	полутвердые	То же	34	30
Трубы пресованные	"	"	30	38

Примечания: 1 Проволока диаметром менее 0,5 мм полутвердой не изготавливается
2 Ленты толщиной менее 0,5 мм испытанию на растяжение не подвергаются

Латуни

3. Испытание на глубину продавливания, по Эриксену, листов, полос и лент (в состоянии поставки).

Таблица 3

Вид полуфабриката	Толщина полуфабриката, мм	Источник	Глубина продавливания, по Эриксену, мм (радиус пуансона 10 мм) материала		
			мягкого (не менее)	полуфабриката	твердого
Листы и полосы	0,4-0,5	ГОСТ 931-52	9,5	7,0-9,0	5,0-7,0
	0,6-1	То же	10,0	7,5-9,5	5,5-7,5
	1,2-1,5	"	10,5	8,0-10,0	-
Ленты	до 0,25	ГОСТ 2208-49	7,5	5,5-7,5	3,0-5,0
	0,30-0,55	То же	9,5	7,5-9,5	5,5-7,5
	0,6-1,1	"	10	8,0-10,0	6,0-8,0
	1,2-1,6	"	10,5	8,5-10,5	-
	1,7-2	"	11,0	9,0-11,0	-

Примечания: 1 Листы и полосы толщиной более 1,5 мм и ленты толщиной менее 0,1 мм испытанию на продавливание не подвергаются
2 Мягкие ленты для пластинчатых радиаторов (толщиной 0,1-0,12 мм) должны иметь глубину продавливания не менее 6,5 мм

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства.

Таблица 4

Состояние материала	Растяжение					Сжатие		a_k	H_k
	σ_s	$\sigma_{0,2}$	σ_r	δ	ψ	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{ср}$		
Литой [2]	32,8	12,0	11,0	35,5	50,0	-	24,0	14,9***	-
Обработанный мягкий [1]	35,0	11,0	6,0	49,0	66,0	26,0*	25,8**	14,0	56,0
Обработанный твердый [2]	68,0	48,0	25,5	9,0**	31,0**	-	-	10,5***	164,0

* Данные по источнику [2]
** Данные по источнику [3]
*** Данные по источнику [4]

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

8. Коррозионная стойкость. В напряженном состоянии полудомпак чувствителен к коррозионному растрескиванию, но менее, чем другие латуни. Во избежание указанного явления наклепанные полуфабрикаты и изделия подвергаются низкотемпературному отжигу. При воздействии слабых растворов или паров аммиака полудомпак быстро разрушается [1].
 Потеря в весе при коррозионных испытаниях в морской воде составляет 0,43 г/м² в сутки [2].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Температура литья 1160—1180°C. Атмосфера при плавлении — восстановительная. Защитный покров — древесный уголь. Температура изложницы 80°C. Состав смазки для изложницы: керосин — 58%, канифоль — 28%; сажа — 14% [2]. Линейная усадка при литье в кокиль — 2% [1].

2. Обработка давлением. Сплав обладает высокой пластичностью в горячем и холодном состояниях. Температура горячей обработки 820—870°C [1].

3. Обрабатываемость резанием хорошая.

4. Термическая обработка. Для снятия наклепа применяется рекристаллизационный отжиг при температуре 540—560°C. Во избежание образования трещин в изделиях, подвергнувшихся длительному хранению, применяется низкотемпературный отжиг при 280—350°C.

5. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается газовой и аргоно-дуговой сваркой. Основным дефектом сварных соединений — пористость наплавленного металла вследствие выгорания цинка. В качестве присадочного материала рекомендуются прутки из латуни, близкой по химическому составу к основному материалу, с добавками раскислителей — алюминия, кремния, марганца, никеля.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сплав применяется для изготовления трубопроводов, силовых фонов, прокладок, сеток.

ИСТОЧНИКИ

1. «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. Машгиз, 1947.
- 2) А. П. Смирнягин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургия, 1949.
- 3) Данные НИИ. П.я 621.
- 4) В. Д. Туркин и И. В. Румянцев. Структура и свойства цветных металлов. Металлургия, 1947.

ЛАТУНЬ Л62

Основное назначение: пластичный материал для изготовления листов, лент, прутков, труб и проволоки.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1019-47).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %		Примеси, %					Сумма всех примесей
	Cu	Zn	Pb	Fe	Sb	Bi	P	
Л62	60,5—63,5	ос. гальванос	не более					0,5
			0,08	0,15	0,005	0,002	0,01	

- Примечания: 1. Для антимагнитных материалов содержание в сплаве железа не должно превышать 0,03%.
 2. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.
 3. За счет содержания меди, примесь никеля до 0,6% считается допустимой.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ, %	
			σ _{0,2}	σ _{0,1}
Листы и полосы холоднокатаные	мягкие	ГОСТ 931-52	30	40
То же	полутвердые	То же	35	20
»	твердые	.	42	10

5. Механические свойства при низких и повышенных температурах [3].

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °С					
		-180	-80	-40	20	200	300 500
σ_s	мягкий	45	29	28	27	25	23 8
	нагартованный—33%	50	43	39	37	34	30 8
	нагартованный—46%	60	51	50	48	43	39 8
$\sigma_{0,2}$	мягкий	20	15	14	13	11	11 7
	нагартованный—33%	32	38	38	36	33	28 7
	нагартованный—46%	45	48	48	44	41	36 7
σ_p	мягкий	15	8	9	9	9	8 5
	нагартованный—33%	24	32	34	33	30	23 5
	нагартованный—46%	—	40	43	35	36	30 5
δ_2	мягкий	86	69	70	61	41	42 45
	нагартованный—33%	63	42	35	25	18	19 41
	нагартованный—46%	40	23	19	16	13	15 54
ψ	мягкий	74	79	83	82	76	52 57
	нагартованный—33%	72	79	81	78	75	57 70
	нагартованный—46%	72	76	78	75	71	49 85
α_2	мягкий	>27	>25	>25	>23	>23	>23 6
	нагартованный—33%	24	24	22	21	22	23 7
	нагартованный—46%	23	23	21	20	20	24 7
	нагартованный—46%	23	23	21	20	20	24 7

Примечания. 1 Испытания проводились на сплаве, состава: Cu = 79,87%, Zn = остальное.
 2 Испытания проводились на пятикратных образцах, изготовленных из холоднокатаных прутков, имеющих диаметры: 70, 41 и 36 мм.
 3 В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

4. При определении значений ударной вязкости полугтомлака в мягком состоянии при температурах испытания — 180, — 80, — 40, + 20, + 200 и 300° С образцы Менаже не сломались.

5. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех случаях составляла 10 мин.

6. Модуль нормальной упругости E кг/мм² [2].

Таблица 5

Состояние материала	E
Литой в кокшль	9700
Обработанный мягкий	11600
Обработанный твердый	15350

7. Физические свойства [2].

- а) Теплопроводность $\lambda = 0,34 \frac{\text{ккал}}{\text{см. сек. град}}$.
- б) Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6 = 18,8$.
- в) Удельное электросопротивление $\rho, \frac{\text{ом мм}^2}{\text{м}}$.

Таблица 6

Состояние материала	ρ
Литой в песок	0,060
Деформированный	мягкий 0,054 твердый 0,060

- г) Температурный коэффициент электросопротивления $\alpha_s = 0,0015$.
- д) Удельный вес $\gamma = 8,66 \text{ г/см}^3$.
- е) Теплоемкость $C = 0,093 \frac{\text{кал}}{\text{г град}}$.
- ж) Критические точки:
 начало кристаллизации 1003° С.
 конец кристаллизации 972° С.
- з) Коэффициент трения f :
 со смазкой — 0,015,
 без смазки — 0,71 [1].

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

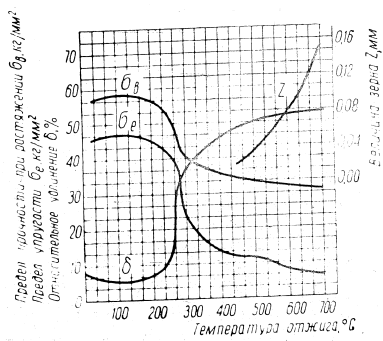


Рис. 15
Лист толщиной 1,06 мм

Полутолпак

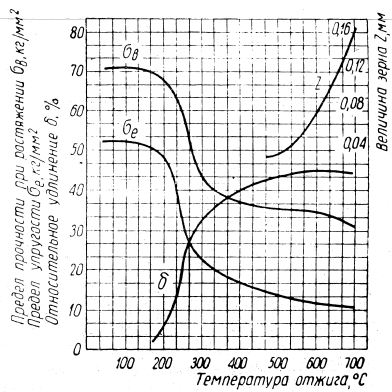


Рис. 16
Трубы диаметром 20 мм, толщина стенки 1 мм

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

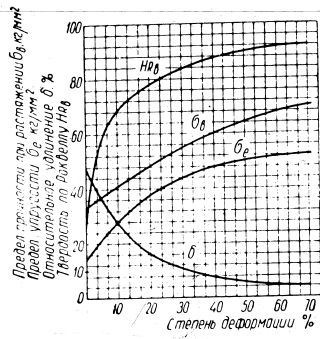


Рис. 13.
Лист толщиной 1,06 мм.

Полугонимак

Л80

4. Механические свойства полуфабрикатов в зависимости от температуры отжига [2].

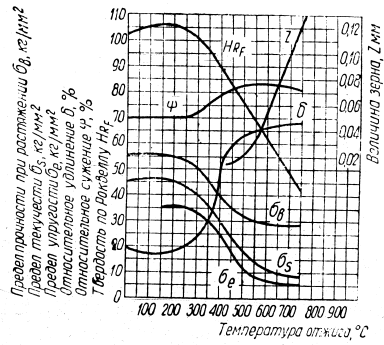


Рис. 14.
Пруток диаметром 25 мм.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [2].

Таблица 2

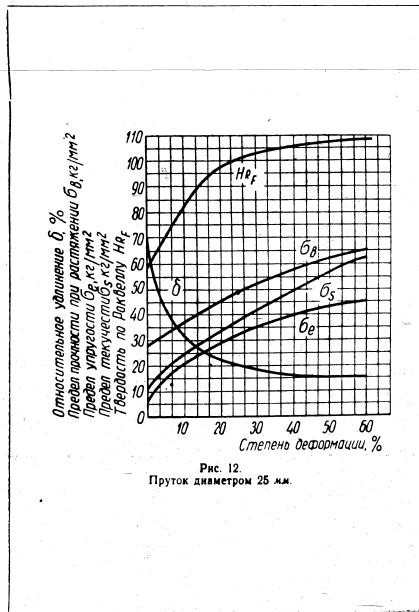
Состояние материала	Растяжение					σ_k	H_b
	σ_s	$\sigma_{0.2}$	σ_p	δ	ψ		
Литой в кокиль	23,0	—	7,3	32,5	30,0	10,0	51,0
Деформированный	мягкий	31,0	12,0	6,8	52,0	69,5	53,0
	твердый	56,0	36,0	36,5	10,0	40,0	—

2. Механические свойства полуфабрикатов.

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	σ_s	δ
Трубы [4]	тянутые мягкие	30	38
	тянутые полутвердые	35	30
Проволока диаметром 0,1—0,8 мм [1]	—	34	29
Ленты и полосы холоднокатаные [4]	мягкие	30	40
	полутвердые	35	25
	твердые	40	15

3. Механические свойства полуфабрикатов в зависимости от степени деформации [2].



3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

Погруженный в воду свинец мало корродирует, но активно разрушается под действием влажного воздуха, проявляя высокую стойкость в сухом воздухе.

Свинец стоек по отношению к действию сульфидов, хлоридов, фторидов и плавиковой кислоты.

Свинец плохо сопротивляется действию разбавленной азотной и концентрированной соляной кислот, особенно при нагревании.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литейные свойства и литье** [1], [2]. Жидкотекучесть высокая. Линейная усадка при литье в кокиль — 0,75, при литье в землю — 0,94. Температура литья 370°C. Атмосфера при плавлении восстановительная. Температура изложниц ≈ 100°C. Защитный покров — древесный уголь.

2. **Обработка давлением** [1]. Хорошо деформируется в холодном и горячем состояниях. Прокатка производится в холодном состоянии, а также в интервале температур 150—100° С. Прессование возможно производить в холодном состоянии. Легко куется и штампуется в холодном состоянии. Протяжка и волочение свинца невозможны вследствие его малой прочности.

3. **Обработка резанием** затруднительна вследствие намазывания свинца на режущий инструмент [1].

4. **Сварка**. Свинец сваривается газовой сваркой. Сварка производится без флюса. В качестве присадочного материала применяются прутки из свинца.

5. **Притираемость** плохая.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления различных прокладок, свинцевания, футеровки электролитных ванн, обкладки серноокислотных камер, изготовления кабельных оболочек, аккумуляторов, приготовления сплавов, содержащих свинец (бabbitы, припой).

ИСТОЧНИКИ

[1] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.

[2] А. П. Смирятя. Промышленные цветные металлы. Металлургия, 1949.

[3] М. П. Славинский. Физико-химические свойства элементов. Металлургиядат, 1952.

[4] Н. П. Белже в Свинцевание. Металлургиядат, 1943.

ПОЛУТОМПАК Л80

Основное назначение: изготовление цельнотянутых тонкостенных трубок, применяемых в качестве заготовок для изготовления гибких трубок (сильфонов), лент, листов для прокладок и сеток, проволоки.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1019-47).

Таблица 1

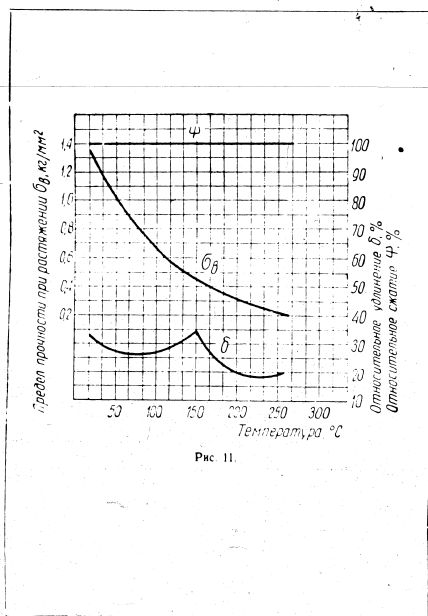
Марка сплава	Основные компоненты, %		Примеси, %, не более					
	Cu	Zn	Pb	Fe	Sb	Bi	P	сумма всех примесей
Л80	79,0—81,0	остальное	0,03	0,10	0,005	0,002	0,01	0,3

Примечания: 1. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.

2. За счет содержания меди примесь никеля до 0,5% считается допустимой.

2. **Механические свойства** (в состоянии поставки). Механические свойства полутомпака Л-80 в ГОСТах по сортаменту не регламентируются.

5. Механические свойства свинца в зависимости от температуры отжига [2].



6. Физические свойства

а) Теплопроводность $\lambda, \frac{\text{ккал}}{\text{см. сек. град}}$

Таблица 3

Температура, °С	-12	20	80	100	200	300	400
λ	0,0921	0,0825	0,0782	0,084	0,084	0,074	0,038

б) Коэффициент линейного расширения α [1].

Таблица 4

Интервал температур, °С	20-100	0-300
$\alpha \cdot 10^6$	29,5	33,0

в) Удельное электросопротивление $\rho, \frac{\text{ом. мм}^2}{\text{м}}$ [1], [3].

Таблица 5

Температура, °С	20	100	220	300	327
ρ	0,20	0,27	0,38	0,48	0,55

г) Удельный вес $\gamma = 11,34 \text{ г/см}^3$ [1].

д) Теплоемкость $C, \frac{\text{кал}}{\text{г. град}}$ [1].

Таблица 6

Температура, °С	20	50	100	200	300	400
C	0,0299	0,0304	0,0311	0,0324	0,0338	0,0335

е) Температура плавления, °С = 327,5.

7. Коррозионная стойкость [1], [3], [4].

Свинец хорошо противостоит действию сильной серной кислоты и в то же время растворяется в слабой уксусной и других органических кислотах.

СВИНЕЦ С4

Основное назначение: применяется для различного рода прокладок, горячего свинцевания и для приготовления сплавов, содержащих свинец.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 3778-56).

Таблица 1

Марка свинца	Pb, % не менее	Примеси, % не более								
		Ag	Cu	Сумма As + Sb + Sn	Zn	Fe	Bi	Ni	Сумма Ca + Pb	Сумма в месей
С4	99,6	0,002	0,01	0,25	0,01	0,01	0,1	0,01	0,05	0,4

2. Механические свойства (в состоянии поставки). Механические свойства полуфабрикатов из свинца в ГОСТах не регламентируются.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 2

Растяжение			H _b
σ _к	σ _{0,2}	δ	
1,4-1,8	0,6	30,0	5,0

2. Модуль нормальной упругости E=1800 кг/мм² [1].

3. Модуль сдвига G=5700 кг/мм² [1].

4. Твердость свинца в зависимости от содержания различных примесей [2].

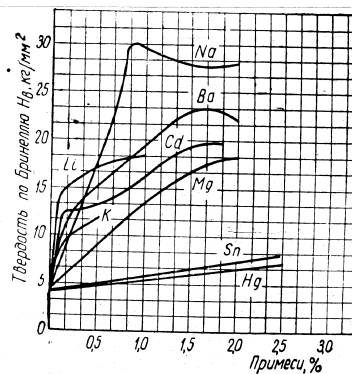


Рис. 10.

натрия составляет 0,004 г/м² час. Потеря в весе в морской воде составляет 0,017 г/м² час [2].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литейные свойства и литье.** Температура литья 1150—1200°C. Атмосфера при плавлении нейтральная или слабо окислительная. Состав смазки для изложниц: керосин — 90% и голландская сажа — 10%. Защитный покров — древесный уголь. Линейная усадка 2,1% [2].

2. **Обработка давлением.** Отлично обрабатывается в горячем и холодном состояниях. Температура горячей обработки 900—1050°C [7].

3. **Обрабатываемость резанием.** Обрабатывается резанием неудовлетворительно, лучше — в наклепанном состоянии.

4. **Термическая обработка.** Температура отжига 500—700°C. Отжиг следует вести в слабо окислительной атмосфере (восстановительная атмосфера недопустима). Температура рекристаллизации наклепанной меди 200—300°C [6].

5. **Сварка** [5]. Медь марок М1, М2 и М3 удовлетворительно сваривается автоматической дуговой сваркой угольным электродом и медной проволокой под слоем флюса, аргоно-дуговой, ручной дуговой сваркой угольным электродом и ацетилено-кислородной сваркой. Контактная сварка меди промышленного применения не имеет. Тонколистовую медь и медные фольги можно сваривать точечной сваркой, однако на поверхности точек образуются вмятины и подплавления.

При автоматической сварке угольным электродом под слоем флюса применяется присадочный материал, по химическому составу близкий к основному металлу; в качестве раскислителя — ЛТ-90; флюс — ОСЦ-45.

При автоматической сварке медной проволокой под флюсом применяется флюс марки АН-20.

При аргоно-дуговой сварке применяется проволока, близкая по химическому составу к основному материалу. Основной металл и проволока должны быть хорошо раскислены.

При ручной дуговой сварке угольным электродом и газовой сварке рекомендуется применять следующий присадочный материал: при толщине до 2 мм — проволока из чистой электролитической меди, при толщине материала 3—5 мм — медная проволока с содержанием 0,2% фосфора, при толщине более 5 мм — медная проволока с содержанием 0,2% фосфора и 0,5% серебра. Флюс — прокаленная бура или 50% буры и 50% борной кислоты.

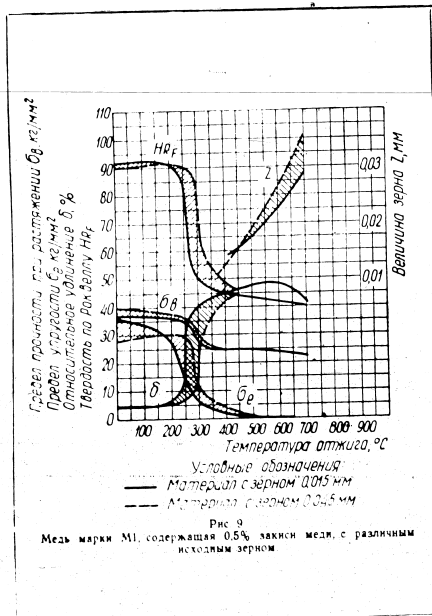
IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления прокладок, уплотнительных колец, шайб, заглушек, стопоров, заклепок, ниппелей, трубок маслопроводов и маслоотстойников. Кроме того, медь применяется для приготовления сплавов на медной основе.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1950.
- [2] А. П. Смирягин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиздат, 1949.
- [3] Справочник металлурга по цветным металлам. Т. I. Металлургиздат, 1953.
- [4] М. П. Славянский. Физико-механические свойства элементов. Металлургиздат, 1952.
- [5] Данные НИИ. П/я 989.
- [6] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [7] «Машиностроение». Энциклопедический справочник, Т. IV. Машгиз, 1947.

8. Механические свойства и величина зерна меди в зависимости от температуры отжига [2].



9. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ, $\frac{\text{кал}}{\text{см. сек. град}}$ [6].

Температура, °С	-183	-125	0	100	200	300	400	500	600
λ	1,190	0,998	0,926	0,903	0,891	0,880	0,867	0,855	0,845

Таблица 9

б) Коэффициент линейного расширения α [6].

Температура, °С	20	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600
α · 10 ⁶	16,42	16,8	17,3	17,7	17,9	18,3	18,6

Таблица 10

в) Удельное электросопротивление ρ = 0,0156 — 0,0172 $\frac{\text{ом. мм}^2}{\text{м}}$ [6].

г) Температурный коэффициент электросопротивления α, — 0,00433 [6].

д) Удельный вес γ = 8,93 г/см³ [1].

е) Теплоемкость С, $\frac{\text{кал}}{\text{г. град}}$.

Температура, °С	-173	-73	0	100	500	800	1000	1083
С	0,0620	0,0854	0,0909	0,0952	0,1115	0,1180	0,1245	0,1272

Таблица 11

ж) Температура плавления = 1083°С [6].

з) Коэффициент трения f (при испытаниях на машине Амслера):

со смазкой 0,011;
 без смазки 0,43 [1].

10. Коррозионная стойкость. Медь обладает высокими антикоррозионными свойствами в атмосферных условиях, в пресной и морской воде [1].

Потеря в весе в 10%-ном растворе серной кислоты составляет 0,225 г/м² час. Потеря в весе в 2%-ном растворе едкого

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

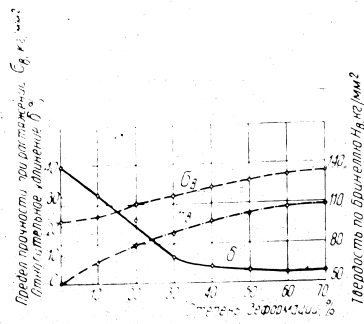


Рис. 7.
Лента толщиной 35 мм из электролитической меди (1)

Медь

M1, M2, 113

7. Механические свойства и удельное электросопротивление меди марки M1 в зависимости от температуры отжига (2).

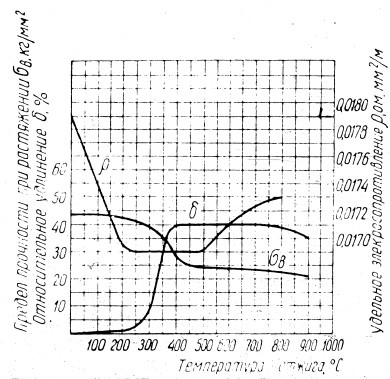


Рис. 8.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

4. Механические свойства при низких температурах [1].

Таблица 7

Свойства	Температура испытания, °С	Медь электролитическая		Медь техническая
		прутки холоднокатаные	прутки отожженные	прутки отожженные
$\sigma_{0.2}$	-180	45	36	46
	-70	42	29	38
	+20	41	24	24
$\sigma_{0.01}$	-180	42	8,5	—
	-70	40	10,0	—
	+20	37	4,0	—
δ_0	-180	11	50	48
	-70	12	50	41
	+20	8	50	39
ν	-180	61	83	74
	-70	56	73	72
	+20	51	71	70

5. Ударная вязкость α_k , кДж/м² при низких температурах [3, 4].

Таблица 8

Медь марки М1			Медь марки М3			
Температура, °С						
-180	-80	-20	20	-203	196	20
17,8	11	13	11	21,6	21,2	17,9

Примечание. Медь марки М3 испытывалась в отожженном виде прокатки соосеви.

Медь

М1, М2, М3

6. Механические свойства и удельное электросопротивление меди в зависимости от степени деформации.

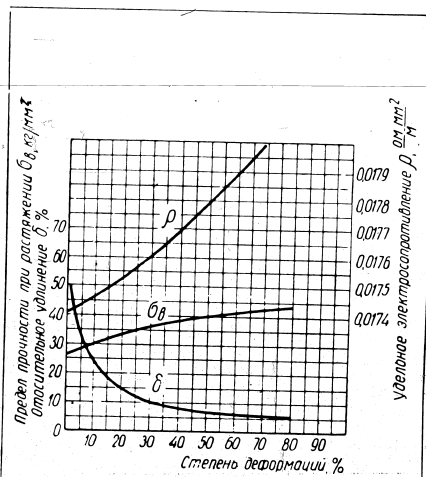


Рис. 6. Медь марки М1 [2].

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

4. Удельное электрическое сопротивление ρ , $\frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$ меди марки М1.

Таблица 4

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	ρ
Прутки	отожженные	ГОСТ 1535-48 То же	0,01748
	неотожженные		0,01790

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 5

Вид полуфабриката	Состояние материала	Растяжение				Сред.	
		$\sigma_{0.2}$	σ_s	σ_{10}	σ	$\sigma_{\text{ср}}$	N_s
Прутки	мягкие	7	24	40	70	18	50
То же	твердые	30	40	6	50	40	120

2. Механические свойства вдоль и поперек волокна [1].

Таблица 6

Вид полуфабриката	Свойства материала	Вдоль волокна	Поперек волокна
Листы холоднокатаные, твердые, толщиной 1 мм	σ_s	32	34
	$\sigma_{0.2}$	31	32
	σ_p	10	11
	δ	7	4
	E	—	12 100

Медь

М1, М2, М3

3. Механические свойства меди марки М1 при повышенных температурах [2].

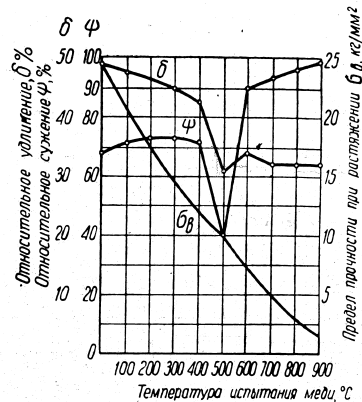


Рис. 5.

3 Медь, сплавы и сплавы на медной основе

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее	
			σ_s	δ_{10}
Листы холоднокатаные	мягкие	ГОСТ 495-50	20	30
	твердые		30	3
Листы горячекатаные	горячекатаные	то же	20	30
	мягкие		21	30
Ленты	твердые	ГОСТ 1173-49	30	3
	мягкие		21	30
Прутки танталые диаметром 5-40 мм	мягкие	ГОСТ 1535-48	20	38
	твердые		27	6
Прутки прессованные диаметром 14-120 мм	без термической обработки	то же	20	30
	то же		25	8
Трубы танталые и прессованные	мягкие	ГОСТ 617-53	21	35
	вакуумная 6-12%		ГОСТ 770-41	24	15

Примечания 1 Ленты толщиной до 0,5 мм испытанию на растяжение не подвергаются.

2 При испытании проволоки берется образец длиной $l = 100$ мм.

3 Проволока испытывается на расклевываемость. При испытании в проволоке не должно образовываться трещины и не должно обнаруживаться раскрытия закатов, усов и других дефектов.

121

Медь

M1, M2, M3

3. Испытание на глубину продавливания (по Эриксену) листов и лент (в состоянии поставки).

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Испытание по Эриксену	
			радиус пуансона, мм	глубина продавливания, мм, не менее
Листы холоднокатаные толщиной 0,4-0,5 мм	Мягкие	ГОСТ 495-50	10	8
	То же		То же	10	9
Листы холоднокатаные толщиной 0,6-1,1 мм	.	.	10	10
			Листы холоднокатаные толщиной 1,2-1,5 мм	ГОСТ 1173-49	10	7,5
Ленты толщиной 0,10-0,15 мм	.	То же	10		4
Ленты толщиной 0,18-0,25 мм	.	То же	10	8,0
Ленты толщиной 0,3-0,55 мм	.	.	10	3,8
Ленты толщиной 0,6-1,1 мм	.	.	10	9,0
Ленты толщиной 1,2-1,5 мм	.	.	10	4,0
Ленты толщиной 1,2-1,5 мм	.	.	10	9,5
Ленты толщиной 1,2-1,5 мм	.	.	10	10,0

Примечания 1 Листы и ленты твердые испытанию по Эриксену не подвергаются.

2 Листы и ленты мягкие толщиной более 1,5 мм испытанию по Эриксену не подвергаются.

3 Ленты шириной до 90 мм испытываются по Эриксену пуансоном с радиусом 4 мм, ленты шириной 90 мм и более — пуансоном с радиусом 10 мм.

125

МЕДЬ М1, М2, М3

Основное назначение: медь марки М1 применяется для изготовления проводников тока и уплотнительных устройств, для приготовления высококачественных сплавов на медной основе.

Медь марки М2 применяется для изготовления ответственных деталей типа трубопроводов, прокладок и т. п., а также для приготовления высококачественных сплавов на медной основе, обрабатываемых давлением.

Медь марки М3 применяется для изготовления литейных сплавов на медной основе.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 859-41).

Таблица 1

Марка	Св. % не менее	Содержание примесей, %, не более									сумма всех примесей	
		Bi	Sb	As	Fe	Ni	Pb	Sn	S	O		Zn
М1	99,90	0,0020	0,0020	0,0020	0,0050	0,0020	0,0050	0,0020	0,0050	0,0060	0,0050	0,1
М2	99,70	0,0020	0,0050	0,01	0,05	0,2	0,01	0,05	0,01	0,1	—	0,3
М3	99,50	0,0030	0,05	0,05	0,05	0,2	0,05	0,05	0,01	0,1	—	0,5

Примечания: 1. Содержание серебра включается в содержание меди.

2. В меди, поставленной в виде слитков, допускается:
а) для марки М2 — никеля не более 0,4% за счет соответствующего уменьшения меди, свинца не более 0,025% за счет общей суммы примесей;

б) для марки М3 — никеля не более 0,6% за счет соответствующего уменьшения меди.

Таблица 12 (продолжение)

Условное обозначение термической обработки	Температура нагрева, °С	Выдержка, час	Охлаждение
T4 - закалка	410—420	не менее 16	На воздухе
T6 - закалка и старение	410—420 170—180	не менее 16 16	На воздухе На воздухе

Примечания. 1. При содержании цинка выше 1% (МЛ6-2) температура нагрева под закалку снижается до 408°С.

2. Для крупных деталей с массивными сечениями во избежание выплывания легкоплавкой составляющей в процессе нагрева сплава под закалку рекомендуется проводить нагрев в два этапа: а) нагрев до 360—370°С с выдержкой при этой температуре 3 ч; б) подъем температуры до 410—420°С с выдержкой при этой температуре 14—20 ч.

4. Свариваемость. Для исправления дефектов литья применяется газовая и аргоно-дуговая сварка.

При использовании для газовой сварки флюсов, содержащих хлористые соли, имеется опасность коррозии при попадании флюса в металл. Применение флюсов, не содержащих хлористых солей, требует большого навыка в работе сварщика и снижает механические свойства мест заварки.

Аргоно-дуговая сварка дает лучшие результаты, чем газовая. В качестве присадочного материала применяются прутки из сплава МЛ6.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сплав МЛ6 используется для изготовления средненагруженных и высоконагруженных деталей машин, приборов и арматуры.

ИСТОЧНИКИ

- [1] К. И. Портной и А. А. Лебедев. Магнелиевые сплавы (справочник). М. Металлургиздат, 1962.
- [2] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М. Оборонгиз, 1960.

3. МЕДЬ, СВИНЕЦ И СПЛАВЫ НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ

2. Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

6. Модуль сдвига G, кг/мм² [1].

Таблица 8

Марка сплава	Состояние материала	G	
МЛ6-1 (до 1 % Zn)	литой	1630	
	термически обработанный	по режиму T4	1670
		по режиму T6	1670
МЛ6-2 (свыше 1 % Zn)	термически обработанный по режиму T4	1565	

7. Коэффициент Пуассона (для МЛ6-2, термически обработанного по режиму T4) $\mu = 0,34$ [1].

8. Физические свойства [1].

- а) Теплопроводность (при 100—300°С) $\lambda = 0,18 \frac{\text{ккал}}{\text{см.сек.град}}$
 б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 9

Интервал температур, °С	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^6$	26,1	27,3	27,7

- в) Удельное электрическое сопротивление $\rho = 0,16 \frac{\text{ОМ.мм}^2}{\text{м}}$
 г) Удельный вес γ , г/см³.

Таблица 10

Метод литья	γ
Литье в землю	1,82
Литье в кокиль	1,83

- д) Теплоемкость (20—100°С) $C = 0,25 \frac{\text{ккал}}{\text{г.град}}$
 е) Скрытая теплота плавления $Q = 70 \frac{\text{ккал}}{\text{г}}$.

Литейный магниевый сплав с алюминием и цинком

МЛ6

ж) Критические точки:

Таблица 11

Марка сплава	Начало кристаллизации, °С	Конец кристаллизации, °С
МЛ6-1 (до 1 % Zn)	600	440
МЛ6-2 (свыше 1 % Zn)	600	415

9. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях коррозионная стойкость отливок в окисленном состоянии удовлетворительная.

Включения литейных шлаков, рыхлоты и прочие несплошности нарушают защитные покрытия и вызывают резкое ухудшение коррозионной стойкости сплава.

Сплав подвергается оксидированию по инструкции ВИАМ № 135-46 и окраске по инструкции ВИАМ № 159-47.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Температура литья 690—900°С. Линейная усадка—1,1—1,2%. Для измельчения структуры применяется перегрев металла при температуре 850—900°С или модифицирование углеродосодержащими солями при температуре 730—780°С. Литейные свойства хорошие. Жидкотекучесть повышенная. Сплав менее склонен к образованию микропористости, рыхлотам и горячим трещинам, чем сплав МЛ4.

Плавка и отливка сплава МЛ6 требует специально оборудованных литейных и ряда мероприятий, предупреждающих возгорание расплавленного металла.

2. Обрабатываемость резанием отличная. Обработка резанием требует ряда мероприятий, предупреждающих самовозгорание стружки и взрыв пыли.

3. Термическая обработка.

Таблица 12

Условное обозначение термической обработки	Температура нагрева, °С	Выдержка, час	Охлаждение
T2 — отжиг	170—250	3—5	С печью

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Марка сплава	Состояние материала	$\sigma_{0,2}$	σ_s	σ_{10}	ψ	a_5	H_b	
МЛ6-1 содержание цинка до 1%	литой	10	16	1,5	2,5	0,2	55	
	термически обработанный	по режиму Т4	8	24	9	12	0,3	60
		по режиму Т6	12	23	2	3	0,15	80
МЛ6-2 содержание цинка свыше 1%	литой	10,5	16	2	2	0,2	55	
	термически обработанный	по режиму Т4	12,5	27,5	9	9	0,25	69
		по режиму Т6	15	26		2	0,15	85

2. Механические свойства на образцах, вырезанных из деталей, отлитых в землю [1].

Таблица 4

Состояние материала	Механические свойства						
	$\sigma_{0,2}$	σ_s	σ_{10}	ψ	a_5	H_b	средние
Литой	14,0	0,5	18,0	2,5	15,0	1,0	
Термически обработанный	по режиму Т4	16,0	2,0	27,0	14,0	22,5	7,5
	по режиму Т6	16,0	0,2	28,0	5,0	22,5	2,0

3. Механические свойства при повышенных температурах [1].

Таблица 5

Состояние материала	Температура испытания, °С	Свойства			
		$\sigma_{0,2}$	σ_s	σ_{10}	H_b
Литой в землю	100	9,0	16,0	3,5	62
	150	8,5	15,0	5,0	56
	200	8,5	13,5	8,0	45
	250	7,0	11,0	9,0	30
	300	—	8,0	10,0	20

4. Механические свойства при температуре —70°С [2].

Таблица 6

Вид полуфабриката	Состояние материала	σ_s	σ_{10}	ψ	a_5
Отдельно отлитые образцы	литой в землю и в кокиль, без термической обработки	15,5	1,0	1,5	0,1
	литой в землю и в кокиль, после закалки Т4	27,0	7,0	8,5	0,3
	литой в землю и в кокиль, после закалки и старения — Т6	27,5	2,0	2,5	0,1

5. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 7

Марка сплава	Состояние материала	E	
МЛ6-1 (до 1% Zn)	литой	4400	
	термически обработанный	по режиму Т4	4500
		по режиму Т6	4500
МЛ6-2 (свыше 1% Zn)	литой	4430	
	термически обработанный по режиму Т4	4200	

2. Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

4. Свариваемость. Для исправления дефектов литья применяется газовая и аргоно-дуговая сварка. При использовании для газовой сварки флюсов, содержащих хлористые соли, имеется опасность коррозии при попадании флюса в металл. Применение флюсов, не содержащих хлористых солей, требует большого навыка в работе сварщика; при этом снижаются механические свойства в местах заварки.

Аргоно-дуговая сварка дает лучшие результаты, чем газовая.

В качестве присадочного материала применяются прутки из сплава МЛ5.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сплав МЛ5 применяется для отливки высоконагруженных деталей сложной конфигурации.

Сплав МЛ5 в ряде случаев может быть заменителем алюминиевых сплавов АЛ2, АЛ4, АЛ5 и др.

ИСТОЧНИКИ

1. К. И. Портной и А. А. Лебедев. Магниевые сплавы (справочник). М. Металлургия, 1982.
2. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М. Оборонгиз, 1960.

ЛИТЕЙНЫЙ МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ С АЛЮМИНИЕМ И ЦИНКОМ МЛ6

Основное назначение: изготовление деталей различного назначения.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 2856-55).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, %, не более		
	Al	Zn	Mn	Mg	Si	Cu	Fe	Ni	Всего примесей
МЛ6	9,0-10,2	0,6-1,2	0,1-0,5	остаток	0,25	0,1	0,08	0,01	0,5

Примечание. В общей сумме примесей допускается бериллий (не более 0,01%) и кальций (не более 0,1%).

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	δ_5	H_b
			не менее		
Отливо-образцы	Без термической обработки	ГОСТ 2856-55	15	1	50
	После гомогенизации с закалкой на воздухе (Т4)	То же	22	4	60
	После гомогенизации с закалкой на воздухе и старения (Т6)	.	22	1	65
	После гомогенизации с закалкой в воде и старения (Т61)	.	23	1	65

Примечание. Для предела текучести (σ_s) устанавливаются следующие факультативные значения: при термической обработке по режиму Т4 — 11 кг/мм²; при термической обработке по режиму Т6, Т61 — 14 кг/мм².

Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

8 Физические свойства [1].

а) Теплопроводность (при 100–300°C) $\lambda = 0,185 \frac{\text{ккал}}{\text{см.сек.град}}$

б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 10

Интервал температур, °С	20–100	20–200	20–300
$\alpha \cdot 10^6$	22,29	24,81	29,04

в) Удельное электросопротивление $\rho = \frac{\text{ом.мм}^2}{\text{м}}$.

Таблица 11

Температура, °С	20	100	200	300	400
ρ	0,141	0,152	0,170	0,172	0,202

г) Удельный вес γ , г/см³.

Таблица 12

Метод литья	γ
Литье в песчаные формы	1,61
Литье в кокиль	1,82
Литье под давлением	1,80

д) Теплоемкость (при 20–100°C) $C = 0,25 \frac{\text{кал}}{\text{г.град}}$

е) Скрытая теплота плавления $Q = 70 \text{ кал/г}$.

ж) Критические точки

начало кристаллизации 602°С
конец кристаллизации 445°С

9 Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях коррозионная стойкость отливок в окисленном состоянии удовлетворительная.

Включения литейных шлаков, рыхлоты и прочие несплош-

Литейный магниевый сплав с алюминием, цинком и марганцем МЛ5

ности нарушают защитные покрытия и вызывают резкое ухудшение коррозионной стойкости сплава. Окислирование производится по инструкции ВИАМ № 136-46 и окраска по инструкции ВИАМ № 159-47.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Температура литья 690–800°С. Линейная усадка 1,1–1,3%. Литейные свойства сплава хорошие. Жидкотекучесть сплава хорошая, что позволяет отливать сложные по конфигурации тонкостенные детали. Плавку сплава проводят под флюсом для защиты от соприкосновения с воздухом и во избежание возгорания. Добавка к сплаву небольших количеств бериллия (0,001–0,002) значительно понижает окисляемость сплава в жидком состоянии. Измельчение зерна в сплаве МЛ5 можно достигнуть введением в расплав: а) хлорного железа; б) содержащих углерод материалов; в) специальных металлических присадок; г) перегревом. Сплав МЛ5 несколько менее склонен к горячим трещинам, микропористости и рыхлотам, чем сплав МЛ4.

Плавка и отливка сплава МЛ5 требует специально оборудованных литейных и ряда мероприятий, предупреждающих возгорание расплавленного металла.

2. Обрабатываемость резанием отличная. Обработка резанием требует ряда мероприятий, предупреждающих самовозгорание стружки и взрыв пыли.

3. Термическая обработка [1].

Таблица 13

Условное обозначение режима термической обработки	Температура нагрева, °С	Выдержка, час	Охлаждение
T2 — отжиг	170–250	3–5	С печью
T4 — закалка	410–420	12–16	На воздухе
T6 — закалка и старение	410–420	12–16	На воздухе
	170–180	16	На воздухе

Примечание. Для крупных деталей с массивными сечениями во избежание выплывания легкоплавкой составляющей в процессе нагрева сплава под закалку рекомендуется проводить нагрев в два этапа: а) нагрева до 370–380°С с выдержкой при этой температуре 3 ч; б) подъем температуры до 410–420°С с выдержкой при этой температуре 14–20 ч.

2 Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

3 Механические свойства в зависимости от толщины сечения отливок [1]

Таблица 5

Состояние материала	Механические свойства	Диаметр заготовки, мм			
		15	30	45	60
Термически обработанный по режиму T4	σ_b	25,5	21,5	17,5	14,0
	δ_5	10,0	6,0	4,5	2,5
	сохранение прочности, %	100	84,0	68,5	55,0

4 Механические свойства при повышенных температурах [1]

Таблица 6

Вид полуфабриката	Состояние материала	Температура испытания, °C	Свойства			
			$\sigma_{0,2}$	σ	δ_5	H_b
Полуфабрикаты из литой в землю и закаленного	литой в землю	100	7,5	23,5	10,5	56,0
		150	6,0	20,5	13,5	55,0
		200	5,5	14,0	14,0	43,0
		250	4,5	11,0	13,5	32,0
		300	—	9,0	15,0	—
	закаленный	50	9,0	16,5	5,0	58,0
		100	8,5	15,5	6,0	56,0
		150	7,5	14,0	10,0	50,0
		200	5,5	12,5	20,0	40,0
		250	5,0	9,0	22,0	30,0
Полуфабрикаты из литой в землю и закаленного	литой в землю	300	4,0	7,0	23,0	18,0
		50	8,0	18,5	3,0	60,0
		100	7,5	17,5	5,0	58,0
		150	6,0	15,0	6,5	54,0
		200	5,5	12,0	8,0	43,0
	закаленный	250	5,0	9,0	9,0	30,0
		300	4,5	7,0	10,0	18,0

Литейный магниевый сплав с алюминием, цинком и марганцем МЛ5

5. Механические свойства при низких температурах [2]

Таблица 7

Вид полуфабриката	Состояние материала	Температура испытания, °C	σ_b	δ_5	ψ	a_k
		-70	25	4	6	0,3
		-196	25	2	4	0,2

6. Модуль нормальной упругости E , кг/мм²

Таблица 8

Состояние материала		E
Литой в землю		4000
Термически обработанный	по режиму T2*	4000
	по режиму T4	4167
	по режиму T6	4100

* Отжиг T2 дан по режиму: нагрев при 300°С в течение 4 ч, охлаждение с печью.

7. Модуль сдвига G , кг/мм² [1]

Таблица 9

Состояние материала		G
Литой в землю		1480
Термически обработанный	по режиму T2*	1480
	по режиму T4	1600
	по режиму T6	1600

* Отжиг T2 дан по режиму: нагрев при 300°С в течение 4 ч, охлаждение с печью.

ЛИТЕЙНЫЙ МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ С АЛЮМИНИЕМ, ЦИНКОМ И МАРГАНЦЕМ МЛ5

Основное назначение: изготовление отливок высоконагруженных деталей сложной конфигурации.

1. Свойства по ту и ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 2856-55)

Таблица 1

Основной компонент, %	Примеси, не более						
	Al	Si	Mn	Mg	Sr	Ca	Fe, Ni, примесей
МЛ5	7,8	0,2	0,8	0,1	0,05	0,1	0,5

Примечание: В общей сумме примесей допускается берал (не более 0,05%) и калий (не более 0,1%).

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид отливки	Состояние отливки	Источники	по металлу		
			σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ_5
Средние детали	детали термической обра- ботки	ГОСТ 2856-55	15	2	50
	детали отливки (T2)	ГОСТ	15	2	50
	детали отливки с марганцем (Mn)	ГОСТ	22	2	50
	детали отливки с марганцем на водородной стабильности	ГОСТ	22	2	50

Литейный магниевый сплав с алюминием, цинком и марганцем МЛ5

**II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)**

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ_5	ψ	α_k	H_v	
	Литой в землю	9,5	16,0	3,0	4,0	—	50
Термически обработанный	по режиму T2*	8,0	15,0	5,0	6,0	0,2	60
	по режиму T4	8,6	23,5	9,0	15,0	0,9	62
	по режиму T6	12,0	24,0	6,0	8,4	0,2	78

* Отжиг T2 дан по режиму нагрев при 300°С в течение 4 ч, охлаждение с печью.

2. Механические свойства на образцах, вырезанных из деталей [1].

Таблица 4

Место выреза деталей	Размеры деталей	Состояние материала	Механические свойства						
			мини- мальные		макси- мальные		средние		
			σ_b	δ_5	σ_b	δ_5	σ_b	δ_5	
Крупные детали (вес каждой детали более 12 кг, толщина стенок более 20 мм)	литой	термически обработанный	12,0	1,5	18,5	4,0	14,5	2,0	
			по режиму T4	13,5	2,0	25,5	11,0	19,0	6,0
			по режиму T6	14,0	1,0	25,5	5,0	19,0	3,0
Средние и мелкие детали (вес каждой детали до 7 кг, толщина стенок до 20 мм)	литой	термически обработанный	13,5	1,5	20,0	5,0	15,5	2,5	
			по режиму T4	15,0	2,5	27,0	14,0	22,0	7,0
Средние и мелкие детали (вес каждой детали до 7 кг, толщина стенок до 20 мм)	термически обработанный	литой	по режиму T6	15,0	1,5	27,0	6,0	22,5	3,0
			по режиму T6	15,0	1,5	27,0	6,0	22,5	3,0

Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

в) Удельное электросопротивление ρ $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

Температура, °С	20	100	200	300	400
ρ	0,090	0,106	0,120	0,133	0,150

Таблица 8

г) Удельный вес $\gamma = 1,78 \text{ г/см}^3$

д) Теплоемкость (при 20–100°С) $C = 0,25 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$

е) Скрытая теплота плавления $Q = 70 \frac{\text{кал}}{\text{г}}$

ж) Критические точки:

температура кристаллизации 628 °С
температура кристаллизации 561 °С

7. **Коррозионная стойкость.** В атмосферных условиях коррозионная стойкость отливок в окисленном состоянии удовлетворительная.

Водяные литейные сплавы, в частности магниевые, нестойки к воздействию защитных покрытий и вызывают резкое ухудшение коррозионной стойкости отливок.

Сплав подвергается окислению по инструкции ВИАМ № 135-46 и окраске по инструкции ВИАМ № 159-47.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литейные свойства и литье.** Температура литья 690–800 °С. Линейная усадка 1,6%. Литейные свойства низкие. Жидкотекучесть низкая. Сплав имеет повышенную склонность к горячим трещинам. Герметичность и плотность отливок простой конфигурации повышенные. Сплав мало склонен к образованию пористых отливок. Термической обработкой сплав не упрочняется и имеет высокие механические свойства в мягком состоянии.

Отливки из сплава МЛЗ требуют специально оборудованных литейных и ряда мероприятий, предупреждающих образование расплавленного металла.

2. **Обрабатываемость резанием отличная.** Обработка резанием сплава МЛЗ требует ряда мероприятий, предупреждающих самовоспламенение стружки и взрыв пыли.

170

Литейный магниевый сплав с алюминием и цинком МЛЗ

3. **Свариваемость.** Для исправления дефектов литья применяется газовая и аргоно-дуговая сварка.

При использовании для газовой сварки флюсов, содержащих хлористые соли, имеется опасность коррозии при попадании флюса в металл. Применение флюсов, не содержащих хлористых солей, требует большого навыка в работе сварщика; при этом снижаются механические свойства мест сварки.

Аргоно-дуговая сварка дает лучшие результаты, чем газовая.

В качестве присадочного материала применяются прутки из сплава МЛЗ.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления отливок средненагруженных простых по конфигурации деталей, от которых требуются повышенная плотность и герметичность.

ИСТОЧНИКИ

1) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М., Оборонгиз, 1950.

2) К. И. Портовой и А. А. Лебедев. Магниевые сплавы (справочник). М., Металлургия, 1952.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1]

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	Свойства						
		$\sigma_{0.2}$	σ_b	δ_{10}	ψ	α_K	H_b	
Отливо-отлитые образцы	литой в землю без термической обработки	5,5	18,0	8,0	11,0	0,5	45,0	

2. Механические свойства на образцах, выровненных на детали [2]

Таблица 4

Состояние материала	Характеристика отливки	Свойства					
		минимальные		максимальные		наиболее частотные	
		$\sigma_{0.2}$	σ_b	$\sigma_{0.2}$	σ_b	$\sigma_{0.2}$	σ_b
Литой в землю	толстые и мелкие литые с толщиной стенок до 10 мм	14,0	4,0	18,5	11,0	16,0	6,0
	среднее литые с толщиной стенок до 20 мм	12,5	4,0	17,5	8,0	15,0	6,0
	крупные литые с толщиной стенок свыше 20 мм	12,0	3,5	15,0	4,5	15,0	4,0
Литой в кованый тал	мелкие и средние детали	14,0	4	20	12	17,5	7,0

3. Механические свойства в зависимости от толщины сечения отливки [2].

Таблица 5

Состояние материала	Свойства	Диаметр заготовки, мм			
		15	30	45	60
Литой в землю	σ_b	16,5	14,0	14,5	13,0
	$\sigma_{0.2}$	10,0	8,5	8,5	8,0
	сохранение прочности в %	100,0	85,0	88,0	79,0

4. Механические свойства при повышенных температурах [1]

Таблица 6

Состояние материала	Температура испытания, °C	Свойства			
		$\sigma_{0.2}$	σ_b	δ	H_b
Литой в землю без термической обработки	100	16	5	11	35
	150	14	5	12	35
	200	11	4,5	13	30
	250	8	4	10	24

5. Модуль нормальной упругости (для литого в землю материала) $E = 4300 \text{ кг/мм}^2$ [2].

6. Физические свойства [2].

- а) Теплопроводность (от 100 до 300°C) $\lambda = 0,25 \frac{\text{ккал}}{\text{см.сек.град}}$
- б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 7

Интервал температур, °C	20-100	20-200
$\alpha \cdot 10^{-6}$	25,9	27,0

Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

- в) Удельный вес $\gamma = 2,60 \text{ г/см}^3$
- г) Критические точки:

начало кристаллизации	650°C
конец кристаллизации	550°C

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях удовлетворительная. Для повышения устойчивости применяется анодирование по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) или окраска по фруну АН-1. В отапливаемом складе может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Температура литья 680—730°C. Линейная усадка 1,0—1,3%. Литейные свойства удовлетворительные. Жидкотекучесть хорошая. Сплав обладает склонностью к окислению и газонасыщению, поэтому плавки рекомендуется проводить под флюсом или без флюса, но с обязательным хлорированием перед разливкой. Хлорирование производится с целью дегазации сплава и избежания окисных пленок и включений. Требуется применение защитных присадок к формовочной земле (2—3% борной кислоты) во избежание реакции металла с вставкой формы в момент заливки. Необходимо применять усиленное питание отливки, так как сплав склонен к усачной пористости.

2. Обрабатываемость резанием. Отливка сплав хорошо полируется.

3. Термической обработке сплав не подвергается.

4. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой.

При перегреве при сварке металла с повышенной газонасыщенностью, особенно в случае отливок из хлорированного металла, в переходной зоне часто наблюдается межкристаллитные пустоты, которые служат причиной негерметичности сварного соединения. Рекомендуется присадочные материалы: проволока марок АМ5В, АМ5В (ГОСТ 7871-56) или литейные стержни из сплава АЛ13.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления фасонных деталей, привариваемых к смеси из алюминиево-магниевых сплавов и работающих в коррозионной среде или при повышенных температурах.

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструктивные материалы. Т. I. М. Оборонгиз, 1960.
2. Данные НИИ П. в 989.

ЛИТЕЙНЫЙ МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ С АЛЮМИНИЕМ И ЦИНКОМ МЛЗ

Основное назначение: изготовление деталей несложной конфигурации, требующих повышенной герметичности.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТУ

1. Химический состав (ГОСТ 2856-55).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, %, не более		
	Al	Zn	Mn	Mg	Si	Cu	Fe	Ni	всего примесей
МЛЗ	2,5—3,5	0,3—1,5	0,15—0,5	стала-808	0,25	0,1	0,08	0,01	0,5

Примечание. В общей сумме примесей допускается бериллий (не более 0,01%) и кальций (не более 0,1%).

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_b	H_s
			не менее		
Отдельно отлитые образцы	без термической обра-ботки	ГОСТ 2856-55	16	6	40

ЛИТЕЙНЫЙ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ С КРЕМНИЕМ И ЦИНКОМ

Основное назначение: детали, работающие в нагруженности, работающие в условиях повышенных температур.

1. Свойства

1. Химический состав

Элемент	Содержание, %
Al	90,0
Mg	8,0
Si	0,8
Zn	0,2
Fe	0,05
Cu	0,05
Mn	0,05
Pb	0,005
Sn	0,005

Примечание: содержание элементов в сплаве может отличаться от указанного в таблице в зависимости от технологии производства.

2. Механические свойства

Вид полуфабриката	Состояние материала	Температура испытаний, °C					
		-150	-100	-74	0	+20	+200
Отдельно отлитые образцы	литой в землю	10	17	3	4	65	
	литой в кокиль	—	20	5	—	70	

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства [1]

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	Температура испытаний, °C					
		-150	-100	-74	0	+20	+200
Отдельно отлитые образцы	литой в землю	10	17	3	4	65	
	литой в кокиль	—	20	5	—	70	

2. Механические свойства при низких и высоких температурах [2]

Таблица 4

Свойства	Температура испытаний, °C							
	-150	-100	-74	0	+20	+200	+300	+350
σ _{0,2}	20,1	18,7	18,1	17,0	16,1	18,8	16,9	15,7
σ _{0,01}	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
ε _{0,2}	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
ε _{0,01}	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9

Примечание: Испытания проводились на сплаве состава, %: Al = 90,0; Mg = 8,0; Si = 0,8; Zn = 0,2; Fe = 0,05; Cu = 0,05; Mn = 0,05; Pb = 0,005; Sn = 0,005.

1. Испытания проводились на образцах, отлитых в землю, размерами 10 × 10 × 50 мм с сохранением литой корки.

2. Испытания проводились при низких температурах образцы стабилизировали при температуре эксперимента в течение 2-х часов.

3. Модуль нормальной упругости (для образцов, отлитых в землю) E = 67,0 кМПа.

4. Модуль сдвига (для образцов, отлитых в землю) G = 25,0 кМПа.

5. Коэффициент Пуассона (для образцов, отлитых в землю) ν = 0,23.

6. Физические свойства:

а) Температурный коэффициент расширения α = 0,30 $\frac{1}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$

б) Температурный коэффициент расширения β = 0,0001 $\frac{1}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$

Таблица 5

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
α	1,0	21,0	24,0
β	—	—	27,0

Литейный алюминий и магниевый сплав

6. Физические свойства:

а) Теплопроводность $\lambda = 0,36 \frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$ [1];

б) Коэффициент линейного расширения α [1];

Таблица 6

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	25,1	23,9	25,2

в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди) [2]

Таблица 7

Состояние материала	K
Литейный	35
Литейный и состаренный	36
Литейный и закаленный при повышенной температуре	43

г) Удельный вес $\gamma = 2,68 \text{ г/см}^3$ [1]
 д) Температурный коэффициент $\alpha_{20} = 0,23 \frac{1}{\text{град. C}}$ [1]

е) Критические точки:
 начало кристаллизации 527°C
 конец кристаллизации 577°C

7. Коррозионные свойства. В атмосферных условиях умеренного климата не подвергается коррозии. Обрабатываемый АЛ5 не подвергается коррозии.

— Анодирование производится по ГОСТ 750-56 и соответствует с НО 288-54.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Температура литья 660—760°C. Линейная усадка 0,9—1,1%, объемная усадка 4,8%. Литейные свойства хорошие, но уступает сплаву АЛ4. Жидкотекучесть вполне удовлетворительная. Герметичность хорошая. Сплав склонен к газовой пористости. Для получения плотного литья необходимо применять вакуумную плавку. В литейном производстве.

2. Обрабатываемость резанием хорошая.

Литейный алюминий-кремниевый сплав с медью и магнием АЛ5

3. Термическая обработка.

Таблица 8

Условное обозначение режим термической обработки	Закалка			Старение или отпуск		
	температура нагрева, °C	выдержка, ч. не менее	охлаждающая среда, °C	температура нагрева, °C	выдержка, ч. не менее	охлаждающая среда
T1	—	—	—	175-185	15	воздух
T5	520-530	4	вода 51-100	175-185	5	То же
T7	520-530	4	вода 50-100	225-235	5	.

Режимы T1 и T5 применяются для повышения прочности и твердости. Повышение относительного удлинения достигается применением режима T7.

4. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой. Рекомендуется марка присадочного материала АЛ5.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сплав АЛ5 применяется для отливки крупных нагруженных деталей (корпуса, блоки, картеры).

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I М., Оборонгиз, 1950.
 2. «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. IV М., Машгиз, 1947.

ЛИТЕЙНЫЙ АЛЮМИНЕВО-КРЕМНИЕВЫЙ СПЛАВ С МЕДЬЮ И МАГНИЕМ АЛ5

Основное назначение: изготовление литых крупных и средних деталей, подверженных значительным нагрузкам

1 СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 2685-53)

Таблица 1

Марка сплава	Основной элемент, %					Примеси, % не более						
	Si	Si	Mg	Al	Fe	Zn	Mn	Sn	Pb	Cu	Сумма всех примесей	
АЛ5	4,5	1,0	0,35	90	0,01	0,50	0,50	0,1	0,2	1,0	1,5	1,7
	5,0	1,5	0,6	табл. 1	табл. 1	табл. 1	табл. 1	табл. 1	табл. 1	табл. 1	табл. 1	табл. 1

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ, кг/мм ²		
			σ _{0,2}	σ _{0,1}	σ _в
Отделанно отлитые образцы	литой в землю после закалки и старения -15	ГОСТ 2685-53	18	—	60
	литой в землю после закалки и старения -15	то же	20	—	70
	литой в землю после закалки и старения -15	то же	18	1	60

Литейный алюминий-кремниевый сплав с медью и магнием АЛ5

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	Свойства				
		σ _{0,2}	σ _{0,1}	σ _в	α _K	H _в
Отделанно отлитые образцы	литой в землю после закалки и старения -15	18,0	22,0	0,8	0,2	80,0
	литой в землю после закалки и старения 168-173°С	28,0	31,6	1,5	—	105,0

2. Механические свойства при повышенных температурах [1].

Таблица 4

Состояние материала	Температура испытания, °С	Свойства		
		σ _{0,2}	σ _{0,1}	α
После термической обработки T2	20	25,0	26,0	0,8
	200	20,0	22,0	0,4
	300	8,0	13,0	4,0

3. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	Температура испытания, °С	E
После термической обработки T2	20	7200
	200	5700
	300	5000

4. Модуль сдвига (для образцов, отлитых в землю) G = 2700 кг/мм² [1].

5. Коэффициент Пуассона для образцов, отлитых в землю: μ = 0,33 [1].

2. Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

4. Модуль сдвига G, кг/мм² [1]

Таблица 6

Состояние материала	G
Литой в землю, модифицированный, после закалки и старения	2700
Литой под давлением	2800

5. Коэффициент Пуассона (для образцов, отлитых в землю и под давлением) $\mu = 0,33$ [1]

6. Физические свойства [1]

- а) Теплопроводность $\lambda = 0,38$ $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$
- б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 7

Интервал температур, °С	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	21,7	22,5	23,5

в) Электропроводность (в % к электропроводности меди) 37%

г) Удельный вес $\gamma = 2,65 \text{ г/см}^3$

д) Теплоемкость C_p при 100°С $0,21 \frac{\text{ккал}}{\text{г град}}$

е) Критические точки

температура кристаллизации	530°С
температура застывания	520°С

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях удовлетворительная.

Для повышения коррозионной стойкости сплавы по группе АЛ11 или аналогичные по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) сплав АЛ14 может подвергаться глубокому анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 271-54). В условиях эксплуатации сплава может храниться без покрытия.

Литейный алюминиево-магниевый сплав с Mg и Mn АЛ14

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литейные свойства и литье.** Литейные свойства хорошие. Температура литья 690—730°С. Линейная усадка 0,8—1,1%. Высокая жидкотекучесть позволяет отливать детали сложной конфигурации. Сплав не склонен к усадочным горячим трещинам. Герметичность сплава хорошая. Для обеспечения требуемых механических свойств сплав подвергается модифицированию двойной смесью солей $1/3\text{NaCl} + 2/3\text{NaF}$ при температуре 780—800°С или тройной смесью солей 40% NaCl, 45% NaF и 15% KCl при 725—750°С. Сплав предрасположен к газовой пористости. Для борьбы с пористостью в крупных отливках нужно применять кристаллизацию под давлением в автоклавах.

При повышенной газонасыщенности и наличии включений производится хлорирование сплава перед модифицированием. Примесь железа в сплаве (свыше допустимого ГОСТом) резко снижает пластические свойства. При содержании магния в сплаве свыше 0,23—0,25% (ближе к верхнему пределу по ГОСТ 2685-53) относительное удлинение снижается.

2. **Обработываемость резанием** плохая.

3. **Термическая обработка.**

Таблица 8

Условное обозначение термической обработки	Закалка			Старение или отпуск		
	температура нагрева, °С	выдержка, ч, не менее	охлаждающая среда, температура среды, °С	температура нагрева, °С	выдержка, ч, не менее	охлаждающая среда
T1	—	—	—	170-180	15	воздух
T6	530-540	2-5	вода 50-100	170-180	15	воздух

4. **Свариваемость.** Сплав удовлетворительно сваривается газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой.

Рекомендуемые прикладные материалы — проволока марки АК (ГОСТ 7571-56) или литые стержни из сплава АЛ11.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления крупных деталей, несущих высокие и средние нагрузки.

ИСТОЧНИКИ

- 1. Справочник по литейным материалам. Конструкторские материалы. Т. 2. М.: Оборонгиз, 1956.
- 2. Данные НИИ Пл. 65.

2 Литейные алюминии и их сплавы

2. Механические свойства (при температуре 20°C)

Вид производства	Состояние материала	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,01}$	$\sigma_{0,001}$	$\sigma_{0,0001}$	$\sigma_{0,00001}$	$\sigma_{0,000001}$	$\sigma_{0,0000001}$	$\sigma_{0,00000001}$	$\sigma_{0,000000001}$	$\sigma_{0,0000000001}$
Стандартные образцы	литой в земско, в кокиле без термической обработки (АЛ4К)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0
	литой в кокиле с модифицирующей добавкой (АЛ4К11)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0
	литой в земско, модифицированный, закалочный и старенный (АЛ4СМ10)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0
	литой в кокиле с модифицирующей добавкой и старенный (АЛ4К11)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0
Образцы, выработанные из привалки	литой в земско, модифицированный, закалочный и старенный (АЛ4СМ10)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0
	литой в кокиле с модифицирующей добавкой и старенный (АЛ4К11)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0
Образцы, выработанные на испытательном прессе	литой в земско, модифицированный, закалочный и старенный (АЛ4СМ10)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0
	литой в кокиле с модифицирующей добавкой и старенный (АЛ4К11)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0
	литой в земско, модифицированный, закалочный и старенный (АЛ4СМ10)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0

Литейный алюминий-кремниевый сплав с Mg и Mn АЛ4

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(не входящие в ТУ и ГОСТ)

1. Технические характеристики (ТТХ) Таблица 3

Вид обработки	Состояние материала	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,01}$	$\sigma_{0,001}$	$\sigma_{0,0001}$	$\sigma_{0,00001}$	$\sigma_{0,000001}$	$\sigma_{0,0000001}$	$\sigma_{0,00000001}$	$\sigma_{0,000000001}$
Стандартные образцы	литой в земско, модифицированный, закалочный и старенный (АЛ4СМ10)	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	14,0

2. Механические свойства при различных температурах

Свойства	Температура, °C									
	183	-150	-74	-50	0	+24	+100	+150	+200	+350
$\sigma_{0,2}$	26,5	22,8	21,3	21,4	23,9	22,0	13,1	10,8	7,8	5,8
$\sigma_{0,01}$	4,6	3,0	6,0	6,2	6,1	5,6	15,9	15,3	17,0	23,9

Примечания: 1 Испытания проводились на сплаве состава: % Si=9,6, Mg=0,26, Mn=0,4, Cu=0,17, Fe=0,7, Al=остальное.
 2 Испытания проводились на образцах, отлитых в земско, размером $d=10$ мм, $l=50$ мм с сохранением литевой корки.
 3 Перед испытанием при низких температурах образцы стабилизировались при температуре эксперимента в течение 2 часов.
 4 Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	E
Литой в земско, модифицированный, после закалки и старения	7200
Литой под давлением	7100

Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

4. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой. Рекомендуемые присадочные материалы — проволока марки АК (ГОСТ 7871-56) или литые стержни из сплава АЛ12.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей по конфигурации, но подверженных небольшим нагрузкам деталей агрегатов и приборов.

Свойства

Технические условия на литейные алюминиево-кремниевые сплавы с магнием и марганцем АЛ4
 ГОСТ 2685-53

ЛИТЕЙНЫЕ АЛЮМИНОВО-КРЕМНИЕВЫЕ СПЛАВ
 С МАГНИЕМ И МАРГАНЦЕМ АЛ4

Основное назначение — изготовление литых деталей высокой и средней нагруженности.

1. Свойства по ТУ и ГОСТ

Технические условия сплава (ГОСТ 2685-53).

Таблица 1

Элементы	Примеси, % не более				
	Fe	Zn	Cu	Sn	Ti
литые в чушки	60,91	2,0	0,30	0,01	0,15
литые в кокиль	60,91	2,0	0,30	0,01	0,15
литые под давлением	60,91	2,0	0,30	0,01	0,15
литые в чушки	60,91	2,0	0,30	0,01	0,15
литые в кокиль	60,91	2,0	0,30	0,01	0,15
литые под давлением	60,91	2,0	0,30	0,01	0,15

Примечание. В случае необходимости для повышения коррозионной стойкости изделий при эксплуатации в агрессивных средах содержание цинка в сплаве должно быть: Cu не более 0,05%, Zn не более 0,1%.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Типовые механические свойства [1].

Таблица 3

Вид обработки	Состояние материала	$\sigma_{0,2}$	σ_s	δ_5	H_s
Отделка шлифовальной шкуркой и осадочный отпуск при давлении	в исходном состоянии	8	18	6	55
	после осадочного отпуска при давлении	12	22	1,8	—

2. Механические свойства при низких и высоких температурах [2].

Таблица 4

Свойства	температура, °С	температура, °С	температура, °С	температура, °С	температура, °С
$\sigma_{0,2}$	185	150	120	90	60
	20	100	150	200	250
σ_s	20	100	150	200	250
	10	100	150	200	250
δ_5	10	100	150	200	250
	10	100	150	200	250

Примечание: 1. Испытания на растяжение проводятся при температуре 20±5°С.

2. Испытания на удар проводят при температуре 20±5°С.

3. Испытания на сжатие проводят при температуре 20±5°С.

4. Модуль нормальной упругости определяют при температуре 20±5°С.

5. Модуль сдвига определяют при температуре 20±5°С.

6. Коэффициент Пуассона определяют при температуре 20±5°С.

7. Физические свойства определяют при температуре 20±5°С.

8. Температурность определяют при температуре 20±5°С.

б) Коэффициент линейного расширения α .

Интервал температур, °С	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^6$	21,1	22,1	23,3

в) Электропроводность (в % к электропроводности меди) K_{40} .

г) Удельный вес $\gamma = 2,65 \text{ г/см}^3$.

д) Критические точки:

начало кристаллизации 600°С

конец кристаллизации 577°С

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях удовлетворительная.

Для повышения устойчивости применяется анодирование по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) или окраска по группе АЛР-1 П.

Для повышения износостойкости и поверхностной твердости сплав подвергается глубокому анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 271-54).

В отапливаемом складе может храниться без покрытий.

В азотной кислоте (ГОСТ 701-41) и в ее парах при температуре +20°С вполне устойчив [3].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Литейные свойства сплава хорошие. Температура литья, в зависимости от объема и конфигурации деталей, 680—730°С.

Линейная усадка 0,8—1,1%. Жидкотекучесть высокая, что позволяет отливать детали сложной конфигурации. Малая склонность к горячим трещинам. Герметичность сплава хорошая. Сплав склонен к газовой пористости в толстых сечениях отливок. Для Сорбы с пористостью в крупных отливках необходимо применять кристаллизацию под давлением в автоклавах.

Для обеспечения требуемых механических свойств сплав АЛ2 подвергается модифицированию двойной смесью солей NaCl и NaF при температуре 750—800° или тройной смесью солей 40% NaCl, 45% NaF и 15% KCl при 725—750°С.

2. Обрабатываемость резанием плохая.

3. Термическая обработка сплава не приводит к упрочнению.

ЛИТЕЙНЫЙ АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫЙ СПЛАВ
АЛ2

Основное назначение: изготовление литых деталей сложной конфигурации и средней нагруженности.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 2685-53).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %		Примеси, %, не более								
	Si	Al	Fe			Zn	Cu	Mn	сумма всех примесей		
			литые в землю	литые в кокиль	литые под давлением				литые в землю	литые в кокиль	литые под давлением
АЛ2	10-13	остаточные	0,8	1,0	1,5	0,3	0,8	0,5	2,2	2,3	2,8

Примечание. В особых случаях, для повышения коррозионной устойчивости деталей при эксплуатации в агрессивных средах, содержание вредных примесей должно быть: $Cu \leq 0,1\%$, $Zn \leq 0,1\%$.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_b	$\sigma_{0,2}$	H_b
			не менее		
Отдельно отлитые образцы	модифицированный, литой в землю (АЛ23М)	ГОСТ 2685-53	15	4	50
	литой в кокиль (АЛ2К)	то же	16	2	50
Образцы, вырезанные из детали	модифицированный, литой в землю (АЛ23М)	ТУОП 35-56	14	3	50
	литой в кокиль (АЛ2К)	то же	15	2	50

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

б) Режим старения.

Таблица 8

Температура старения, °С	Время выдержки, ч	Охлаждение
170—175	12	На воздухе

Примечания 1. Время выдержки отсчитывается с момента достижения в поковах (штамповках) указанной температуры.
 2. Поковки (штамповки), нагретые выше температуры 175°С, подлежат повторной закалке.
 3. В случае перерыва в процессе старения режим старения повторяется полностью.
 4. Свариваемость. Сплав неудовлетворительно сваривается методами сварки плавлением и для сварных конструкций не применяется.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления штампованных и кованых деталей, работающих при повышенных температурах.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Жаропрочные стали и сплавы Т. II. М., Оборонгиз, 1960.
 [2] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. М., Машино, 1947.
 [3] Инструкция по ковке, штамповке и термобработке деталей из алюминиевых сплавов. П. ч. 7-6, 1963.

2. ЛИТЕЙНЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ
И МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 4

Состояние материала	Температура испытания, °С	E
Прессованные прутки диаметром 14 мм после закалки и искусственно состарены	20	7370
	200	5360
Закаленный с 515 ± 5°С в воде и состаренный при 170°С в течение 16 ч образцы вырезаны из поковки диска	20	7350
	100	7200
	200	6800
	250	6400

3. Модуль сдвига $G = 2700$ кг/мм² [2].

4. Коэффициент Пуассона $\nu = 0,33$ [2].

5. Физические свойства [1].

а) Теплопроводность $\lambda = 0,35$ $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 5

Исходная температура, °С	20-100			100-200			200-300			300-400		
	20	100	200	100	200	300	200	300	400	300	400	
• 10 ⁶	22,0	23,1	24,0	24,8	22,6	24,3	24,9					

в) Удельный вес $\gamma = 2,8$ г/см³

б) Коррозионная стойкость—Сплав имеет пониженную коррозионную стойкость. Применяется с анодированием по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54).

Деформируемый сплав повышенной жаропрочности АК4

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в горячем состоянии пониженная.

2. Обработка резанием удовлетворительная.

3. Режим нагрева перед ковкой-штамповкой [3].

Таблица 6

Температура нагрева ковкой, °С	Время выдержки, мин							Температура конца ковки, °С
	Диаметр прессованной заготовки, мм				Диаметр литой заготовки, мм			
	до 50	50-100	100-150	150-180	180-220	260-350	более 350	
450-460	15-20	20-30	30-45	45-60	60-90	180-240	240-300	400

4. Термическая обработка поковок (штамповок) [3].

а) Режим закалки.

Таблица 7

Наибольшая толщина поковки (штамповки), мм	Температура сепитры перед загрузкой, °С	Температура сепитры перед выгрузкой (допустимая температура закалки), °С	Температура, °С	Время выдержки, мин
до 25	516-519	515-517	15-25	75
26-50	516-519	515-517	15-25	90
51-100	516-519	515-517	15-25	120
101-150	516-519	515-517	15-25	180

Примечания 1. Перенос поковок (штамповок) из сепитровой ванны в водную должен производиться быстро (время переноса должно быть не более 40 сек). В случае задержки более указанного времени поковки (штамповки) пережалеваются.

2. При закалке с температуры ниже 515°С поковки (штамповки) пережалеваются.

ДЕФОРМИРУЕМЫЙ АЛЮМИНИЕВЫЙ СПЛАВ ПОВЫШЕННОЙ ЖАРОПРОЧНОСТИ (КОВОЧНЫЙ) АК4

Основное назначение: изготовление штампованных и кованых деталей, работающих при повышенных температурах.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, % не более		
	Cu	Mg	Ni	Fe	Si	Al	Zn	Mn	Всего
AK4	1,9-2,5	1,4	1,8	1,0-1,5	1,1-1,6	0,5-1,2	ос.	0,30,20	10,6

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Испытание	σ, кг/мм ²			
			σ _{0,2}	σ _{0,1}	σ ₁	σ ₂
Штампован	закаленный и искусственно состаренные	ГОСТ 99-50	38	20	49	100
Кованый	то же	то же	30	1	59	100
Прутки прессованные всех размеров	сез термическ. обработкой	ГОСТ 4784-49	30	—	59	—

Примечание 1. При необходимости вырезать из прутков для штамповки образцы на растяжение следует стандартной геометрии.

Деформируемый сплав повышенной жаропрочности

AK4

испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

2. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

3. Прутки всех диаметров поставляются только в термически необработанном состоянии. Механические свойства определяются на вырезанных из прутков образцах после закалки и искусственного старения.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства при повышенных температурах [1].

Таблица 3

Состояние материала	Температура, °С	R _m	σ _{0,2}	σ _{0,1}	σ ₁	σ ₂	Примечания
Прессованные прутки диаметром 14 мм после закалки и искусственного старения	20	—	40,0	10,9	—	—	Нагрев при температурах испытания в течение 30 мин. Испытания производились в селитровой среде
	200	—	30,5	10,3	—	—	
	250	—	—	—	—	—	
	300	—	15,7	13,6	—	—	
Прессованные прутки диаметром 14 мм после закалки и искусственного старения	200	—	26,9	8,0	—	—	Нагрев при температурах испытания в течение 100 ч. Испытания производились в селитровой среде
	250	—	21,2	10,7	—	—	
	300	—	8,3	26,8	—	—	
	350	—	4,3	76,0	—	—	
Закаленный с 515 ± 5°С в воде и состаренный при 170°С в течение 16 ч (образцы вырезались из псковки-диска)	20	30,3	37,1	6,1	—	—	Нагрев при температурах испытания 30 мин. Испытания производились в воздушных электрических печах
	100	30,0	36,0	6,0	—	—	
	200	30,0	33,0	6,0	—	—	
	250	21,7	—	—	—	—	
300	9,3	11,7	11,2	—	—	—	—

Деформируемые алюминиевые сплавы

4. Термическая обработка поковок (штамповок) [3].
а) Режим закалки.

Таблица 10

Наибольшая толщина поковки (штамповки), мм	Температура перед загрузкой, °С	Температура сепаратора перед выгрузкой (допустимая температура закалки), °С	Температура выдержки, °С	Время выдержки, мин
до 25	501-504	501-503	15-25	75
26-50	То же	То же	То же	90
51-100	-	-	-	120
101-150	-	-	-	180

Примечания: 1. Перенос поковки (штамповки) из седитровой ванны в воздух должен производиться быстро (время переноса должно быть не более 40 сек). В случае выдержки более указанного времени поковки (штамповки) перекалываются.
2. При закалке с температуры ниже 500°С поковки (штамповки) перекалываются.

б) Режим старения

Таблица 11

Температура старения, °С	Время выдержки, ч	Охлаждение
135-140	10	На воздухе

Примечания: 1. Время выдержки отсчитывается с момента достижения в поковках (штамповках) указанной температуры.
2. Поковки (штамповки) нагретые выше 160°С, подлежат повторной закалке.
3. В случае перерыва в процессе старения режим старения повторяется полностью.

5. Свариваемость. Сплав неудовлетворительно сваривается методами сварки плавлением и для сварных конструкций не применяется.

Дуралюмин повышенной прочности (ковочный)

АК8

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления высоконагруженных штампованных и кованных деталей.

Рекомендуется заменять сплавом АК8 ввиду большого брака по трещинам при штамповке деталей сложной формы и с неравномерными переходами.

ИСТОЧНИКИ

- 1) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы, т. I. М., Оборонгиз, 1950.
- 2) «Машиностроение»: Энциклопедический справочник. М., Машгиз, 1947.
- 3) Инструкции по ковке, штамповке и термообработке деталей из алюминиевых сплавов. П/я 776, 1953.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

3. Механические свойства при высоких температурах [2]

Таблица 5

Свойства	Температура, °С					
	25	150	200	260	315	370
$\sigma_{0.2}$	49,5	30,5	12,0	7,0	4,5	3,0
$\sigma_{0.01}$	38,5	27,5	9,0	6,0	3,0	2,5
δ	14	14	28	32	45	55

Примечание. Время выдержки при температуре испытания определялось по наступлению истечения свойств.

4. Модуль нормальной упругости $E = 7200 \text{ кг/мм}^2$ [1]

5. Модуль сдвига $G = 2700 \text{ кг/мм}^2$ [1]

6. Коэффициент Пуассона $\nu = 0,33$ [1]

7. Физические свойства [2]

а) Температурное $\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$

Таблица 6

Состояние материала	α
Закаленный и искусственно состаренный	0,27
Отожженный	0,41

б) Коэффициент линейного расширения β

Таблица 7

Интервал температур, °С	20—100	20—200	20—300
$\beta \cdot 10^6$	22,8	23,4	24,8

Дуралюми повышенной прочности (ковочный)

АК6

в) Электропроводность K (в % от электропроводности меди).

Таблица 8

Состояние материала	K
Закаленный и искусственно состаренный	40
Отожженный	50

г) Удельный вес $\gamma = 2,80 \text{ г/см}^3$.

8. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях без анодирования или окраски по грунту АЛГ-1 не применяется. Анодирование производится по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54).

Сплав обладает большой склонностью к межкристаллитной коррозии, а также склонностью к коррозионному растрескиванию под напряжением, поэтому не следует применять его для деталей с тонкими сечениями.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в горячем состоянии пониженная.
2. Обрабатываемость резанием хорошая.
3. Режим нагрева перед ковкой-штамповкой [3].

Таблица 9

Температура нагрева перед ковкой, °С	Время выдержки, мин						Температура ковки, °С
	Диаметр прессованной заготовки, мм			Диаметр литой заготовки, мм			
450—460	50	100	150	150	260	более 350	490
	100	150	180	220	350	350	
450—460	10	20	30	40	50	60	490
	15	20	30	40	50	60	

**ДУРАЛЮМИН ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ
(КОВОЧНЫЙ) АК8**

Основное назначение: изготовление высоконагруженных штампованных и кованых деталей.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (по ГОСТ 4784-49)

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, % не более				
	Cu	Mg	Mn	Si	Al	Fe	Ni	Zn	прочие примеси	сумма всех примесей
AK8	3,9-4,8	0,4-0,8	0,4-1,0	0,6-1,2	остаток	0,7	0,1	0,3	0,1	1,2

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ , $\sigma_{0,2}$, δ , H_b			
			σ	$\sigma_{0,2}$	δ	H_b
Штамповки	закаленные и искусственно состаренные	ГО 299-53 ¹⁾	46	35	10 ²⁾	120
Поковки	То же	То же	44	—	8 ¹⁾	120
Прутки прессованные диаметром до 25 мм	без термической обработки ²⁾	ГОСТ 4784-49	45 ³⁾	—	10 ²⁾	— (1=50)
Прутки прессованные диаметром 25—160 мм	То же	То же	46 ³⁾	—	10 ²⁾	— (1=50)
Прутки прессованные диаметром более 160 мм	То же	То же	44 ³⁾	—	8 ¹⁾	—

Дуралюмин повышенной прочности (ковочный) АК8

Примечания: 1. При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокна образец стандартных размеров испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

2. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

3. Прутки всех диаметров поставляются только в термически необработанном состоянии. Механические свойства определяются на вырезанных из прутков образцах после закалки и искусственного старения.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				H_b
	$\sigma_{0,2}$	σ_s	δ_5	ψ	
Закаленный и искусственно состаренный	38	49	12	25	135

2. Механические свойства отдельных полуфабрикатов (вдоль и поперек волокна) * [1].

Таблица 4

Вид полуфабриката	Состояние материала	σ_s		δ_5	
		по длине	по ширине	по длине	по ширине
Прутки диаметром 180 мм	закаленные и искусственно состаренные	44-46	40-41	8-9	1,6-2,8
Прутки диаметром 160 мм	то же	44-50	32-38	8	0,4-0,8
Прутки диаметром 40 мм	.	51-52	—	10	—
Прутки диаметром 16 мм	.	55-56	—	10-12	—

* Нижний предел характеризует механические свойства сердцевин прутков

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				Срез	
	$\sigma_{0.2}$	σ_s	σ_{10}	σ	τ_{cp}	H_s
Закаленный и естественно состаренный (Д18Т)	17	30	24	50	20—21	70
Отжженный (Д18М)	6	16	24	—	—	38

2. Механические свойства при высоких температурах [2].

Таблица 4

Свойства	Температура, °С					
	20	100	200	260	315	370
σ_s	30	21	12	5,5	3	2
σ_{10}	17	15	9	4	2	1,5
σ	27	20	30	45	70	90

Примечание. Время выдержки при температуре испытания определяется при достижении устойчивых свойств.

3 Модуль нормальной упругости $E = 7100 \text{ кг/мм}^2$ [1].

4 Модуль сдвига $G = 2700 \text{ кг/мм}^2$ [1].

5 Коэффициент Пуассона $\mu = 0,31$ [1].

6 Физические свойства [2].

а) Коэффициент линейного расширения:

Интервал температур, °С	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^6$	22,0	23,4	24,5

б) Удельный вес: $\gamma = 2,75 \text{ г/см}^3$

72

Дуралюми повышенной пластичности

Д18П

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях мало устойчив.

В конструкцию заклепки следует ставить только анодированными по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окрашенными грунтом АЛГ-1.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность достаточная для клепки заклепок в закаленном и естественно состаренном состоянии.

2. Обрабатываемость резанием Д18Т удовлетворительная, Д18М — пониженная.

3. Термическая обработка. Закалка производится с температуры 490—505°C в воде; естественное старение — не менее 4 суток. Отжиг производится при 340—370°C, охлаждение на воздухе.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления заклепок для клепки конструкций из алюминиевых сплавов.

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М., Оборонгиз, 1950.

2. «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. IV. М., Машгиз, 1947.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 13

Толщина, мм	Ме- се 1	Листы					
		1,1- 2,0	2,1- 3,0	3,1- 7,5	7,6- 12,5	12,6- 17,5	17,6- 25
Время выдержки, мин	10	15	20	25	32	35	42

Свариваемость. Сплав хорошо сваривается точечной сваркой и неудовлетворительно — методами сварки плавлением в виду большой склонности к трещинообразованию.

Точечную сварку сплава рекомендуется проводить на «жестких» режимах.

При точечной сварке материала толщиной 2 мм и больше рекомендуется применять ковочное давление.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления основных силовых элементов конструкции (за исключением объемных штамповок), заклепок.

Заклепки ставятся в конструкцию в свежезакаленном состоянии (не позднее 20 мин после закалки).

ИСТОЧНИКИ

- 1) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1960.
- 2) Данные НИИ П. № 989.
- 3) Ф. И. Кислюк. Электрическая контактная сварка. 1960.
- 4) «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. М., Машгиз, 1964.

ДУРАЛИУМИН ПОВЫШЕННОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ Д18П

Основное назначение: изготовление проволоки для заклепок.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %				Примеси, %, не более				
	Cu	Mg	Al	Mn	Fe	Si	Zn	прочие примеси	сумма всех примесей
Д18П	2,2-3,0	0,2-0,5	ОСТАВНОЕ	0,2	0,5	0,5	0,1	0,1	1,4

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	Температура, °С
Проволока для заклепок	Закаленная и естественно состаренная (Д18Т)	АМТУ 332-53	19*

* Величина сопротивления срезу является также расчетной для заклепок.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

6. Физические свойства [4]

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$

Таблица 9

Состояние материала	λ
Заваленный и естественно состаренный	0,28
Отожженный	0,45

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 10

Интервал температур, °С	α , 10^{-6}		
	20—100	20—200	20—300
Заваленный и естественно состаренный	22,0	23,4	24,8

в) Электропроводность K (относительная к электропроводности меди)

Таблица 11

Состояние материала	K
Заваленный и естественно состаренный	30
Отожженный	50

- г) Удельный вес $\gamma = 2,80 \text{ г/см}^3$
 7. Коррозионная стойкость
 а) Плакированные листы
 В атмосферных условиях обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью.
 Для повышения коррозионной стойкости применяется анодирование по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) или окраска по грунту АЛП-1.
 В отапливаемом складе плакированный материал может храниться без покрытия.

Дуралюмин повышенной прочности

Д16

Места с удаленной плакировкой (кромки, раззенковки точечной сварки и т. д.) должны подвергаться специальной защите.

б) Прессованный материал.

В атмосферных условиях умеренно устойчив, без анодирования или окраски не применяется.

Анодирование производится по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54), окраска по грунту АЛП-1.

Листы и прессованный материал подвержены анодированию и окислению ввиду особой хрупкости анодированной оксидной пленки. При нагреве выше 100°С материал склонен к межкристаллитной коррозии. В заливочном естественно состаренном состоянии склонностью к межкристаллитной коррозии не обладает.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном и свежезакаленном состояниях сплава средняя.

2. Обрабатываемость резанием сплавов Д16Т и Д16ТН удовлетворительная, Д16М — пониженная.

3. Термическая обработка. Закалка производится в воде с температуры 495—503°С; естественное старение не менее 4 суток.

Отжиг сплавов Д16Т и Д16ТВ производится при температуре 350—370°С, охлаждение на воздухе.

Отжигу сплава Д16ТН должен предшествовать нагрев при температуре 450—500°С, режим отжига тот же, что и для сплавов Д16Т и Д16ТВ.

Режимы выдержки под закалку в соляной ванне для различных полуфабрикатов даны в табл. 12 и 13 [2].

Таблица 12

Профиль	Толщина полки, мм					>25
	10-3	3,1-4,0	4,1-10	10,1-25,0		
Время выдержки, мин	20	25	30	45	60	

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 4 (продолжение)

Состояние материала	Механические свойства	Температура, °C					
		+200	+250	+300	+350	+400	+450
Закаленный и естественно состаренный	$\sigma_{0.2}$	36,0	30,4	19,6	10,0	6,9	2,8
	$\sigma_{0.1}$	24,3	22,4	18,8	8,9	6,5	2,8
	δ_{10}	21,0	8,1	6,2	8,8	11,5	18,3
Отожженный	$\sigma_{0.2}$	18,9	—	5,1	—	2,5	—
	$\sigma_{0.1}$	8,9	—	4,7	—	2,3	—
	δ_{10}	17,6	—	53,9	—	73,0	—

Примечание 1 Испытания проводились на сплаве состава: $\text{Cu}=4,24$, $\text{Mg}=1,71$, $\text{Mn}=0,82$, $\text{Si}=0,17$, $\text{Fe}=0,26$, $\text{Zn}=0,04$. Алюминистый.

2 Образцы размером $10 \times 11 \times 4$ — 70 мм вырезались из листа толщиной 2 мм.

3 Модуль нормальной упругости $E \cdot 10^3$, кг/мм² [2].

Таблица 5

Состояние материала	Температура, °C					
	-193	-100	-50	-20	+200	+300
Закаленный и естественно состаренный	8,19	7,75	7,4	7,28	6,52	6,49
Отожженный	7,84	7,245	7,27	6,915	6,58	6,27

Дуралюмин повышенной прочности

Д16

4. Модуль сдвига $G \cdot 10^{-3}$, кг/мм² [2].

Таблица 6

Состояние материала	Температура, °C				
	+20	+100	+150	+200	+250
Закаленный и естественно состаренный	2,84	—	—	2,58	2,39
Отожженный	2,81	2,73	2,66	2,56	2,44

5. Механические свойства сварных соединений.

а) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез для материала Д16АТ [3].

Таблица 7

Толщина более тонкой детали в соединении, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	30	100*	230*	450	600	800

* Данные из источника [3].

б) Прочность сварных точек при повышенных и пониженных температурах для материала Д16АТ толщиной $1,5 + 1,5$ мм [2].

Таблица 8

Температура испытания, °C	-194	-100	-50	+20	+200	+300	+400
Прочность на отрыв, кг							
мин.-макс.	83-108	94-208	148-191	110-150	160-184	110-136	62-76
средн.	95	152	163	138	172	115	71
Прочность на срез, кг							
мин.-макс.	310-464	318-570	364-482	282-390	304-397	194-270	88-140
средн.	394	439	383	340	351	236	119

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее				
			σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}	H_b	ζ_{CP}
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные диаметром более 50 мм и толщиной стенок всех размеров	закаленные и естественно состаренные (Д16Т)	ГОСТ 4773-49	43	29	10	—	—
	то же	то же	43	29	10	—	—
Трубы холоднокатаные для холоднокатаных фасонных всех размеров	то же	то же	43	29	10	—	—
Проволока для запяток	—	АМТД	—	—	—	—	—

Примечание: Испытания на растяжение и сжатие проводятся на образцах стандартной формы, прошедших механическую обработку. Испытания на ударную вязкость проводятся на образцах стандартной формы.

$\sigma_s > 43$

$\sigma_{0,2} > 29$

2 Механические свойства определяются на образцах, выработанных из заготовки после извлечения из ванны закалки на воздухе.

$\sigma_s > 43$

3 Пласти поставаются в закаленном состоянии. Механические свойства определяются на образцах, выработанных из закаленного сплава после закалки и отжига.

4 Прутки прессованные могут поставаться в закаленном и состаренном или в термически необработанном состоянии. В последнем случае механические свойства определяются на выработанных из прутков образцах после закалки и отжига.

5 Расчетное сопротивление сплавов для закалок 25 кг/мм²

Дуралюмин повышенной прочности

Д16

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	Растяжение				a_k	H_b
		σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}	ψ		
Паякнорезные листы	Закаленные и естественно состаренные	42	28	18	30	—	105
	Отожженные	18	10	18	—	—	42
Остаточные полуфабрикаты*	Закаленные и естественно состаренные	46	30	17	30	3,0	105
	Отожженные	21	11	18	55	—	42

* Типичные свойства не относятся к тяжелым сечениям.

2. Механические свойства сплава при повышенных и низких температурах [2].

Таблица 4

Состояние материала	Механические свойства	Температура, °C						
		-193	-100	-74	-50	+20	+100	+150
Закаленный и естественно состаренный	σ_s	56,4	—	46,7	46,3	45,5	42,5	37,7
	$\sigma_{0,2}$	37,0	—	30,1	29,5	30,4	26,7	26,2
	δ_{10}	22,8	—	21,3	22,1	19,0	21,3	22,6
Отожженный	σ_s	31,2	23,1	—	22,0	22,0	21,3	—
	$\sigma_{0,2}$	13,8	10,6	—	19,9	10,6	10,6	—
	δ_{10}	30,9	21,3	—	20,8	19,7	16,6	—

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее				
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_{10}	H_s	τ_{cp}
Листы неокрашенные толщиной 0,8—1,5 мм	закаленные и нагартованные при холодной прокатке (Д16АВТН, Д16АВТНС)	251AMTY-48	48,5	36,5	11	—	—
Листы окрашенные толщиной 0,8—1,5 мм	То же	То же	48,5	36,5	10	—	—
Листы неокрашенные толщиной 1,5—3 мм	То же	То же	48,5	36,5	9	—	—
Листы неокрашенные толщиной 3—6 мм	без термической обработки (Д16А)	AMTY-47-55	43,9	28,9	7,9	—	—
Листы неокрашенные толщиной 6—12 мм	То же	То же	42,9	28,9	6,9	—	—
Листы неокрашенные толщиной 12—20 мм	То же	То же	41,9	27,9	5,9	—	—
Листы неокрашенные толщиной 20—5 мм	То же	25SAMTY-45	40	30	10	—	—
Профили прессованные толщиной 8—12 мм	То же	То же	42	30	10	—	—
Профили прессованные толщиной 12—20 мм	То же	То же	43	31	11	—	—
Профили прессованные толщиной 20—30 мм	То же	То же	45	32	12	—	—
Профили прессованные толщиной более 30 мм	То же	То же	49	36	12	—	—

Дуралюмин повышенной прочности

Д16

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее				
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_{10}	H_s	τ_{cp}
Профили прессованные с толщиной полки всех размеров	отожженные (Д16М)	258AMTY-55	не более 25	—	12	—	—
Прутки прессованные толщиной до 22 мм	закаленные и естественно состаренные (Д16Т)	ГОСТ 4783-49	40	26	12	—	—
Прутки прессованные толщиной от 23 до 160 мм	То же	то же	43	28	10	—	—
Прутки прессованные толщиной более 160 мм	То же	То же	42	26	8	—	—
Трубы прессованные толстостенные диаметром до 120 мм	То же	259AMTY-46	40	26	12	—	—
Трубы прессованные толстостенные диаметром более 120 мм	То же	то же	43	28	10	—	—
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные всех размеров	отожженные (Д16М)	ГОСТ 4773-49	не более 25	—	10	—	—
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные диаметром до 22 мм и толщиной стенки до 1 мм	закаленные и естественно состаренные (Д16Т)	то же	42	26	13	—	—
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные диаметром до 22 мм и толщиной стенки 1,5—2 мм	То же	То же	42	26	14	—	—
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные диаметром 22—50 мм и толщиной стенки всех размеров	То же	То же	43	29	12	—	—

Д16

ПРОЦЕДУРА ПРОЧНОСТИ Д16

... элементов кон...

... 13м

... химический

Основные компоненты

С	Мг	Дм
3,8	4,9	1,2-1,8

2. Механические свойства

Таблица 1

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Прочность	Вс	Вс	Вс	Вс
Листы лакированные толщиной 0,3-2,5 мм	отожженные (Д16АМ)	ГОСТ 4977-52	не более	10	—	—
Листы лакированные толщиной 2,6-6 мм	То же	То же	не более	10	—	—
Листы нелакированные толщиной 0,3-1,5 мм	То же	То же	не более	24	—	—

Д16

(должение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Вс	Вс	Вс	Вс
Листы лакированные толщиной 0,3-2,5 мм	заказанные и естественно состаренные (Д16АМ) Д16АТ	—	—	—	—
Листы лакированные толщиной 2,6-6 мм	То же	—	—	—	—
Листы нелакированные толщиной 0,3-1,5 мм	заготовленные и естественно состаренные (Д16АВ) Д16АТ	10	—	—	—
Листы нелакированные толщиной 1,6-6 мм	То же	8	—	—	—
Листы нелакированные толщиной 0,3-1,5 мм	заказанные и естественно состаренные (Д16АВ) Д16АТ	12	—	—	—
Листы нелакированные толщиной 1,6-6 мм	То же	11	—	—	—
Листы нелакированные толщиной 0,3-1,5 мм	заказанные и естественно состаренные (Д16АВ) Д16АТ	14	29,5	—	—
Листы нелакированные толщиной 1,6-6 мм	То же	45	29,5	13	—
Листы нелакированные толщиной 0,3-1,5 мм	То же	45	29,5	12	—

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 9

Интервал температур, °С	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	22,0	23,4	24,8

в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди)

Таблица 10

Сплав	K
Д1	30
Д1М	45

в атмосферных условиях умеренного климата. Для конструкций Д1П-1 не применяется ГОСТ 750-56 (в соответствии с ГОСТ 750-56).

Сплавы имеют, но при этом они являются чистыми.

1. Пластичность в горячем состоянии.
2. Обрабатываемость давлением.
3. Температура обработки.
4. Термическая обработка: 490-510°C в воде и естественном охлаждении не менее 4 суток. Отжиг производят при 370°C, охлаждение на воздухе.

Дуралюмин

Д1

5. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается точечной сваркой и неудовлетворительно методами сварки плавлением, ввиду большой склонности сплава к трещинообразованию.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Силовые элементы конструкции средней прочности и заклепки. Заклепки ставятся в конструкцию свежезакаленными, не позднее 2 часов после закалки.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М., Оборонгиз, 1950.
- [2] Данные НИИ. П/я 989.
- [3] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. М., Башгиз, 1947.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

² Прутки прессованные могут поставляться в закаленном и состаренном или в термически необработанном состоянии. В последнем случае механические свойства определяются на вырезанных из прутков образцах после закалки и старения.

³ При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокон образцы стандартных размеров испытание проводится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

⁴ Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

⁵ Расчетное сопротивление срезу для заклепок — 22 кг/мм².

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				Срез		σ_s	H_v
	σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ_5	ψ	σ_{cp}	σ_k		
Закаленный и естественно состаренный	42	24	15	30	27	3	113	
Отожженный	21	11	18	—	—	—	45	

2. Механические свойства при низких и высоких температурах [2].

Таблица 4

Механические свойства	Температура испытания, °C											
	-193	-74	-50	0	+20	+100	+150	-200	+250	+300	+350	+400
σ_b	55,4	46,7	45,9	44,0	41,1	36,9	33,7	25,0	15,6	10,0	4,0	
$\sigma_{0.2}$	36,3	32,3	31,2	30,4	31,0	29,6	27,0	24,5	22,7	14,5	9,1	3,4
δ_5	32,5	24,8	24,7	23,6	22,9	23,9	25,2	22,6	16,3	19,6	27,6	42,6

Примечания 1 Испытания проводились на сплаве состава, %
Cu = 4,26, Mn = 0,60, Mg = 0,62, Si = 0,45, Fe = 0,65, Zn = 0,07.
Al — остальное.

2 Испытания проводились на материале в закаленном и естественно состаренном состоянии.

3 Образцы размером $d = 15$ мм и $l = 50$ мм вырезались из листа толщиной 2,5 мм в продольном направлении.

Дуралюмин

Д1

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	E
Закаленный и естественно состаренный	7100
Отожженный	7100

4. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 6

Состояние материала	G
Закаленный и естественно состаренный	2700
Отожженный	2700

5. Коэффициент Пуассона μ [1].

Таблица 7

Состояние материала	μ
Закаленный и естественно состаренный	0,31
Отожженный	0,31

6. Физические свойства [2].

а) Теплопроводность¹, $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$

Таблица 8

Состояние материала	λ
Закаленный и естественно состаренный	0,28
Отожженный	0,41

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее			
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_{10}	$H_{0.2}$
Плиты горячекатаные толщиной 11-25 мм	без термической обработки ¹⁾	AMTY347-55	38)	22)	11)	—
Плиты горячекатаные толщиной 26-40 мм	То же	То же	37)	21)	10)	—
Плиты горячекатаные толщиной 41-80 мм	"	"	37)	21)	8)	—
Профили прессованные с толщиной поля до 10 мм	закаленные до естественного состояния (ДПТ)	258AMTY-55	36	22	12	—
Профили прессованные с толщиной поля 10,1-20 мм	То же	То же	35	23	12	—
Профили прессованные с толщиной поля более 20 мм	"	"	41	25	10	—
Профили прессованные с толщиной поля всех размеров	отожженные (ДПТ)	"	не более 25	—	12	—
Трубы прессованные диаметром до 160 мм	закаленные до естественного состояния (ДПТ)	ГОСТ4783-49	38	22	12	—
Трубы прессованные диаметром более 160 мм	закаленные до естественного состояния (ДПТ)	ГОСТ4783-49	38	20	10	—
Трубы холоднокатаные всех размеров	отожженные (ДПТ)	ГОСТ4773-49	не более 25	—	10	—
Трубы холоднокатаные диаметром до 22 мм и с толщиной стенок до 1 мм	закаленные до естественного состояния (ДПТ)	То же	38	20	13	—
Трубы холоднокатаные диаметром до 22 мм и с толщиной стенок до 1,5-3 мм	То же	"	38	20	14	—

Дуралюмин

Д1

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее			
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_{10}	$H_{0.2}$
Трубы холоднокатаные диаметром 22-50 мм и с толщиной стенок до 1 мм	закаленные до естественного состояния (ДПТ)	ГОСТ 4773-49	40	23	12	—
Трубы холоднокатаные диаметром до 22 мм и с толщиной стенок до 1,5-3 мм	То же	"	40	23	13	—
Трубы холоднокатаные диаметром до 30 мм и с толщиной стенок до 1 мм	"	"	40	23	11	—
Трубы холоднокатаные фасонные, всех размеров	"	"	40	23	12	—
Трубы прессованные толстостенные диаметром до 120 мм	"	259AMTY-48	36	20	12	—
Трубы прессованные толстостенные диаметром более 120 мм	"	То же	38	22	10	—
Штамповки	"	HO299-55 ²⁾	38	20	12)	95
Покровки	"	HO299-55 ²⁾	36	—	10)	95
Проволока для заклепок ³⁾	"	AMTY332-53	—	—	—	24)

¹⁾ Механические свойства отожженных листов после их закалки, а также закаленных листов, прошедших перезакалку на заводе-потребителе, должны быть следующими: $\sigma_s \geq 36$; $\sigma_{0.2} \geq 20$; $\delta_{10} \geq 15$ (для толщины до 2,5 мм); $\sigma_s \geq 36$; $\sigma_{0.2} \geq 20$; $\delta_{10} \geq 15$ (для толщины 2,6-10 мм).

²⁾ Плиты поставляются в горячекатаном состоянии. Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из поверхностных слоев плит после закалки в старении.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Примечания: 1. Перенос поковок (штамповок) из солтровой ванны в водную должен производиться быстро (время переноса должно быть не более 40 сек). В случае задержки более указанного времени поковки (штамповки) перекалываются.
2. При закалке с температуры ниже 518°C поковки (штамповки) перекалываются.

б) Режим старения.

Таблица 8

Температура старения, °C	Время выдержки, ч	Охлаждение
155-160	10	На воздухе

Примечания: 1. Время выдержки отсчитывается с момента достижения в поковках (штамповках) указанной температуры.
2. Поковки (штамповки), нагретые выше 160°C, подлежат повторной закалке.
3. В случае перерыва в процессе старения режим старения повторяется полностью.
5. Свариваемость. Сплав неудовлетворительно сваривается методами сварки плавлением и для сварных конструкций не применяется.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления штампованных и кованных деталей сложной формы и средней прочности, работающих при нормальных температурах.

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1960.
2. Данные НИИ. П/л 980.
3. Инструкция по ковке, штамповке, термобработке деталей из алюминиевых сплавов. П/л 776, 1963.

ДУРАЛЮМИН Д1

Основное назначение: изготовление силовых элементов конструкции и заклепок.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %				Примеси, %, не более						
	Cu	Mg	Mn	Al	Fe	Ni	Fe+Ni	Si	Zn	прочие примеси	суммарно
Д1	3,8-4,8	0,4-0,8	0,4-0,8	остальное	0,7	0,1	0,7	0,7	0,8	0,1	1,5

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее			
			σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}	H_{10}
Листы лакированные ¹⁾ толщиной 0,3-3 мм	отожженные (Д1АМ)	ГОСТ 4977-52	не более 23	-	12	-
	То же	То же	не более 24	-	12	-
Листы лакированные ¹⁾ толщиной 3,1-10 мм	закаленные и естественно состаренные (Д1АТ)	.	37	19	15	-
			38	20	15	-
Листы лакированные ¹⁾ толщиной 2,6-10 мм	То же	.	38	20	15	-

2 Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.
3 Прутки всех диаметров поставляются только в термически необработанном состоянии. Механические свойства определяются на вырезанных из прутков образцах после закалки и искусственного старения.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение			
	$\sigma_{0,2}$	σ_s	σ_{10}	H_s
Закаленный и искусственно состаренный	30	42	13	105

2. Механические свойства отдельных полуфабрикатов (вдоль и поперек волокна) [1].

Таблица 4

Вид полуфабриката	Состояние материала	$\sigma_{0,2}$				σ_s			
		по длине		по ширине		по длине		по ширине	
Штамповки	Закаленные и искусственно состаренные	30	32,28	30	40	42,38	40	38	40
Поковки	То же	28	30	≥28	38	40,36	38	—	—
Прутки всех диаметров	"	—	—	—	45	—	—	—	—

3. Механические свойства при низких и повышенных температурах [2].

Таблица 5

Механические свойства	Температура испытания, °С						
	-193	-50	+20	+100	+250	+350	+400
σ_s	61,3	49,7	48,7	42,6	26,9	13,0	5,1
$\sigma_{0,2}$	49,8	39,3	40,2	36,8	25,6	12,8	4,9
δ_5	18,4	17,1	16,2	22,1	13,9	20,2	28,2

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава, %: Си=1,93; Мп=0,44; Mg=0,74; Si=0,94; Fe=0,36; Zn=0,06; Al=остальное.

2. Испытания проводились на материале в закаленном и искусственно состаренном состоянии.

3. Образцы размером: $d=7$ мм, $l_0=35$ мм вырезались из прутка диаметром 70 мм.

4. Модуль нормальной упругости $E = 7100$ кг/мм² [1].

5. Модуль сдвига $G = 2700$ кг/мм² [1].

6. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,31$ [1].

7. Физическое сплывание [1]. Удельный вес $\gamma = 2,75$ г/см³.

8. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях умеренно устойчив. Без анодирования (по РМО 750-56 и НО 288-54) и окраски грунтом АЛГ-1 не применяется.

В искусственно состаренном состоянии обладает незначительной склонностью к межкристаллитной коррозии.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в горячем состоянии высокая.

2. Обрабатываемость резанием хорошая.

3. Режим нагрева перед ковкой-штамповкой [3].

Таблица 6

Температура нагрева перед ковкой, °С	Время выдержки, мин						Температура конца выдержки, °С
	Диаметр прессованной заготовки, мм			Диаметр литой заготовки, мм			
	до 50	50-100	100-150	150-180	180-220	260-350	
440-480	15-20	20-30	30-45	45-60	60-90	180-240	240-300

4. Термическая обработка поковок (штамповок) [3].

а) Режим закалки.

Таблица 7

Наибольшая толщина поковки (штамповки), мм	Температура скелетри перед загрузкой, °С	Температура скелетри перед выгрузкой (допустимая температура закалки), °С	Температура выдержки, °С	Время выдержки, мин
До 25	511-514	513-515	15-25	75
26-50	511-514	513-515	15-25	90
51-100	511-514	513-515	15-25	120
101-150	511-514	513-515	15-25	180

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

Примечания: 1. Перенос поковок (штамповок) из селективной ванны в водную должен производиться быстро (время переноса должно быть не более 40 сек). В случае задержки более указанного времени поковки (штамповки) перекаливаются.
2. При закалке с температуры ниже 518°С поковки (штамповки) перекаливаются.

б) Режим старения поковок (штамповок) [2].

Таблица 13

Температура старения	Время выдержки, час	Охлаждение
155—160	10	воздух

Примечания: 1. Время выдержки отсчитывается с момента достижения в поковках (штамповках) указанной температуры.

2. Поковки (штамповки), нагретые выше температуры 160°С, подлежат повторной закалке.

3. В случае перерыва в процессе старения режим старения повторяется полностью.

4. Термическая обработка других полуфабрикатов.

Закалка с температуры 515—525°С в воде и естественное старение (АВТ) или искусственное старение (АВТ1) при температуре 145—155°С в течение 6—8 часов.

Отжиг при температуре 350—370°С, охлаждение на воздухе.

5. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается точечной сваркой и неудовлетворительно — методами сварки плавлением ввиду большой склонности сплава к трещинообразованию.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей с глубокой вытяжкой, штампованных и кованых деталей сложной формы, трубопроводов.

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструктивные материалы Т. I. М. Оборонгиз, 1960.

2. Инструкция по ковке, штамповке и термической обработке деталей из алюминиевых сплавов. П. 4. 1963.

3. Данные НИИ П. 4. 989.

АВИАЛЬ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ (КОВОЧНЫЙ) АК6

Основное назначение: изготовление штампованных и кованых деталей сложной формы и средней прочности.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ и ГОСТам

1. Химический состав (по ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, % не более				
	Cu	Mg	Mn	Si	Al	Fe	Ni	Zn	Среднее значение	Максимальное
АК6	1,8—2,6	0,4—0,8	0,4—0,8	0,7—1,2	остальное	0,7	0,1	0,7	0,3	0,1

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее		
			σ _т	σ _{0,2}	δ ₅
Штамповки	Закаленные и искусственно состаренные	НО 299-55(1)	38	28	10 ³
Поковки	То же	То же	36	—	6 ³
Прутки прессованные всех разработок ³⁾	Без термической обработки	ГОСТ 4783-49	36 ³⁾	—	12 ³⁾ (1—5d)

Примечания: 1. При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокон образцы стандартных размеров испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

Деформируемые алюминиевые сплавы

6. Физические свойства [1].

а) Теплопроводность $\lambda, \frac{\text{кал}}{\text{см. сек. град}}$

Таблица 8

Состояние материала	λ
Закаленный и искусственно состаренный	0,41
Закаленный и естественно состаренный	0,41
Отожженный	0,50

б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 9

Интервал температур, °С	Температура, °С		
	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	23,5	24,5	25,5

в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди).

Таблица 10

Состояние материала	K
Закаленный и естественно состаренный	45
Закаленный и искусственно состаренный	45
Отожженный	55

г) Удельный вес $\gamma = 2,69 \text{ г/см}^3$

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях в закаленном и естественно состаренном состоянии сплав устойчив. В искусственно состаренном состоянии сплав обладает склонностью к межкристаллитной коррозии. Эта склонность тем выше, чем больше примеси меди в сплаве. Удовлетвори-

Авиаль

АВ

тельной коррозионной стойкостью в искусственно состаренном состоянии обладает сплав, содержащий не более 0,1% меди. Сплав поддается анодированию* по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и может окрашиваться по грунту АЛГ-1. В отапливаемом складе может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии (АВМ) высокая, после закалки и естественного старения (АВТ) — средняя; после закалки и искусственного старения (АВТ1) — низкая.
2. Обрабатываемость резанием АВМ неудовлетворительная; АВТ и АВТ1 — удовлетворительная.
3. Температура нагрева перед ковкой-штамповкой [2].

Таблица 11

Температура нагрева перед ковкой, °С	Время выдержки, мин, для заготовок диаметром							Температура концаковки, °С
	до 50	50-100	100-150	150-180	180-220	220-260	260-350	
420-490	15-20	20-30	30-45	45-60	60-90	180-240	240-300	380

4. Термическая обработка.

а) Режим закалки поковок (штамповок) [2].

Таблица 12

Наибольшая толщина поковки, мм	Температура перед закалкой, °С	Температура перед выгрузкой (допустимая температура закалки), °С	Температура воды, °С	Время выдержки, мин
				75
До 25	517-520	518-520	15-25	75
26-50	То же	То же	То же	90
51-100	•	•	•	120
101-150	•	•	•	150

* Сплав может подвергаться глубокому анодированию по РМО 750-56 в соответствии с НО 271-54 для повышения износостойкости деталей.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				H_b
	$R_{0,2}$	R_p	R_{10}	σ	
Закаленный и искусственно состаренный (АВТ1)	28	33	16	20	95
Закаленный и естественно состаренный (АВТ)	12	22	22	50	65
Отожженный (АВМ)	—	12	30	65	30

2. Механические свойства сплава АВТ1 при высоких и низких температурах [3].

Таблица 4

Температура, °С	-193	-100	-74	-50	0	+20	+100
$R_{0,2}$	27,8	23,9	23,8	23,4	21,5	22,4	21,4
R_p	40,2	35,3	34,1	33,5	31,5	31,0	27,9
R_{10}	30,9	25,8	25,2	24,0	25,1	24,5	24,7
σ	35,9	39,6	38,6	40,3	46,3	50,3	52,1
Δ	4,1	4,6	4,6	4,4	3,8	4,6	3,4

Таблица 4 (продолжение)

Температура, °С	+150	+200	+250	+300	+350	+400
$R_{0,2}$	20,8	20,0	22,1	15,7	9,7	7,9
R_p	25,6	23,7	23,2	10,2	9,9	8,3
R_{10}	21,9	17,2	12,6	9,1	10,9	13,3
σ	53,3	51,4	47,1	52,8	65,8	76,4
Δ	2,9	3,3	2,6	4,0	7,1	8,4

Примечание: Испытания производились на сплаве состава: Mg = 0,79, Si = 0,79, Cu = 0,40, Mn = 0,29, Fe = 0,55, Zn = 0,21, Al = остальное.
2. Образцы размером $d = 9,0$ мм, $l = 55$ мм вырезались из прутка диаметром 20 мм.

Авиаль

АВ

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	E
Закаленный и искусственно состаренный	7100
Закаленный и естественно состаренный	7100
Отожженный	7100

4. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 6

Состояние материала	G
Закаленный и искусственно состаренный	2700
Закаленный и естественно состаренный	2700
Отожженный	2700

5. Коэффициент Пуассона μ [1].

Таблица 7

Состояние материала	μ
Закаленный и искусственно состаренный	0,31
Закаленный и естественно состаренный	0,31
Отожженный	0,31

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ _{0.2} / σ _{0.2} / H _{0.2}	
			не менее	
Листы толщиной свыше 3 до 5 мм	закаленные и естественно состаренные (АВАТ)	1252 АМ ТУ-48	209	18
Листы толщиной свыше 5 до 10 мм	"	То же	189	16
Листы толщиной 0,3—5 мм	закаленные и искусственно состаренные (АВАТ)	"	309	10
Листы толщиной свыше 5 до 10 мм	То же	"	309	8
Штамповки	закаленные и искусственно состаренные (АВТ)	НО 299 (59)	30	22 12*
Поковки	То же	То же	28	10*
Трубы всех размеров	отожженные (АВМ)	ГОСТ 4773- не более 49	17	17
Трубы всех размеров	закаленные и естественно состаренные (АВТ)	То же	219	14
Трубы всех размеров	закаленные и искусственно состаренные (АВТ)	"	319	8
Прутки всех размеров	термически обработанные (АВ)	ГОСТ 4783-49	309	12* (1-5d)
Профили всех размеров	закаленные и естественно состаренные (АВТ)	258 АМТЗ-55	18	14
Профили всех размеров	закаленные и искусственно состаренные (АВТ)	То же	30	23 10
Плиты горячекатаные толщиной 11—25 мм	То же	АМТУ 347-55	30	7*
Плиты горячекатаные толщиной 26—40 мм	"	То же	299	6*

Авиаль

АВ

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ _{0.2} / σ _{0.2} / H _{0.2}		
			не менее		
Плиты горячекатаные толщиной 41—80 мм	закаленные и искусственно состаренные (АВТ)	АМТУ 347-5	28*	—	6*
Плиты горячекатаные толщиной 11—25 мм	закаленные и естественно состаренные (АВТ)	"	18*	—	14*
Плиты горячекатаные толщиной 26—40 мм	То же	"	17*	—	12*
Плиты горячекатаные толщиной 41—80 мм	"	"	17*	—	10*

Примечания: 1. В случае содержания в сплаве меди до 0,2% предел прочности для листов в отожженном состоянии должен быть не более 14 кг/мм² и относительное удлинение не менее 20%.

2. В случае содержания в сплаве меди и цинка не более 0,1% каждого элемента, показатели предела прочности в закаленном состоянии снижаются на 2 кг/мм².

3. При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокон образцы стандартных размеров испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

4. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

5. Для закаленных труб при содержании меди и цинка не более 0,1% каждого элемента предел прочности может быть снижен, но не более чем на 3 кг/мм².

6. Прутки всех размеров поставляются только в термически необработанном состоянии. Механические свойства определяются на термически обработанных образцах (после закалки и искусственного старения).

7. Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из поверхностных слоев плиты в направлении поперек прокатки.

8. Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из средних слоев плиты в направлении поперек прокатки.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

2. Модуль нормальной упругости $E = 7000 \text{ кг/мм}^2$ [1].
3. Модуль сдвига $G = 2700 \text{ кг/мм}^2$ [1].
4. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,30$ [1].
5. Физические свойства [2].
- а) Теплопроводность $\lambda = 0,28 - 0,26 \frac{\text{ккал}}{\text{см. сек. град.}}$
- б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 3

Интервал температур, °С	20-100	20-200	20-300
а. 10*	23,9	24,8	25,9

- в) Электропроводность (в % к электропроводности меди) $K_{29} - 27\%$.
 - г) Удельный вес $\gamma = 2,65 \text{ кг/см}^3$.
 - б. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях удовлетворительно устойчив.
- Защелки анодируются по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окрашиваются по грунту АЛГ-1.
- В отпалаиваемом и неотпалаиваемом складе может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии высокая.
2. Обрабатываемость резанием пониженная.
3. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется. Защелки в конструкцию ставятся в отожженном состоянии; отжиг при температуре 340-410°С, охлаждение на воздухе.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления защелок, употребляемых для клепки конструкций из магниевых и алюминивно-магниевых сплавов

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Конструктивные материалы. Т. 1. Оборонгиз, М. 1950
- [2] «Машиностроитель». Энциклопедический справочник. Т. IV. М. Машигиз, 1947

АВИАЛЬ АВ

Основное назначение: изготовление штампованных и кованых деталей сложной формы.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, %, не более			
	Mg	Si	Cu	Mn или Cr	Al	Fe	Zn	про-сумма чие при-примесей	0,8
АВ	0,45-0,5-0,9	0,5-1,2	0,2-0,6	0,15-0,35	оста-тельное	0,5	0,2	0,1	0,8

Примечание. По требованию заказчика содержание меди и цинка может быть не более 0,1% каждого элемента. Для отдельных партий листов, по требованию заказчика, содержание меди может быть 0-0,5%, а марганца или хрома 0-0,2%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ _т кгс/см ²		δ ₅ %	δ ₁₀ %	H _к %
			в бо-лице(5)	в бо-лице(10)			
Листы толщиной 0,3-5 мм	отожженные (АВАМ)	252АМТУ-48	—	20	—	—	—
Листы толщиной 0,3-0,6 мм	закаленные и естественно состаренные (АВАТ)	То же	20*	—	18	—	—
Листы толщиной свыше 0,6 до 3 мм	То же	То же	20*	—	20	—	—

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии (АМгбТМ) удовлетворительная. В случае затруднений при отбортовке под сварку рекомендуется вести отбортовку с подсадкой или с подогревом.

2. Обрабатываемость резанием хорошая.

3. Ковка и штамповка. Температура ковки и штамповки 460—480° С. В случае затруднения при ковке необходимо подстуживать поверхность заготовок до температуры 400—420° и затем ковать с малыми обжатиями.

4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется.

Отжиг производится при температуре 300—425° С, охлаждение в воде или на воздухе.

5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой и удовлетворительно — точечной сваркой.

Рекомендуемая марка присадочного материала — АМгбТ (по СТУ 4-5-54).

Точечную сварку следует проводить на «жестких» режимах (рекомендуется применять импульсные машины).

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей, получаемых холодной штамповкой, сварных емкостей, силовых деталей, обшивки, деталей каркаса.

ИСТОЧНИКИ

1. Данные НИИ. П. 4. 888.

АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМгбП

Основное назначение: изготовление проволоки для заклепок, предназначенных для конструкций из алюминиево-магниевых и магниевых сплавов.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %			Примеси, %, не более					
	Mg	Mn	Al	Fe	Si	Fe+Si	Cu	ВРЕЩЕ ВРЕЩЕ СН	СУММА ВЕСК. ПРИМЕСИ
АМгбП	4,7—5,7	0,2—0,6	ос-таля-ное	0,4	0,4	0,6	0,2	0,1	1,1

2. Механические свойства (АМТУ 332-53). Сопротивление срезу проволоки должно быть не менее 16 кг/мм².

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 2

Состояние материала	Растяжение			Срез	
	σ _{0,2}	σ _s	σ ₁₀	τ _{ср}	N _{ср}
СТОЖАЕ-МЫЙ	15	27	23	19	70

1. Деформирование алюминиевые сплавы

4. Механические свойства в зависимости от степени холодной деформации. [1].

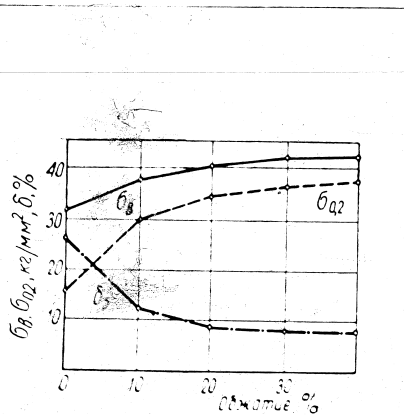


Рис. 4

Алюминиево-магнийевый сплав

AMгТ

5. Механические свойства сварных соединений листового материала толщиной 1—3 мм [1].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных соединений — 0,45 (при толщине листа 2,5 мм).

б) Предел прочности при низких и высоких температурах сварных соединений с усилением, сваренных методами плавления.

Таблица 6

Температура испытания, °С	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400
$\sigma_{с}$ миним.-макс.	43,7—45,4	44,4	33,8—35,6	34,5	32,0—35,1	34,2—35,9	35,5	29,8—32,5
средн.	44,4	34,5	34,5	31,6	31,6	18,2—20,5	19,4	7,7—9,3
$\sigma_{отр}$ миним.-макс.	2,3—4,1	3,3	2,3—4,1	2,3—4,1	2,3—4,1	2,3—4,1	2,3—4,1	2,3—4,1
средн.	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3

Примечание. Приведены результаты испытаний 8 образцов на каждую данную температуру.

в) Минимально допустимая прочность сварных точек для материала толщиной 2,5 мм составляет:

на срез $P_{ср} = 750$ кг;

на отрыв $P_{отр} = 280$ кг.

6. Физические свойства [1]:

а) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 7

Интервал температур, °С	20—200	20—300	20—400
$\alpha \cdot 10^6$	24,7	25,5	26,5

б) Электропроводность (в % к электропроводности меди) $K = 26\%$.

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив. Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окраске по грунту АЛГ-1.

В отапливаемом и неотапливаемом складе может храниться без покрытий.

АЛЮМИНЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМг6Т

Основное назначение: изготовление высоконагруженных сварных конструкций.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (по дополнению № 1 к ТУОП 39-56).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, %, не более			
	Mg	Mn	Ti	Al	Остальное	Cu	Fe	Zn	Si
АМг 6Т	5,8	2,0	0,1	0,10-0,07-0,2	Остальное	0,1	0,4	0,2	0,4

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	$\sigma_{0,2}$, $\sigma_{0,1}$, $\sigma_{0,01}$ кг/мм ²		
			$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,1}$	$\sigma_{0,01}$
Листы толщиной 0,5-4,5 мм	отожженные (АМг6ТМ)	ТУОП 39-56	32	16	15
Листы горячекатаные толщиной 5-10 мм	без термической обработки или отожженные (АМг6Т; к; АМг6Т М)	То же	32	16	15
Прутки и полосы всех размеров	горячекатаные или отожженные (АМг6Т; АМг6ТМ)	ТУОП 39-56	32	16	15
Профили всех размеров	То же	Н 100	32	16	15
Профили фасончатые	катаные (АМг6ТН)	СТУ 4-5-54	—	—	—

Примечания: 1. Механические свойства прутков диаметром более 20 мм и полос площадью сечения свыше площади круга диаметром 20 мм факультативны.
2. Механические свойства фасонки не определяются.

Алюминиево-магниевый сплав **АМг6Т**

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства при низких и высоких температурах [1].

Таблица 3

Свойства	Температура испытания, °С						
	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300 +400
$\sigma_{0,2}$	44,7	33,7	33,4	34,1	31,1	17,7	8,0 2,5
$\sigma_{0,1}$	20,7	18,9	18,6	17,6	16,8	13,7	7,7 2,3
$\sigma_{0,01}$	34,3	27,6	26,7	24,0	41,3	64,3	78,9 100,5

Примечание. Образцы размером $\phi = 15$ мм, $l = 50$ мм вырезались из листа толщиной 2,5 мм.

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 4

Температура испытания, °С	-180	-150	-100	-50	+20	+100	+200 +250
$E \cdot 10^{-4}$	8,16	8,00	7,85	7,58	7,20	7,12	6,58 6,15

Примечание. Образцы вырезались из прутка диаметром 90 мм.

3. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 5

Температура испытания, °С	-180	-150	-100	-50	+20	+100	+200 +250
$G \cdot 10^{-3}$	3,07	3,02	2,92	2,88	2,8	2,76	2,55 2,41

Примечание. Образцы вырезались из прутка диаметром 90 мм.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

д) Прочность сварных точек при низких и высоких температурах для материала толщиной 2 + 2 мм.

Таблица 9

Температура испытания, °С	-194	+20	+200	+300
Прочность на отрыв, кг (миним.-макс.) средн.	197-276 237	280-390 310	192-274 248	113-145 130
Прочность на срез, кг (миним.-макс.) средн.	814-950 871	658-808 747	600-860 718	253-357 302

6. Физические свойства.

а) Коэффициент линейного расширения α (данные для АМг5) [2].

Таблица 10

Интервал температур, °С	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	23,9	24,5	25,9

б) Электропроводность (в % к электропроводности меди) $\Lambda = 29-27\%$ (данные для АМг5) [2].

в) Удельный вес $\gamma = 2,65 \text{ г/см}^3$ [1].

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях сплав не устойчив. Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окраске по грунту АЛ-1. В отапливаемом и неотапливаемом складе может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии АМг5М. Удлинение при разрыве $\delta_5 = 10-12\%$. Обработка под давлением не вызывает деформации.

32

Алюминиево-магниевый сплав

АМг5В

2. Обрабатываемость резанием хорошая.
3. Температураковки-штамповки 480—500°С.
4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется. Отжиг при температуре 270—280°С с охлаждением на воздухе или в воде.
5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается точечной и шовной сваркой и удовлетворительно — газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой. Для жестких конструкций при сварке плавлением имеется опасность появления трещин, в этих случаях рекомендуется аргоно-дуговая сварка. Рекомендуемая марка присадочного материала — АМг5В (ГОСТ 7871-56).

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей, получаемых холодной штамповкой, сварных емкостей, силовых деталей, обшивок, деталей каркаса.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Данные НИИ П/л 989
- [2] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. М. Машгиз. 1947.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

3. Модуль Эдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 5

Температура испытания, °С	-170	-150	-120	-90	-60	-30	0	+20	+100	+200
$G \cdot 10^3$	2,97	2,94	2,91	2,87	2,83	2,79	2,75	2,72	2,63	2,50

Примечания: 1 Испытания проводились на сплаве состава: Mg = 4,80; V — в норме; Mn = 0,47; Cu = 0,05; Si = 0,21; Fe = 0,32; Zn = 0,03; Al — остальное.

2 Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

4. Механические свойства сплава в зависимости от степени холодной деформации [1].

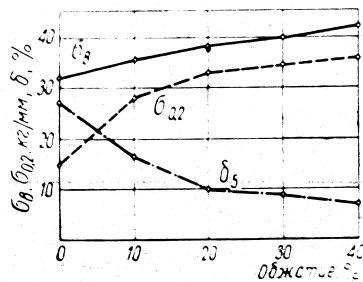


Рис. 3

Алюминиево-магниевый сплав

AMg5B

5. Механические свойства сварных соединений листового материала толщиной 1—3 мм [1].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных — 0,45 (при толщине листа 2,5 мм).

б) При низких и высоких температурах прочность сварных соединений с усилением, сваренных методами плавления.

Таблица 6

Температура, °С	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400
σ (миним.-макс. средн.)	38,2—40,2 39,0	29,0—29,4 29,3	28,0—28,9 28,5	29,5—29,7 29,6	27,5—28,6 28,2	17,4—19,5 18,1	8,6—8,8 8,7	3,4—3,7 3,6

Примечание. Приведены результаты испытаний 5 образцов на каждую данную температуру.

в) Минимально допустимая прочность сварных точек.

Таблица 7

Толщина более тонкой детали, мм	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	6—8	8—10	8—10	10—12
Прочность сварных точек на отрыв, кг	110	250	280	480
Прочность сварных точек на срез, кг	320	550	620	750

г) Прочность сварных точек при низких и высоких температурах для материала толщиной 1 + 1 мм.

Таблица 8

Температура испытания, °С	-194	+20	-200	+300
Прочность на отрыв, кг				
миним.-макс.	49—64	84—144	62—116	27,5—38
средн.	54	125	84	33
Прочность на срез, кг				
миним.-макс.	256—346	270—330	200—300	62—86
средн.	308	292	273	76

АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМг5В

Основное назначение: изготовление высоконагруженных сварных конструкций.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ТУ ОП 5-56)

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, %, не более			
	Mg	Mn	V	Al	Cu	Fe	Zn	Si	
АМг5В	4,8-5,2	0,3-0,5	0,02-0,05	остаточное	0,05	0,1	0,2	0,1	

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ _т , σ _{0,2} , σ ₁₀ , Н/мм ²		
			σ _т	σ _{0,2}	σ ₁₀
Листы толщиной 4-10 мм	отожженные (АМг5ВМ)	ТУ ОП 5-56	28	15	15
Листы толщиной 4-10 мм	термически упрочненные (АМг5ВЧК)	То же	28	13	15
Штампы термически упрочненные (АМг5ВМ)	отожженные (АМг5ВМ)	НТ-4	28	12	15
Профили термически упрочненные (АМг5ВМ)	отожженные (АМг5ВМ)	НТ-4	28	12	15
Листы полуфабриката	То же	НТ-4	28	15	15
Штампы и прокат	То же	НТ-4	28	12	15
Проволока диаметром 0,2-0,5 мм	термически упрочненная (АМг5В)	ГОСТ 50148	—	—	—

Алюминиево-магниевый сплав

АМг5В

- Примечания: 1. Предел прочности и предел текучести для горячекатаных листов факультативны.
 2. При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокна образцы стандартных размеров испытание проводится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.
 3. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.
 4. Механические свойства проволоки не определяются.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Механические свойства при низких и высоких температурах [1].

Таблица 3

Механические свойства	Температура испытания, °С							
	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400
σ _т	42,0	31,2	30,2	31,5	29,4	16,3	7,8	2,5
σ _{0,2}	16,9	14,9	14,2	15,1	13,7	11,9	7,4	2,3
σ ₁₀	41,6	35,0	30,9	27,3	42,3	62,7	106,7	98,9

- Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: Mg = 5,12; Mn = 0,5; V = в норме; Si = 0,24; Fe = 0,28; Cu = 0,03; Zn = 0,05; Al = остальное.
 2. Образцы размером $l = 15$ мм, $d = 50$ мм вырезались из листа толщиной 2 мм в продольном направлении.

2. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [1].

Таблица 4

Температура испытания, °С	-150	-120	-90	-60	-30	0	+20	+100	+200
	E, кг/мм ²	7,9	7,8	7,6	7,5	7,4	7,3	7,0	6,8	6,1

- Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: Mg = 4,9; V = в норме; Mn = 0,4; Si = 0,05; Fe = 0,21; Cu = 0,03; Zn = 0,05; Al = остальное.
 2. Сплавы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

I Деформируемые алюминиевые сплавы

б) Механические свойства сварных соединений листового материала толщиной 1—3 мм [2].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных соединений — 0,5 (при толщине листа 2,5 мм).

б) Прочность при низких и высоких температурах сварных соединений с усилением, сваренных ветвями методом плавления

Таблица 7

Температура испытания, °С	193	100	-50	+20	-100	-200	+300	+400
σ _{0,2} , МПа	25,6	24,7	24,1	22,6	22,9	22,0	19,0	14,2
σ _{0,01} , МПа	26,6	24,7	24,1	22,6	22,9	22,0	19,0	14,2
σ _{0,001} , МПа	27,7	24,7	24,1	22,6	22,9	22,0	19,0	14,2
δ, %	33,5	34,7	34,1	32,6	32,9	32,0	28,8	22,5
ψ, %	22,8	24,0	23,0	22,0	21,6	22,9	22,0	19,0
α, 10 ⁻⁶	22,0	23,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0
κ, %	22,0	23,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0
γ, г/см ³	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
ρ, г/см ³	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
η, г/см ³	5,8	6,8	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
η _{0,2} , г/см ³	1,8	2,1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9

Примечание. Приведены результаты испытаний 10 образцов каждого из двух температур.

в) Минимальные допустимые прочности сварных точек на срезах и на отрывах

Таблица 8

Толщина листа, мм	1,1	2,0	2,5
Диаметр отверстия от заборозды, мм	5-8	8-10	8-10
Максимальная допустимая прочность на срез, кг	110	420	200
Максимальная допустимая прочность на отрыв, кг	85	100	240

Алюминиево-магнийевый сплав

AMg3

7. Физические свойства [2].

а) Коэффициент линейного расширения α.

Таблица 9

Интервал температур, °С	20—100	20—300	20—400
α · 10 ⁶	23,5	26,2	26,1

б) Электропроводность (в % к электропроводности меди) K = 35%.

в) Удельный вес γ = 2,71 г/см³.

8. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив.

Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окраске по грунту АЛГ-1.

В условиях отапливаемого и неотапливаемого склада может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии (AMg3M) высокая, в полунагартованном (AMg3П) — удовлетворительная. Обтортовывается под сварку хорошо.

2. Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

3. Температураковки-штамповки 450—480°С.

4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется.

Отжиг при температуре 270—280°С, охлаждение на воздухе или в воде.

5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается газовой, атомно-водородной, аргоно-дуговой, точечной и роликовой сваркой.

Рекомендуемая марка присадочного материала — AMg3 (ГОСТ 7871-56).

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей, получаемых холодной штамповкой, сварных емкостей, деталей каркаса.

ИСТОЧНИКИ

1. С. М. Воронцов. Деформируемые алюминиевые сплавы. М., Машиз, 1961.

2. Данные НИИ. П.я. 669.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

2. Механические свойства сплава АМгЗ при низких и высоких температурах [2].

Таблица 4

Свойства	Температура испытания, °С									
	-193	74	50	+20	+100	+150	+200	+250	+300	+350
σ_b	33,0	22,9	22,6	23,4	23,1	19,3	14,0	8,6	6,2	4,0
$\sigma_{0,2}$	10,1	9,5	9,5	9,7	10,0	10,0	9,2	7,2	5,9	3,3
δ_5	43,0	29,0	25,6	21,9	22,7	44,0	51,9	73,2	89,0	102,0

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: Mg-3,26, Mn-0,5, Si-0,70, Cu-0,06, Fe-0,36, Zn-0,09, Al-остаток.

2. Образцы размером $15 \times 15 \times 50$ мм вырезались из листа толщиной 2,5 мм в продольном направлении.

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм².

Таблица 5

Температура испытания, °С	-193	100	50	+20	+200	+300
$E \cdot 10^{-3}$	7,8	7,4	7,2	6,99	6,98	4,94

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: Mg-3,62, Mn-0,44, Cu-0,04, Si-0,54, Fe-0,27, Zn-0,05, Al-остаток.

2. Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

3. Модуль сдвига G , кг/мм².

Таблица 6

Температура испытания, °С	180	-140	50	+20	+100	+200	-200
$G \cdot 10^{-3}$	2,86	2,82	2,72	2,67	2,62	2,51	2,41

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: Mg-3,83, Mn-0,53, Cu-0,03, Si-0,66, Fe-0,21, Zn-0,02, Al-остаток.

2. Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

Алюминиево-магнийевый сплав

АМгЗ

5. Механические свойства сплава в зависимости от степени холодной деформации [2].

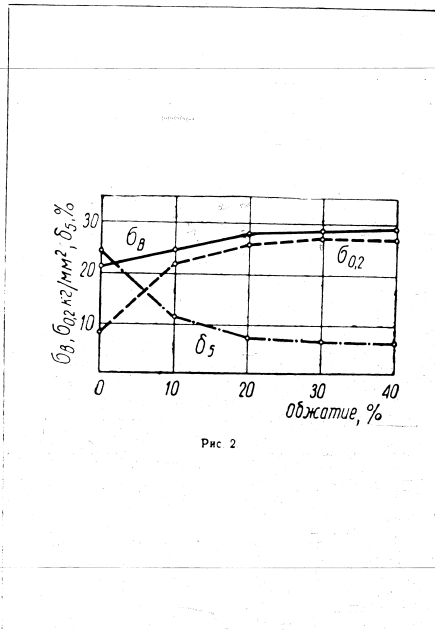


Рис. 2

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

2. Механические свойства сплава АМгЗ при низких и высоких температурах [2].

Таблица 4

Свойства	Температура испытания, °С									
	-193	74	50	+20	+100	+150	+200	+250	+300	+350
$\sigma_{0.2}$	33,0	22,9	22,6	23,4	23,1	19,3	14,0	8,6	6,2	4,0
$\sigma_{0.01}$	10,1	9,5	9,5	9,7	10,0	10,0	9,2	7,2	5,9	3,3
δ_5	43,0	29,0	25,6	21,9	22,7	44,0	51,9	73,2	89,0	102,0

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: % Mg=3,26, Mn=0,5, Si=0,70, Cu=0,05, Fe=0,36, Zn=0,09, Al=остаток.

2. Образцы размером $10 \times 46 \times 1,5$ мм вырезались из листа толщиной 2,5 мм в продольном направлении.

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм².

Таблица 5

Температура испытания, °С	-193	100	50	+20	+200	+300
$E \cdot 10^{-3}$	7,5	7,4	7,2	6,99	6,98	4,94

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: % Mg=3,63, Mn=0,44, Si=0,04, Sn=0,54, Fe=0,27, Zn=0,05, Al=остаток.

2. Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

3. Модуль сдвига G , кг/мм².

Таблица 6

Температура испытания, °С	180	-140	50	+20	+150	+200	+250
$G \cdot 10^{-3}$	2,86	2,82	2,72	2,67	2,62	2,51	2,41

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: % Mg=3,83, Mn=0,53, Cu=0,63, Sn=0,66, Fe=0,21, Zn=0,22, Al=остаток.

2. Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

Алюминиево-магнийевый сплав

АМгЗ

5. Механические свойства сплава в зависимости от степени холодной деформации [2].

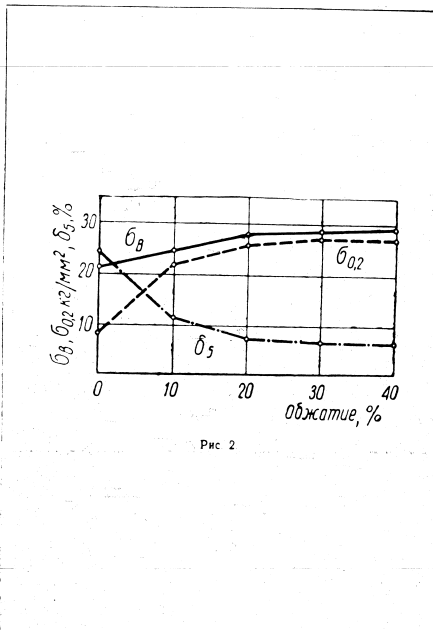


Рис. 2

АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМгЗ

Основное назначение: средненагруженные детали, изготовляемые вытяжкой и сваркой.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТУ

1. Химический состав (ТУ ОП5-56)

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, % не более		
	Mg	Mn	Si	Al	Cu	Fe	Zn		
АМгЗ	3,2-3,8	0,3-0,6	0,5-0,8	остаточное	0,05	0,5	0,2		

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ, %σ _{0,2} δ ₅		
			σ _{0,2}	%σ _{0,2}	δ ₅
Листы толщиной 0,5-4,5 мм	отожженные (АМгЗМ)	ТУ ОП5-56	20	10	15
Листы толщиной 5-10 мм	горячекатаные (АМгЗГ)	то же	18	10 ^{0,2}	15
Проволока всех размеров	горячепрессованные (АМгЗ)	АМТУ 412-47	18	8 ⁰	15 (1-5 ⁰)
То же	полунагартованные (АМгЗП)	то же	22	14 ⁰	8
Трубы всех размеров	отожженные (АМгЗМ)	АМТУ 413-47	18	8 ⁰	15

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ, %σ _{0,2} δ ₅		
			σ _{0,2}	%σ _{0,2}	δ ₅
Трубы всех размеров	полунагартованные (АМгЗП)	АМТУ 413-47	22	13 ⁰	8
Штамповки и поковки	горячедеформированные или отожженные (АМгЗ, АМгЗМ)	НО 299-55 ⁰	18	7	15 ⁰
Проволока сварочная ⁰	нагартованная (АМгЗН)	ГОСТ 7871-56	—	—	—

Примечания: 1. Предел текучести для горячекатаных листов факультативен.

2. Механические свойства прутков диаметром 40-160 мм факультативны.

3. Испытание на предел текучести факультативно.

4. При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокон образец стандартных размеров испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры. Твердость по Бринеллю должна быть > 45 кг/мм².

5. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

6. Механические свойства проволоки не определяются.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства (II)

Таблица 3

Состояние материала	σ _{0,2}	%σ _{0,2}	δ	H _{0,2}
Отожженный + правка	24	12	20	80

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

б) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез.

Таблица 6

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кгс	50	100	240	380	450	700

8. Физические свойства [2]

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$

Таблица 7

Состояние материала	λ
Нагартованный	0,3
Полунагартованный	0,3
Отожженный	0,3

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 8

Интервал температур, °С	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	23,4	23,5	23,4

в) Электропроводность A (в % к электропроводности меди)

Таблица 9

Состояние материала	A
Нагартованный	40
Полунагартованный	40
Отожженный	40

Алюминиево-магнийевый сплав

AMg

г) Удельный вес $\gamma = 2,67 \text{ кг/см}^3$.

9. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив. Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54). Может подвергаться окраске по грунту АЛГ-1. В отапливаемых и неотапливаемых складах может храниться без покрытий. В азотной кислоте (ГОСТ 701-41) и ее парах при температуре $+20^\circ\text{C}$ вполне устойчив.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии высокая; в полунагартованном — средняя; в нагартованном — низкая.
2. Обрабатываемость резанием AMgM — неудовлетворительная, AMgП и AMgH — удовлетворительная.
3. Температураковки-штамповки $420-475^\circ\text{C}$.
4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется.

Отжиг производится при температуре $350-410^\circ\text{C}$, охлаждение в воде.

5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается точечной и роликовой сваркой и удовлетворительно — газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой.

При сварке плавлением жестких узлов и замкнутых контуров сплав склонен к образованию трещин; в этих случаях рекомендуется аргоно-дуговая сварка.

Рекомендуемые марки присадочных материалов AMg3 и AMg (ГОСТ 7871-56).

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления средненагруженных деталей, трубопроводов, проволоки для присадочного материала при сварке и для изготовления заклепок.

ИСТОЧНИКИ

[1] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1950.

[2] «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. IV. М., Машгиз, 1947.

[3] Данные НИИ. П/я 989.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	%		
			σ_s	σ_{10}	σ_{cp}
Трубы всех размеров	отожженные (AMg M)	ГОСТ 4773-49	не более 22	—	—
Трубы всех размеров	поднагартованные (AMg П)	То же	21	—	—
Трубы всех размеров	нагартованные (AMg Н)	"	23	—	—
Прутки всех размеров	отожженные или термически необработанные (AMg М)	ГОСТ 4783-49	не более 23	10 (1-5d)	—
Проволока для заклепок	термически обработанная	AMTY 32-53	—	—	12 ¹⁾
Проволока сварочная	нагартованная	ГОСТ 7871-56	—	—	—
Пласти горячекатаные толщиной 11-25 мм	горячекатаные (AMg АгА)	AMTY 34-53	18 ²⁾	7 ³⁾	—
Листы горячекатаные толщиной 5-10 мм	То же	308 AMTY 31	18	—	—

¹ Эта величина сопротивления срезу является расчетной также для заклепок.

² Механические свойства проволоки не определяются.

³ Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из поверхностных слоев пласт в направлении поперек прокатки.

II ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1 Типичные механические свойства [1]

Таблица 3

Состояние материала	σ_s	Растяжение				Срез		H_s
		$\sigma_{0.2}$	σ_1	σ_2	σ_3	σ_{cp}	$\sigma_{ср}$	
Поднагартованный (AMg П)	—	21	25	6	—	—	60	
Отожженный (AMg М)	9	15	19	23	64	15	45	

Алюминиево-магниевый сплав

AMg

2 Механические свойства при высоких и низких температурах [3].

Таблица 4

Свойства	Температура испытания, °C											
	-193	-100	-74	-50	0	+20	+100	+150	+200	+250	+300	+350
$\sigma_{0.2}$	8,5	9,0	7,4	9,4	7,0	6,9	7,6	8,1	7,8	7,4	6,3	4,3
σ_s	29,9	24,5	20,5	19,9	19,3	19,8	19,7	18,1	14,6	11,6	7,5	4,9
ϕ	63,3	66,1	71,8	71,7	69,8	65,0	64,5	70,1	81,3	84,4	91,3	92,4
σ_1	50,3	32,4	35,0	31,4	29,8	29,2	30,0	37,6	53,9	55,0	53,8	58,0
σ_2	10,8	11,5	12,5	12,6	11,9	10,8	9,7	9,0	9,6	9,9	10,1	11,0

Примечания: 1 Испытания производились на сплаве состава: %: Mg=2,71; Si=0,18; Mn=0,34; Cu=0,02; Fe=0,29; Zn=0,02; Al—остальное.

2 Образцы размером $d=10$ мм и $l=60$ мм вырезались из прутков диаметром 22 мм.

3 Механические свойства отдельных полуфабрикатов при низких температурах [1].

Таблица 5

Вид полуфабриката	Состояние материала	Температура испытания, °C	σ_s	ϕ	σ_1	σ_2
Прутки диаметром 20 мм	Горяче-прессованные	+20	18	61	29	10
		-40	—	—	—	10
		-70	19	68	40	11
		-196	31	57	50	10

4. Модуль нормальной упругости $E = 7000$ кг/мм² [1].

5. Модуль сдвига $G = 2700$ кг/мм² [1].

6. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$ [1].

7. Механические свойства сварных соединений [3].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается газовой, атомно-водородной, аргоно-дуговой, точечной и роликовой сваркой.

Рекомендуемая марка присадочного материала — АМц (ГОСТ 7871-56).

Для сварки жестких узлов следует применять проволоку АК (ГОСТ 7871-56), если изделие не работает в агрессивной среде.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления сварных резервуаров для жидкостей и газов (при низких рабочих давлениях), трубопроводов для турбомашины, малонагруженных деталей, проложки для заклепок и др.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по алюминиевым материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. Оборониз. М., 1950.
- [2] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. М., Машгиз, 1947.
- [3] В. П. Батраков. Коррозия конструкционных материалов в агрессивных средах (справочник), 1952.
- [4] Данные НИИ. № 989.

АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМг

Основное назначение: изготовление средненагруженных деталей, проволоки для заклепок и сварки.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %				Примеси %, не более					
	Mg	Mn или Gr	Al	Fe	Si	Fe+Si	Cu	прочие примеси, %	содержание вредных примесей	
АМг	2,0—2,80	0,15—0,4	ос-тальное	0,4	0,4	0,6	0,1	0,1	0,8	

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	%		
			σ_b	δ_{10}	ψ_{10}
Листы толщиной 0,3—3 мм	отожженные (АМг АМ)	252АМТУ-48	не более 23	16	—
Листы толщиной 0,3—3 мм	полунагартованные (АМг АП)	То же	24	4	—
Листы толщиной 0,3—3 мм	нагартованные (АМг АН)	•	27	3	—
Листы толщиной свыше 3 мм	То же	•	27	4	—

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

4. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 6

Состояние материала	G
Нагартованный	2700
Полунагартованный	2700
Отожженный	2700

5. Механические свойства сварных соединений [4].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9.

б) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез

Таблица 7

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8
Максимально допустимая прочность на срез, кг	45	120	145

6. Физические свойства

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [1].

Таблица 8

Состояние матер.	
Нагартованный	0,37
Полунагартованный	0,38
Отожженный	0,45

14

Алюминиево-марганцевый сплав

АМц

6) Коэффициент линейного расширения α [2].

Таблица 9

Интервал температур, °С	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	24,0	24,8	25,9

в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди) [1].

Таблица 10

Состояние материала	K
Нагартованный	40
Полунагартованный	41
Отожженный	50

г) Удельный вес $\gamma = 2,73 \text{ г/см}^3$ [1].

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив.

Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и может окрашиваться по грунту АЛГ-1.

В отапливаемом и неотопливаемом складе может храниться без покрытий.

В азотной кислоте (ГОСТ 701-41) и ее парах при температуре -40°C вполне устойчив [3].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии высокая, в полунагартованном — средняя, в нагартованном — низкая.

2. Обрабатываемость резанием — неудовлетворительная.

3. Температураковки штамповки $420-475^\circ\text{C}$.

4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется.

Отжиг при температуре $350-410^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе.

15

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	δ_{10}	ζ_{sp}		
						не менее	
Листы толщиной 0,3-0,8 мм	нагартованные (АМцАН)	252 АМТУ-48	не менее 19	1	—		
Листы толщиной свыше 0,8-0,8 мм	То же	.	не менее 19	2	—		
Листы толщиной свыше 0,8 до 1,2 мм	.	.	не менее 19	3	—		
Листы толщиной свыше 1,2 до 4 мм	.	.	не менее 19	4	—		
Трубы всех размеров	отожженные (АМцМ)	ГОСТ 4773-49	не более 13	—	—		
Трубы всех размеров	нагартованные (АМцН)	.	не менее 14	—	—		
Профили всех размеров	отожженные (АМцМ)	258 АМТУ-55	не более 17	16	—		
Прутки всех размеров	отожженные или термически необработанные (АМцМ, АМц)	ГОСТ 4783-49	не более 17 ($l=5l$)	20	—		
Проволока для заклепок	термически необработанная	АМТУ 332-53	—	—	7)		
Плиты горячекатаные толщиной 11-25 мм	горячекатаные (АМц Агк)	АМТУ 347-55	не менее 12)	15 ^{а)}	—		
Листы горячекатаные толщиной от 5-10 мм	То же	308 АМТУ-51	не менее 11	15	—		

1) Эта величина характеризации сплавов является также расчетной для заклепок

2) Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из поперечного сечения плиты в направлении поперек проката

Алюминиево-марганцевый сплав АМц

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				Средн	
	σ_s	σ_b	δ_{10}	ψ	ζ_{sp}	H_b
Нагартованный (АМцН)	18	22	5	50	11	55
Полунагартованный (АМцП)	13	17	10	55	10	40
Отожженный (АМцМ)	5	13	23	70	8	30

2. Механические свойства при высоких температурах [2].

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °С					
		25	150	200	260	315	370
σ_s	отожженный	11,5	8,0	5,5	4,0	3,0	2,0
	полунагартованный	15,0	12,5	10,0	7,5	4,0	2,0
σ_b	отожженный	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
	полунагартованный	13,0	10,5	6,5	3,5	2,0	1,5
δ_{10}	отожженный	40,0	47,0	50,0	60,0	60,0	60,0
	полунагартованный	16,0	17,0	22,0	25,0	40,0	60,0

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	E
Нагартованный	7100
Полунагартованный	7100
Отожженный	7100

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА [1]

1. Пластичность высокая.
2. Обрабатываемость резанием неудовлетворительная.
3. Термическая обработка. АД и АД1 термической обработкой не упрочняются. Отжиг при температуре 350—410° С.
4. Свариваемость. Материал хорошо сваривается газовой, атомно-водородной, аргоно-дуговой сваркой — удовлетворительно — точечной сваркой.

Рекомендуемая марка присадочной проволоки — АД1 (АМТУ 332-53).

Для сварки жестких узлов следует применять проволоку марки АК (ГОСТ 7871-56), если изделие не работает в агрессивной среде.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления элементов конструкций, не несущих нагрузки и требующих применения материала с высокими пластическими свойствами, с хорошей свариваемостью, высоким сопротивлением коррозии, высокой теплопроводностью (защитные трубки, провода электропередач, прокладки, мембраны и т. д.).

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М., Оборонгиз, 1950.
2. «Материалостроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. М., Машиностроение, 1967.
3. Данные НИИ П в 989.
4. С. М. Вайсман. Деформируемые алюминиевые сплавы. Вып. 34. М., Машина, 1961.

АЛЮМИНИЕВО-МАРГАНЦЕВЫЙ СПЛАВ АМц

Основное назначение: малонагруженные детали, изготавливаемые глубокой вытяжкой и сваркой; проволока для заклепок.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %		Примеси %, не более						сумма всех примесей
	Mn	Al	Fe	Si	Cu	Mg	Zn	прочие примеси	
АМц	1—1,6	остальное	0,7	0,6	0,2	0,05	0,1	0,1	1,75

Примечание. В случае применения для заклепочной проволоки сплав не должен содержать цинка.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	δ_{10}	
				%	Тер не менее
Листы толщиной 0,3—3 мм	отожженные (АМцАМ)	252 АМТУ-48	11—15	20	—
Листы толщиной свыше 3 до 6 мм	То же	.	11—15	18	—
Листы толщиной 0,3—3 мм	полунагартованные (АМцАП)	.	15—22	6	—

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

7. Механические свойства алюминия в зависимости от степени холодной деформации [4].

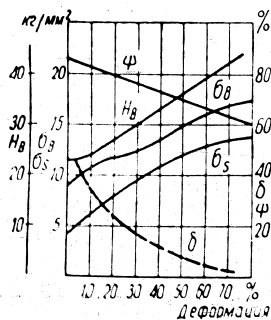


Рис. 1

Технический алюминий

АД1, АД

8. Механические свойства сварных соединений [3]. Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением 0,9.

9. Физические свойства.

а) Теплопроводность $\lambda = \frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [1].

Таблица 6

Состояние материала	λ
Нагартованный	0,52
Отожженный	0,54

б) Коэффициент линейного расширения α [2].

Таблица 7

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	24,0	24,8	25,9

в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди) [1].

Таблица 8

Состояние материала	K
Нагартованный	57
Отожженный	59

г) Удельный вес $\gamma = 2,71 \text{ г/см}^3$ [1].

10. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив. АД1 и АД поддаются анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) или окраске по грунту АЛГ-1.

В отапливаемом и неотапливаемом складе может храниться без покрытий.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	δ_{10}	ζ_{sp}
			не менее		
Трубы холоднокатаные всех размеров	отожженные (АД1М, АДМ)	ГОСТ 4773-49	не более 12	20	—
	нагартованные (АД1Н, АДН)	то же	11	4	—
Трубы холоднокатаные всех диаметров, толщина стенки до 2 мм	то же	.	10	5	—
Трубы холоднокатаные всех диаметров, толщина стенки 2,5-5 мм	.	.	—	—	6
Проволока для заклепок	.	АМУ 332-53	—	—	6

Примечание. Указанным механическим свойствам должны удовлетворять образцы, вырезанные в любом направлении волока.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(не входящие в ту и часть)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				H_b
	$\sigma_{0.2}$	σ_s	δ_{10}	ψ	
Нагартованный	10	14	6	60	32
Отожженный	3	8	35	80	25

Технический алюминий

АД1, АД

2. Механические свойства отдельных полуфабрикатов при низких температурах [1].

Таблица 4

Вид полуфабриката	Температура испытания, °С	σ_s	δ_{10}
Листы толщиной 1,5 мм	+20	8,0	36,0
	-70	10,5	43,0
	-196	17,5	51,0

3. Механические свойства при высоких температурах [2].

Таблица 5

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °С					
		25	150	200	260	315	370
σ_s	отожженный	9,0	5,5	4,0	2,5	2,0	1,0
	нагартованный	12,0	9,0	6,5	2,5	2,0	1,0
$\sigma_{0.2}$	отожженный	3,5	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5
	нагартованный	10,0	7,0	4,5	1,5	1,0	0,5
δ	отожженный	45,0	65,0	70,0	85,0	90,0	95,0
	нагартованный	20,0	22,0	25,0	85,0	90,0	95,0

Примечание. Время выдержки при температуре испытания определялось по наступлению постоянства свойств.

4. Модуль нормальной упругости $E = 7100 \text{ кг/мм}^2$ [1].

5. Модуль сдвига $G = 2700 \text{ кг/мм}^2$ [1].

6. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,31$ [1].

ТЕХНИЧЕСКИЙ АЛЮМИНИЙ АД1, АД

Основное назначение: применяется в тех случаях, когда требуется высокая пластичность, коррозионная стойкость и хорошая свариваемость при низкой прочности.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основной компонент, %		Примеси, %, не более							
	Al	Fe	Si	Fe+Si	Cu	Mg	Mn	Zn	прочие металлы, %	
АД1	99,3	0,3	0,35	0,6	0,05	—	—	—	0,1	0,7
АД	98,8	0,5	0,55	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,2

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	%, не менее		
			σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ_5
Листы толщиной от 0,3 до 0,8 мм	ототоженные (АД1М, АД1)	252 АМТУ-48	не более 11	не более 11	20
	то же	то же	не более 11	не более 11	25
Листы толщиной от 0,8 до 10 мм	ототоженные (АД1М, АД1)		11		6
Листы толщиной от 3 до 10 мм	ототоженные или термически необработанные (АД1М, АД1)	ГОСТ 4783-49	не более 11	не более 11	25 / -3%

1. ДЕФОРМИРУЕМЫЕ
АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

СПРАВОЧНИК
ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ
МАТЕРИАЛАМ

ЧАСТЬ II

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

*Под общей редакцией
канд. техн. наук В. Н. Норданскаго*

ДОМ ТЕХНИКИ
МОСКВА — 1957

6. Чугуны

Наличие структурно-свободного цементита не допускается. По НИ-213-55: основная масса — перлит, фосфидная эвтектика допускается в виде отдельных изолированных мелких включений и отдельных участков согласно шкале, графит должен быть равномерно распределен в соответствии с эталонным снимками шкалы.

В структуре отливок не должно быть: структурно-свободного цементита и феррита, графитистой эвтектики и размельченного (междендритного) графита, фосфидной эвтектики в виде равно или замкнутой сетки, сильно выраженной дендритности и кустообразного графита, скоплений и больших участков тройной фосфидной эвтектики (согласно шкале).

Излом чугуна должен быть серым, без признаков отбела. Рекомендуемый припуск на обработку должен быть не менее 2,5 мм.

3. Свариваемость. Чугун сварке не подвергается ввиду структурных изменений в околошовных зонах.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для деталей, работающих на износ. Чугун марки СЧЦ-1-С — 55 применяется в случаях повышенных нагрузок.

Типичный пример применения — планки шестеренчатого насоса.

ИСТОЧНИКИ

1) И. О. Цивилев, В. Г. Мах. Легированный антифрикционный чугун. Металлургия, 1948.
2) НИ-213-55 (Нормаль НИИ. П/а 989).

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
11	6 снизу	литейного	линейного
74	Над табл. 6	расширения d [5]	расширения d [5]
85	2 сверху	выразились из листа	вырезались из листа
88	4 сверху	0,011%	0,011%
116	Головка таблицы 3	3, 12 и 3, 12	3, 12
121	6 снизу (заголовок)	III Технические свойства [4]	III Технологические свойства [4]
121	Табл. 2	не менее	не менее 4,1
121	1-я строка сверху		
126	2 снизу	Mn 0,30	Mn — 0,90
131 и 135	Таблица 2 (головак)		δ_2
135	Табл. 2	не менее 4	не менее 4,0
135	1-я строка сверху		
138	1-я снизу	температуры	температуры отпуска
143	2 снизу	σ_t 0,26	σ_t 0,96
148	7 сверху	Последняя фраза этого абзаца относится ко всем видам сварки	Последняя фраза этого абзаца относится ко всем видам сварки
153	Табл. 2, последняя графа	δ_{10} 15	15 (δ_{10})
155	1 и 3 сверху	стали 12X5H1A	стали 12X5MA
156	5 сверху	плавящимся	используемым
156	21 сверху	Последняя фраза этого абзаца относится ко всем видам сварки.	Последняя фраза этого абзаца относится ко всем видам сварки.
159	Табл. 5	До сварки со стороны поставки	До сварки состояние поставки. После сварки нормализация и отпуск по 620°
172	20 снизу	зент и протяжка	зент и протяжка
180	1 сверху	Таблица 1	Таблица 2
180	Таблица 2	11	115
180	1 снизу и 2 сверху	ни графе	

См. также примечание к таблице 1.

ОТЛИВКИ ИЗ АНТИФРИКЦИОННОГО СЕРОГО ЧУГУНА СЧЦ-1-С И СЧЦ-1-С-55

Служебное наименование — изготовление: планок шестеренчатых валов.

I. СВОЙСТВА ПО НОРМАЛЯМ

1. Химический состав.

Таблица 1

Норм.	Марка	Содержание элементов, %							S не более
		C	Mn	Si	P	S	As	Sn	
ГОСТ 15613-55	СЧЦ-1-С	2,5-3,0	0,3-0,6	1,8-2,2	0,01-0,02	0,01	0,005	0,005	0,08
НИИТЭ СЧЦ-1-С-55	СЧЦ-1-С-55	2,5-3,0	0,3-0,6	1,8-2,2	0,01-0,02	0,01	0,005	0,005	0,08

Примечание 1. В СЧЦ-1-С исключение от химического состава по содержанию элементов, указанным в таблице, не является браковочным признаком, за исключением серы и фосфора.

2. В СЧЦ-1-С-55 ввиду жестких требований по износостойкости (ГОСТ 15613-55) и № 11-13 ввиду жестких требований к механическим свойствам (ГОСТ 15613-55).

2. Механические свойства.

Таблица 2

Марка	Надпись на этикетке	Диаметр стержня, мм	Диаметр цилиндра, мм	Твердость	
				H _{RC}	H _B
СЧЦ-1-С	Отливка в металле	127	241	4,4-3,9	127 (241)
СЧЦ-1-С-55	Отливка в металле	127	241	4,3-3,9	127 (241)

Примечание 1. В СЧЦ-1-С-55 диаметр стержня и диаметр цилиндра должны быть не менее 127 мм. Обработка стержня и цилиндра должна быть не менее 0,15 мм.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(не входящие в нормаль)

- 1. Физические свойства.** (См. Отливки из серого чугуна марок СЧ18-36 и СЧ15-32).
- 2. Коррозионная стойкость.** В атмосферных условиях чугун СЧЦ-1-С умеренно устойчив; применяется при дополнительной защите, главным образом по ИО 544-55 (лакокрасочные покрытия).
Удовлетворительно устойчив в щелочах.
В азотной кислоте любой концентрации не устойчив.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Плавка, разливка и термическая обработка. Плавка производится в вагранке или электропечи.

При ваграночном методе производства чугуна наблюдается склонность к образованию повышенного количества крупнопластинчатого графита на перлитной основе. При плавке чугуна того же химического состава в электропечи с шихтовым перегревом часто получается нежелательная структура мелкопластинчатого эвтектического графита. Модифицированный чугун производится 75-процентным ферросилицием, который вводится на дно ковша перед разливкой.

Плавка чугуна в электропечи дает лучшие результаты. Для правильного модифицирования емкость ковша должна быть согласована с температурой выпуска чугуна и жесткостью разливки по формам.

Перегрев жидкого металла допускается до температуры 1430-1450. Температура разливки металла — 1320-1350°.

Заливка металла производится в землю.

Отжиг и закалка не применяются, для снятия напряжений обязательным является старение при температуре 500-550° в течение 3-3,5 часов, которое производится после предварительной обдирки.

2. Структура. По НИ 80 основная масса структуры — перлит, фосфидная эвтектика допускается в виде отдельных мелких включений, в соответствии с эталонными снимками ГОСТ 3443-46 № 31, № 35, феррита, равномерно распределенного до 5%, графит в завершенных пластинках, равномерно распределенных (в соответствии с эталонными снимками № 9, 10, 11, 15 и 20 ГОСТ 3443-46).

Чугуны

5. **Коррозионная стойкость.** В атмосферных условиях чугун мало устойчив.

Применяется при дополнительной защите, главным образом по НО.544-55 (лакокрасочные покрытия). Чугун с литевой коркой (с необработанной поверхностью) в атмосферных условиях умеренно устойчив.

Применяется также цинкование, оксидирование и кадмирование, но покрытия сильно пористы и обладают значительно худшими защитными свойствами по сравнению с аналогичными защитными покрытиями на сталях.

В азотной кислоте любой концентрации чугун неустойчив.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Плавка, разливка и термическая обработка.** Плавка чугуна ведется в вагранке или в электропечи; температура заливки 1250-1350°, отливка чугуна производится центробежным способом или в землю.

Линейная (действительная) усадка чугуна составляет 1%.

Отжиг и закалка не применяются.

Для снятия напряжений после обделки производится искусственное старение при температуре 500-550° с выдержкой 2 часа.

2. **Макроконтроль.** Контроль макроструктуры на наличие раковин производится на обработанных поверхностях отливок. Излом чугуна должен быть серым.

3. **Свариваемость.** Сварка чугуна производится в ремонтных целях (заварка раковин, трещин и т. д.).

Выбор способа и технологии сварки (горячая, полуторная или холодная сварка) зависит от веса изделия, его конфигурации и места расположения дефекта.

Рекомендуемые материалы:

а) при газовой сварке — присадочный материал — чугунные прутки по ГОСТ 2671-44 марок «А» и «Б» или сварочная бронза: $\text{Zn} - 38 - 40$, $\text{Sn} - 0,9 - 1,1$, $\text{Fe} - 0,5 - 1,0$, $\text{Mn} - 0,4 - 0,8$, $\text{Cu} - 59 - 61$, флюс — бура.

б) при дуговой сварке — электроды ОМЗ-1, УЭТМ с электродами-стержнем из чугуна по ГОСТ 2671-44 марки «Б», электроды из монель-металла, медно-железные электроды.

Примечание. Медно-железные электроды для сварки обрабатываемых поверхностей литых изделий не рекомендуются.

-16

Отливки из серого чугуна СЧ10-36, СЧ15-32

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Серый чугун марок СЧ15-32 и СЧ18-36 применяется для деталей, работающих под средним напряжением и на износ при малых удельных давлениях ($P \approx 5 \text{ кг/см}^2$).

Типичные примеры применения:

Чугун марки СЧ15-32 — уравновешивающий груз.

Чугун марки СЧ18-36 — уплотнительные кольца и сегменты.

ИСТОЧНИКИ

[1] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV, Машгиз, 1947.

[2] Богачев. Металлография чугуна. 1952.

3. Влияние микроструктуры и термической обработки на механические свойства серых чугунов:
 а) Изменение механических свойств в зависимости от структуры и формы графита [2]

Таблица 4

Механические свойства	Пластинчатый графит		Междендритный графит		Глобулярный графит	
	структура	структура	структура	структура	структура	структура
	перлитная	ферритная	перлитная	ферритная	перлитная	ферритная
предел текучести	18-17	12-18	15-20	10-17	30-30	30-45
предел прочности	0,2-0,3	0,3-1,0	0,1-0,3	0,2-0,6	1-6	8-15
ударная вязкость	8-10	14-16	12-17	14-22	7-10	18-20
удельный вес	7,2-7,3	7,2-7,3	7,2-7,3	7,2-7,3	7,2-7,3	7,2-7,3

б) Влияние количества графита на изменение предела прочности при разрыве [2]

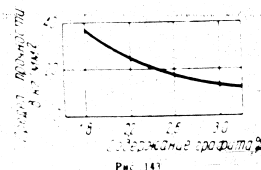


Рис. 143

в) Изменение предела прочности литого и отожженного чугуна в зависимости от толщины образца [2]

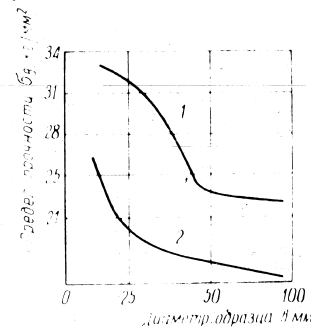


Рис. 144
 1 - литое состояние (перлит + графит)
 2 - отожженное состояние (феррит + графит)

4. Физические свойства [1]

- а) Теплопроводность λ 100-400°: 0,12 - 0,16 $\frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$
- б) Теплоемкость C
 100-400°: 0,135 $\frac{\text{кал}}{\text{г.град}}$
 100-500°: 0,143 $\frac{\text{кал}}{\text{г.град}}$
- в) Удельное электросопротивление структурных составляющих серого чугуна:
 - феррита: 0,104 $\frac{\text{ом.мм}^2}{\text{м}}$
 - перлита: 0,2 $\frac{\text{ом.мм}^2}{\text{м}}$
 - цементита: 1,3 $\frac{\text{ом.мм}^2}{\text{м}}$
 - графита (отжига): 1,5 $\frac{\text{ом.мм}^2}{\text{м}}$
- г) Удельный вес γ серого чугуна — 7,0 $\frac{\text{гсм}^3}{\text{см}^3}$

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Химический состав (типичный) [1]

Таблица 2

Содержание элементов, %					
C общий	C связан	Mn	Si	S	P
3,2-3,5	0,3-0,6	0,7-0,8	1,5-2,0	не более 0,12	0,4-0,5

2. Механические свойства при повышенных и пониженных температурах:
а) Влияние температуры на изменение предела прочности серых чугунов [2]

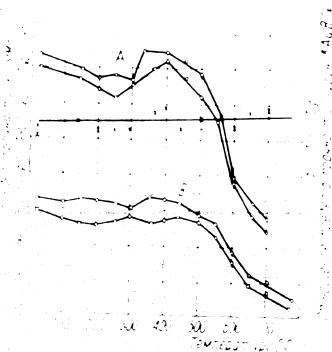


Рис. 141

б) Влияние температуры на изменение предела прочности при сжатии серых чугунов [2].

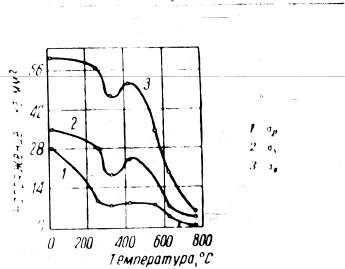


Рис. 142.

в) Изменение предела прочности серых чугунов при пониженных температурах [2].

Таблица 3

№ плавки чугуна	Температура °С			
	-20	20	-80	-180
1	11,5	15,3	-	-
2	21,8	21,3	-	-
3	15,3	15,7	17,0	17,35
4	12,6	13,3	-	14,60
5	15,3	15,6	17,0	17,30

Порог хладноломкости у серого чугуна практически не наблюдается.

ОТЛИВКА ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА СЧ16-32, СЧ18-36

Основное назначение — изготовление отливок из серого чугуна средней прочности без последующей термической обработки.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1412-54). Химический состав для отливок из серого чугуна не оговаривается. В отдельных случаях он может предусматриваться в ТУ на конкретное изделие.

2. Механические свойства.

Таблица 1

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Стрела прогиба, мм при расстоянии между опорами			H _с
			3, при расстоянии 2, при длине	8,0	2,5	
Отливки в весе	Литые без термообработки	ГОСТ 1412-54	15-32	8,0	2,5	163-229
То же	То же	То же	18-36	8,0	2,5	170-229

Примечания: 1. Механические испытания производятся на отдельных отлитых образцах. Разрывные образцы могут быть вырезаны из отливки, если это оговаривается в ТУ.
2. Твердость отливок определяется в местах, указанных в чертежах или ТУ.

6. ЧУГУНЫ

5. Пружинные стали

9. Физические свойства.

а) Коэффициент линейного расширения α [2]

Таблица 6

Интервал температур, °С	20-100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-650
$\alpha \cdot 10^6$	12,4	12,8	13,4	13,9	14,2	14,5	14,7

Химический состав: С — 0,53; Mn — 0,8; Si — 1,02; V — 0,17.

б) Критические точки: A_1 — 752; A_2 — 746; A_3 — 788; A_4 — 688; A_5 — 72.

10. Коррозионная стойкость. Сравнительно небольшие перемены размеры проволоки, идущей для изготовления пружин, делают ее весьма чувствительной к различным повреждениям, вызванным коррозионным разрушением. Наклеп сильно снижает устойчивость стали против атмосферной коррозии. Повышение стойкости против коррозии достигается улучшением качества поверхности проволоки и защитными покрытиями. Для защиты от коррозии применяются покрытия фосфатом ФЦ (ГО 270-54), цинком и кадмием (ГО 273-54 и ГО 274-54). Выбор покрытия и его толщина определяется условиями работы пружин.

При гальваническом цинковании и кадмирование происходит вытеснение металла пружин, что приводит к повышению их хрупкости. Для восстановления свойств пружин необходимо проводить дополнительный их нагрев (после элиминирования оксидов) при температуре 180—200°С.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка и горячая деформация. Сталь выплавляется в кислородно-марганцевых и электрических печах. Горячая прокатка пружин, проволоки, ленты и других профилей не вызывает затруднений. Температурный интервал горячей деформации — 1150—800°. Охлаждение послековки и проката для обеспечения требуемых механических свойств производится по

Сталь хромованадиевая, пружинная

50XΦА

2. Обрабатываемость резанием [5]. Относительная обрабатываемость при $H_v = 183-241$ по сравнению со сталью А 12 составляет 45%.

3. Термическая обработка.

Таблица 7

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	860—880	На воздухе
Высокий отпуск	700—720	На воздухе
Отжиг	810—830	С печью
Закалка	850—870	В масле
Отпуск	350—420	На воздухе

Для предохранения от обезуглероживания нагрев стали рекомендуется производить в соляных ваннах. Сталь подвержена отпускной хрупкости.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления термически обрабатываемых высоконапряженных пружин, работающих при циклических нагрузках.

ИСТОЧНИКИ

- 1) Данные НИИ Пж 621.
- 2) «Конструкционные стали». Справочник Т. 1. Металлургиядат, 1947.
- 3) Данные завода «Электросталь» 1937.
- 4) Автомобильные конструкционные стали. Справочник. Машигиз, 1961.
- 5) «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Машигиз, 1947.

7. Изотермическое превращение аустенита [1].

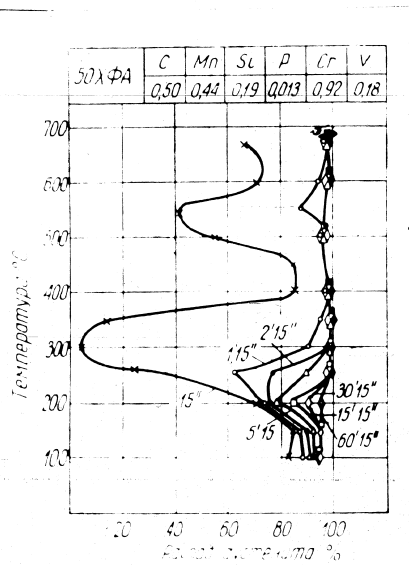


Рис. 139

8. Прокаливаемость [1].

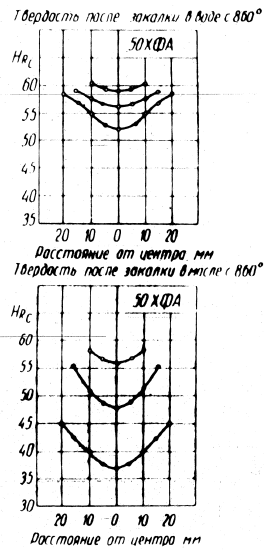
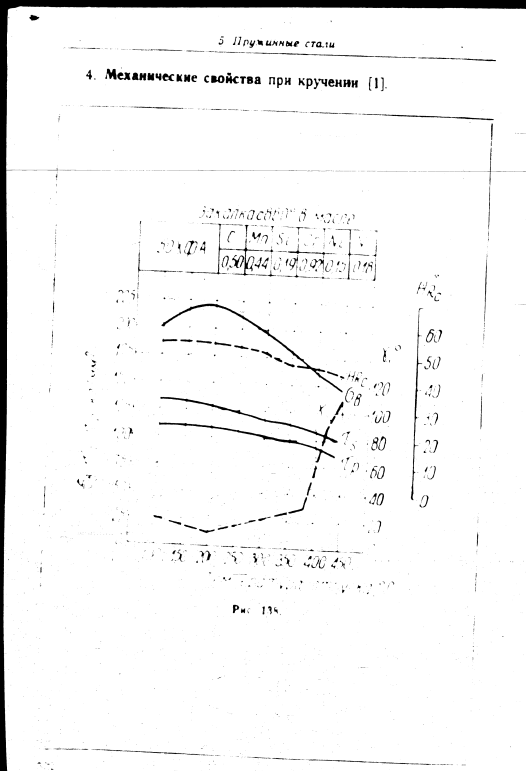


Рис. 140.



Сталь хромованадиевая, пружинная 60ХФА

5. Предел выносливости (усталости) при изгибе σ_{-1} , кг/мм² [4]

Таблица 4

Режим термообработки	Свойства						Состав стали
	σ_{-1}	σ_{-2}	σ_{-3}	δ	ψ	σ_k	
Отжиг 900°	31,3	71,6	36,2	25,5	48,5	2,21	C=0,55%
Закалка 900° вода + отпуск 480° вода	66,5	141,3	116,0	13,3	58,5	1,36	Cr=0,90%
То же, отпуск 600°	61,7	115,6	91,1	15,5	50,5	1,96	V=0,10%

6. Модуль нормальной упругости E и модуль сдвига G [5]

Таблица 5

Характеристики	Температура отпуска, °C							
	без отпуска	100	200	300	400	450	500	600
E, кг/мм ²	19000	20000	—	20500	—	21200	—	—
G, кг/мм ²	8200	—	—	8150	8420	—	8530	8660

5. Пружинные стали

2. Влияние условий изотермической заковки на механические свойства [1]

Таблица 3

Термообработка			Механические свойства					
Температура заковки, °С	Температура выдержки, мин	Температура отпуска, °С	σ_B	$\sigma_{0.2}$	δ	ψ	R_T	
500	180	210	148,7	109,2	229,0	10,0	37,7	3,7
		400	134,0	107,4	165,7	9,7	49,1	4,1
500	24	210	150,1	157,0	209,2	9,5	47,1	4,0
		400	141,0	108,6	173,7	9,2	43,9	3,8
800	180	200	142,0	114,1	199,5	9,2	52,3	8,3
		400	131,0	109,8	141,1	10,7	50,7	8,7
500	180	210	171,2	137,0	211,0	9,0	43,7	5,8
		400	151,0	108,7	130,0	9,2	43,9	5,1
800	180	210	171,0	175,0	194,1	10,0	47,0	4,9
		400	154,0	109,7	167,6	10,0	43,9	4,5
800	180	400	142,0	109,8	162,8	11,0	51,0	8,3
		400	139,5	114,8	149,1	11,0	49,0	8,8
800	180	210	142,2	118,7	143,8	11,0	47,0	8,6
		400	143,8	114,0	139,9	11,2	49,0	8,7
800	180	210	137,0	111,9	133,1	10,2	50,1	8,7
		400	131,7	107,9	133,7	11,4	50,7	9,1
800	180	210	137,0	111,9	133,1	10,2	50,1	8,7
		400	131,7	107,9	133,7	11,4	50,7	9,1

Сталь хромованадиевая, пружинная 50ХФА

3. Механические свойства при повышенных температурах [1]

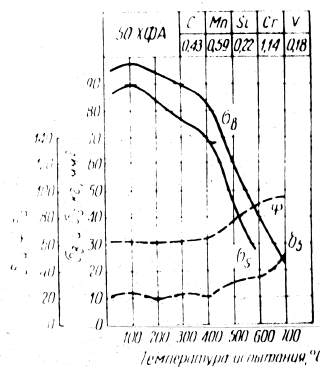


Рис. 137.

СТАЛЬ ХРОМОВАНАДИЕВАЯ, ПРУЖИННАЯ 50ХФА

Основное назначение — качественная сталь для изготовления пружин особо ответственного назначения, подвергающихся термической обработке.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 2052-53).

Таблица 1

Содержание элементов, %							
C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	V
не более							
0,46	0,34	0,5	0,017	0,037	0,030	0,035	0,40
					0,8	1,16	0,10—0,20

По требованию заказчика сталь может поставляться с сульфидными до 0,5% пределами содержания углерода и пониженными против указанных норм пределами содержания серы и фосфора

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

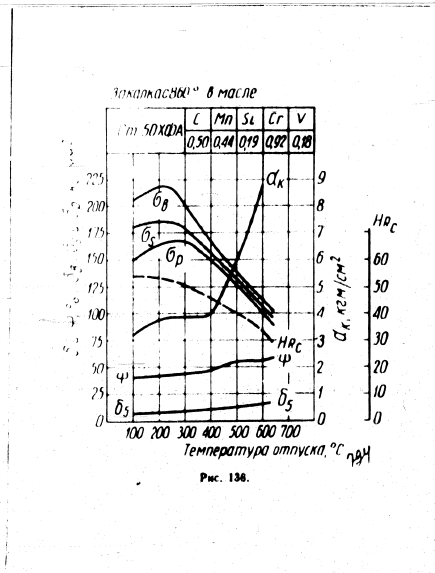
Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние	Источники	Размер, мм	R _т			R _с
				σ _{0,2}	σ _{0,5}	σ ₁	
пружина	поставки						
Проволока с повышенной поверхностью	без термической обработки	ГОСТ 1094-47	0,5—11				33
То же	термической обработкой	ГОСТ 1094-47	0,5—11				33

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [1].



5. Пружинные стали

11. Критические точки: $A_{c1} = 770^\circ$; $A_{r1} = 675^\circ$; $A_{c3} = 820^\circ$; $A_{r3} = 700^\circ$ [2].

12. Коррозионная стойкость. Сравнительно небольшие размеры проволоки и ленты, идущих для изготовления пружин, делают их весьма чувствительными к различным повреждениям, вызванным коррозионным разрушением. Наклеп сильно понижает устойчивость стали против атмосферной коррозии.

Повышение стойкости против коррозии достигается улучшением качества поверхности стали и защитными покрытиями пружин.

Для защиты от коррозии пружин применяется покрытие фосфатом ФЦ (НО 270-54), цинком и кадмием (НО 273-54 и НО 274-54). Выбор покрытия и его толщины определяется условиями работы пружин.

При гальваническом цинковании и кадмировании происходит наводороживание металла пружин, что приводит к повышению их хрупкости. Для восстановления свойств пружин необходимо производить дополнительный их нагрев после защитных покрытий при температуре $180-200^\circ$.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных электрических или мартеновских кислых и основных печах. Горячая прокатка прутков, проволоки, ленты и других профилей не вызывает затруднений.

Температурный интервал горячей деформации $1200-800^\circ$. Сталь обладает пониженной пластичностью при холодной деформации. Холодная прокатка проволоки и ленты производится с небольшими степенями обжатия.

2. Термическая обработка.

Таблица 4

Операция	Температура, $^\circ\text{C}$	Охлаждение
Отжиг	$650-740$	С водой
Нормализация	$860-900$	На воздухе
Закалка	$640-660$	В воде
Отпуск	$470-490$	На воздухе

Сталь вольфрамистая, пружинная

68С2ВА

Для предохранения от обезуглероживания нагрев стали рекомендуется производить в соляных ваннах. Сталь мало подвержена отпускной хрупкости.

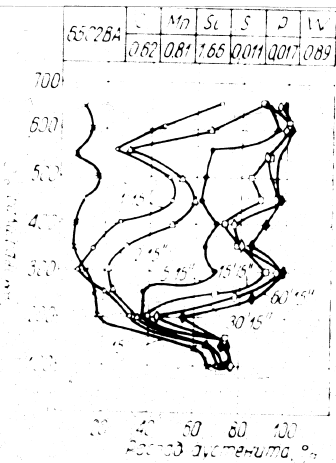
IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления термически обрабатываемых пружин, работающих в условиях динамических нагрузок при высоких скоростях деформирования.

ИСТОЧНИКИ

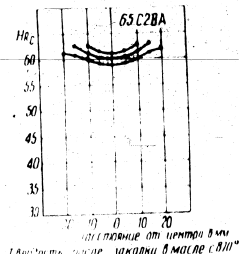
- 1) Данные НИИ. П/л 621.
- 2) Ф. ч. Хандрос. Отчет НИИ. П/л 621, 1940.

9. Изотермическое превращение аустенита [1],

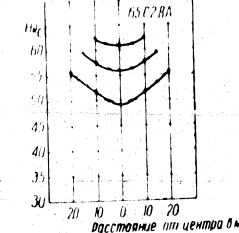


10. Прокаливаемость [1].

Глубина после закалки в воде с 810°



Глубина после закалки в масле с 810°



Технический состав, %						
C	Mn	Si	P	S	Cr	W
0,67	0,15	1,68	0,016	0,011	0,01	0,15
						0,90

Рис. 135.

8. Пружинные стали

Механические свойства при кручении [1]

Ст 65С2ВА	C	Mn	Si	P	S	W
	0.52	0.81	1.66	0.017	0.011	0.89

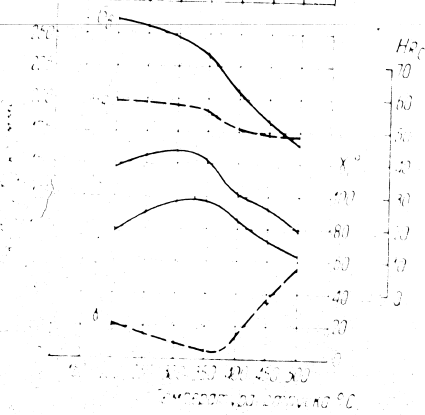


Рис. 132.

Сталь кобальт-кремнистая, пружинная

65С2ВА

8. Механические свойства при кручении.

Закалка 660° в масле

Ст 65С2ВА	C	Mn	Si	P	S	W
	0.52	0.81	1.66	0.017	0.011	0.89

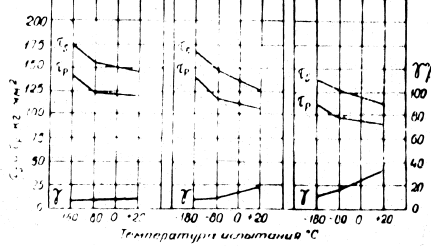


Рис. 133.

3. Пружинные стали

4. Механические свойства при повышенных температурах (1).

Закалка 860° в масле при 280°, отпуск 290°

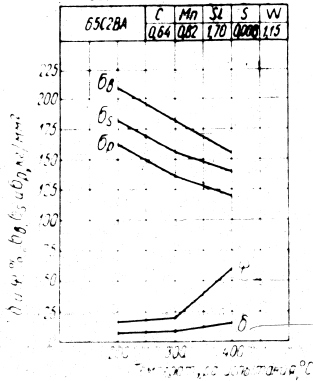


Рис. 129

Сталь полифосфористая, пружинная 65С2ВА

5. Ударная вязкость при низких температурах (1).

Закалка 860° в масле

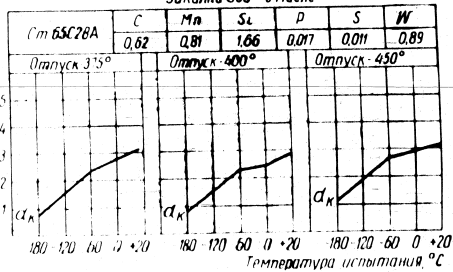


Рис. 130.

6. Ударная вязкость при низких температурах (1).

Закалка 860° в масле при 280°, отпуск 290°

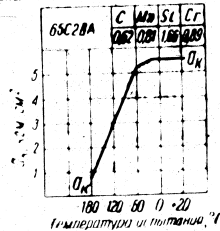


Рис. 131.

5. Пружинные стали

2. Влияние условий изотермической заковки на механические свойства [1].

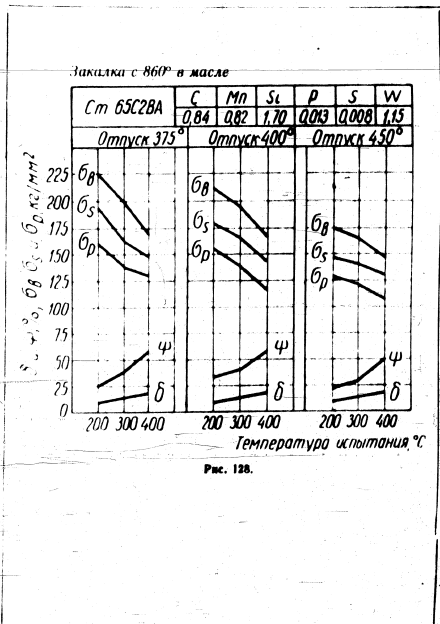
Таблица 3

Термообработка		Механические свойства							
Температура заковки, °С	Температура охлаждения среды (секунда)	Температура отпуска, °С	σ_p	σ_s	σ_b	δ	ψ	a_k	R_c
		400	186,5	207,5	220,5	6,2	24,6	3,0	56
860	240	270	206,1	226,5	245,5	4,2	10,0	3,3	59
		400	203,5	213,1	219,1	6,0	20,0	2,8	56
860	260	290	183,5	205,0	222,1	6,7	17,7	4,7	56
		400	188,0	197,0	202,2	7,0	29,1	4,4	53
860	280	310	180,5	196,0	205,0	9,2	39,6	5,6	53
		400	177,0	185,7	191,7	10,0	41,0	5,2	52
860	300	320	152,5	171,7	184,7	11,2	43,9	7,1	49
		400	150,5	164,5	175,0	12,2	34,6	5,3	48
860	320	340	148,2	158,2	165,7	13,2	44,4	8,1	47
		400	143,0	152,0	163,9	14,5	43,8	5,8	46
860	340	360	128,0	139,0	151,5	18,5	44,2	8,3	44
		400	119,4	134,5	153,2	14,2	43,2	5,4	43
860	360	380	102,0	121,8	145,7	28,7	39,8	9,2	42
		400	111,4	127,6	139,9	16,7	43,8	5,0	41
860	380	400	99,7	111,2	137,5	31,5	31,4	9,1	38
		400	107,2	117,0	136,7	18,2	36,0	5,3	40

Атомная физическая лаборатория, Ленинград. Металлы, № 4, 1954. Мп = 0,82. S = 1,70. P = 0,013. S₂ = 0,008. W = 0,117.

Сталь вольфраморейтинистая, пружинная 65С2ВА

3. Механические свойства при повышенных температурах [1].



**СТАЛЬ ВОЛЬФРАМОКРЕМНИСТАЯ, ПРУЖИННАЯ
65С2ВА**

Основное назначение — сортовая качественная сталь для изготовления термически обрабатываемых пружин.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТЫ

1. Химический состав (ГОСТ 2052-53)

Таблица 1

Содержание элементов, %

C	Mn	S	S	P	Cr	Ni	W
0,61—0,69	0,7—1,0	1,0—2,0	не более	0,035	0,30	0,40	0,8—1,20

Примечание. Допускается содержание кремния : 0,05%

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

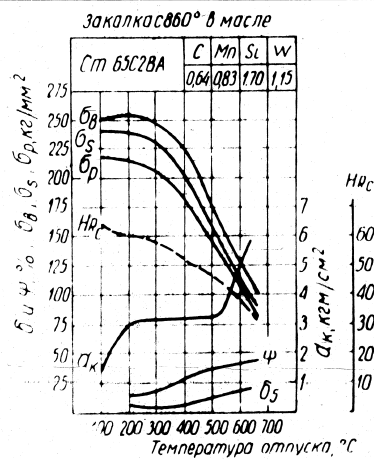
Буд. полуфабриката	Состояние поставки	Испытания	Размер, мм	H _в по более
Проволока доводятся органы	Стартовая	ГОСТ 1769-53	более 6,0 до 12,0	302

Проволока диаметром менее 6 мм на твердость не испытывается

Сталь вольфрамкремнистая, пружинная 65С2ВА

**II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)**

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [1].



5. Прижимные стали

13. **Коррозионная стойкость.** Сравнительно небольшие поперечные размеры проволоки и ленты, идущих для изготовления пружин, делают их весьма чувствительными к различным повреждениям, в частности коррозионным разрушениям. Наклеп сильно понижает стойкость стали против атмосферной коррозии. Повышение стойкости против коррозии достигается улучшением качества поверхности стали и защитными покрытиями. Для защиты от коррозии пружин применяется покрытие фосфатом ФП (ГО 270-54), цинком и кадмием (ГО 273-54 и ГО 274-54). Выбор покрытия и его толщины определяется условиями работы пружин.

При гальваническом цинковании и кадмировании происходит наводороживание металла пружин, что приводит к повышению их хрупкости. Для восстановления свойств пружин необходимо произвести дополнительный их нагрев после защитных покрытий при температуре 180-200°.

14. **Физические свойства.**

1. Временное сопротивление $\sigma_{0.2}$ 770, $\sigma_{0.01}$ 710, $\sigma_{0.001}$ 825;

2. Удлинение δ_2 7,68 %;

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** Сталь выплавляется в обычных электрических или мартеновских кислых и основных печах. Горячая прокатка прутков пресс-каленты и других профилей не вызывает затруднений. Температурный интервал горячей деформации 1200-800°. Сталь обладает повышенной пластичностью при холодной прокатке. Холодная прокатка ленты и проволоки производится с увеличением степени обжатия.

2. **Обрабатываемость резанием.** При оптимальной обработке K_{15} 87, K_{20} 250, K_{30} 450.

3. **Термическая обработка.**

Таблица 5

Свойства	Тех. условия	Справочные
Сила	825-840	825-840
Пластичность	7,68-8,00	7,68-8,00
Удлинение	7,68-8,00	7,68-8,00

Сталь кремнистая, пружинная 80С2А

Для предохранения от обезуглероживания нагрев стали рекомендуется производить в соляных ваннах. Сталь отпускной хрупкости не подвержена.

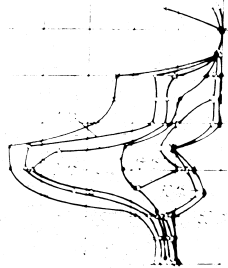
IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления термически обрабатываемых средне- и высоконапряженных пружин, работающих в условиях статических и динамических нагрузок.

ИСТОЧНИКИ

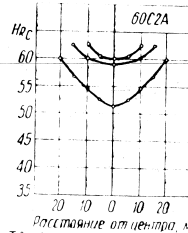
1. Данные НИИ. П/я 621.
2. Л. Я. Либерман. Отчет НИИ. П/я 621, 1940.
3. С. М. Баранов. Отчет НИИ. П/я 621, 1940.
4. Т. П. Марголина. Отчет НИИ. П/я 621, 1940.
5. В. Н. Константинов. Производство пружин. Изд. Артакадемия, 1937.
6. С. И. Блииник. Новые методы расчета пружин. 1946.
7. Д. Я. Хавицрос. Отчет НИИ. П/я 621, 1940.
8. Л. И. Куканов. Отчет НИИ. П/я 621, 1945.
9. «Автомобильные конструкционные стали». Справочник. Машгиз, 1951.

11. Изотермическое превращение аустенита I.

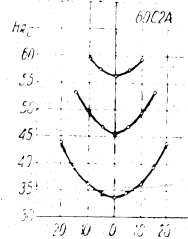


12. Прокаливаемость [1].

Твердость после закалки в масле 850°



Твердость после закалки в масле 850°



Расстояние от центра мм

Химический состав %					
Мn	В	Сr	Ni	Сu	
0,25	0,005	0,02	0,01	0,01	

5. Прижимные стержни

8. Механические свойства при кручении [1]

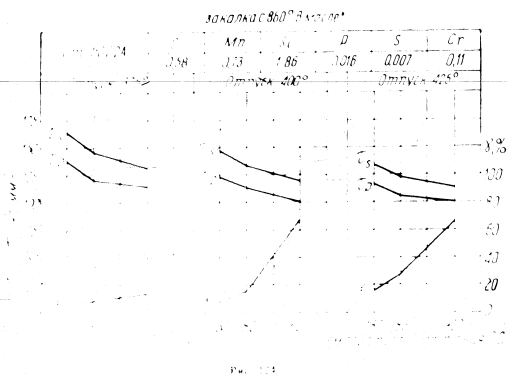


Рис. 113

Предел выносливости

Сталь кремнистая, пружинная

60С2А

10. Модуль нормальной упругости E и модуль сдвига G, кг/мм²

Таблица 5

Характеристика	Вид термообработки								Источник	
	За- От-		Закалка + отпуск							
	калка	жиг	300°	400°	440°	480°	500°	520°		560°
E	—	—	—	21690	21730	21690	—	21700	21750	[3,2]
G	7920	8150	8130	8290	—	20920	20900	—	—	[8]
	—	—	—	8440	8460	8470	—	8370	8530	[4]
	—	—	—	—	8100	8110	—	—	—	[3]
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	[8]

4. Механические свойства при повышенных температурах [1]

Закалка 860° в масле, отпуск 400°

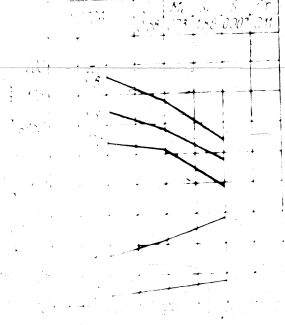


Рис. 120

Удлинение в %

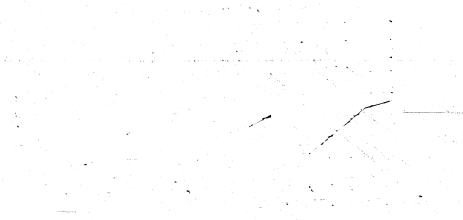


Рис. 121

6. Ударная вязкость при низких температурах [1]

Закалка 860° в масле, отпуск при 180° и 400°

60C2A	C	Mn	Si	Cr
	0,58	0,73	1,86	0,11

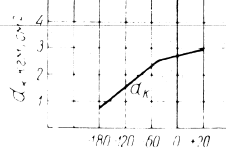


Рис. 122

7. Механические свойства при температуре T

Mn	C	Si	Cr
0,73	0,58	1,86	0,11

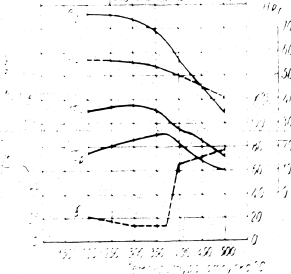


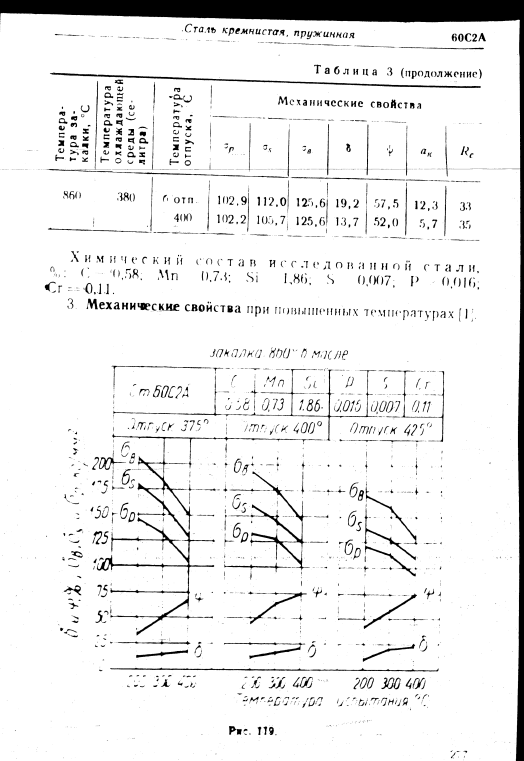
Рис. 123

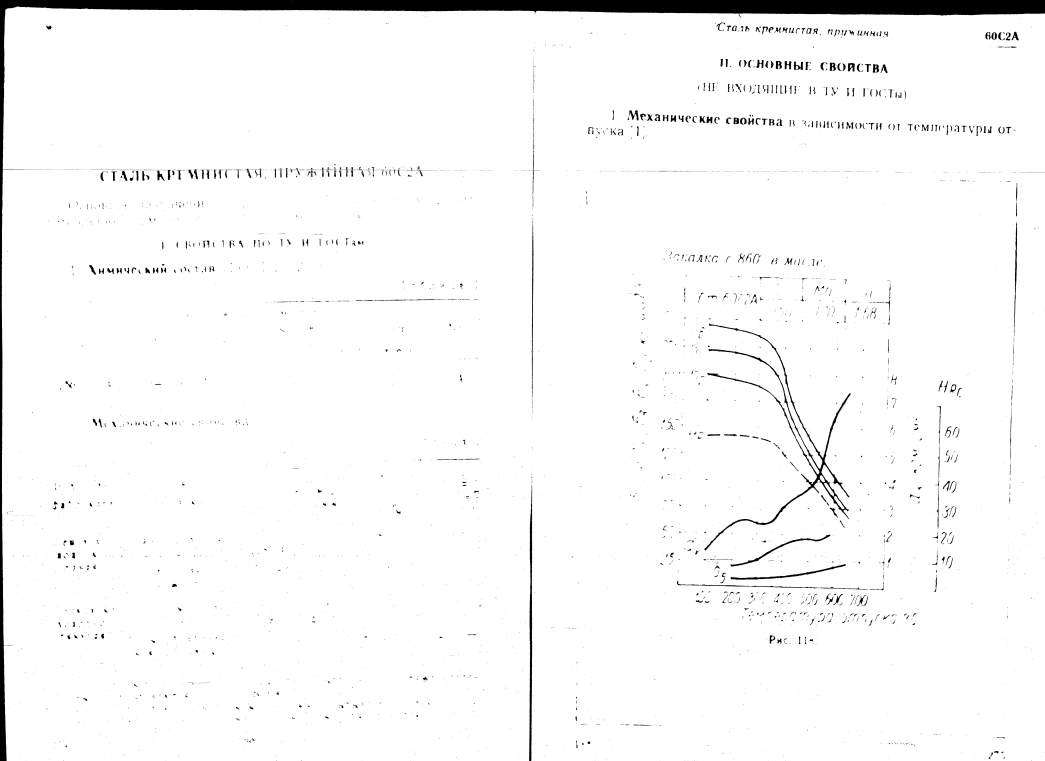
Пружинная сталь

Влияние условий изотермической закалки на механические свойства [1]

Таблица 3

Скорость охлаждения, град/сек	Температура закалки, град С	Механические свойства						
		σ_B	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.01}$	δ	ψ	a_k	R_c
800	100	1720	1800	244,7	8,7	9,5	2,6	50
	100	1810	1880	198,0	9,7	4,0	2,8	49
800	150	1710	1800	218,0	8,2	7,8	3,9	48
	100	1710	1800	190,0	9,7	4,0	3,7	47
800	200	1710	1800	211,0	8,0	7,9	4,1	48
	100	1710	1800	189,0	11,0	4,1	3,2	47
800	250	1710	1800	211,0	8,2	4,9	4,1	47
	100	1710	1800	178,0	11,0	4,1	3,2	47
800	300	1710	1800	211,0	8,2	4,9	4,1	47
	100	1710	1800	178,0	11,0	4,1	3,2	47
800	350	1710	1800	211,0	8,2	4,9	4,1	47
	100	1710	1800	178,0	11,0	4,1	3,2	47
800	400	1710	1800	211,0	8,2	4,9	4,1	47
	100	1710	1800	178,0	11,0	4,1	3,2	47
800	450	1710	1800	211,0	8,2	4,9	4,1	47
	100	1710	1800	178,0	11,0	4,1	3,2	47
800	500	1710	1800	211,0	8,2	4,9	4,1	47
	100	1710	1800	178,0	11,0	4,1	3,2	47





3. Пружинные стали

8. Физические свойства:

а) Теплоемкость C_p , $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [3]

Таблица 6

Интервал темпера- туры, °С	0-100	0-200	0-400	0-600
C_p	0,112	0,116	0,126	0,138

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ (3, для 50 Г)

Таблица 7

Темпера- тура, °С	100	200	300	400	500
λ	0,087	0,087	0,087	0,087	0,082

в) Коэффициент температурного расширения β , $\frac{1}{\text{град}}$

Таблица 8

Темпера- тура, °С	100	200	300	400	500
β	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011

г) Коэффициент температурного расширения β , $\frac{1}{\text{град}}$

Темпера- тура, °С	100	200	300	400	500
β	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011

д) Коэффициент температурного расширения β , $\frac{1}{\text{град}}$

Темпера- тура, °С	100	200	300	400	500
β	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011

е) Коэффициент температурного расширения β , $\frac{1}{\text{град}}$

Темпера- тура, °С	100	200	300	400	500
β	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011

ж) Коэффициент температурного расширения β , $\frac{1}{\text{град}}$

Темпера- тура, °С	100	200	300	400	500
β	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011	0,000011

Сталь марганцовистая пружинная 65Г

При гальваническом цинковании и кадмировании происходит наводороживание металла пружин, что приводит к повышению их хрупкости. Для восстановления свойства пружин необходимо производить дополнительный их нагрев после защитных покрытий при температуре 180—200°.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских и электрических печах. Горячая и холодная прокатка листов, прутков, проволоки, ленты и других профилей не вызывает затруднений. Температурный интервал горячей деформации 1200—800°. Пластичность при холодной деформации низкая.

2. Обрабатываемость резанием [3]. Относительная обрабатываемость при $H_{\text{в}} = 183-241$ по сравнению со сталью А-12 составляет 45%.

3. Термическая обработка.

Таблица 9

Операция	Температура, °С	Среда
Выплавка	1600-1700	В воздухе
Ожиг	750-820	Медленное
Нормализация	830-870	На воздухе
Закалка	750-850	В масле
Отпуск и промежуточная закалка	200-470	На воздухе

Для предохранения от обезуглероживания нагрев стали рекомендуется производить в соляных ваннах. Сталь отпусковой хрупкости не подвержена.

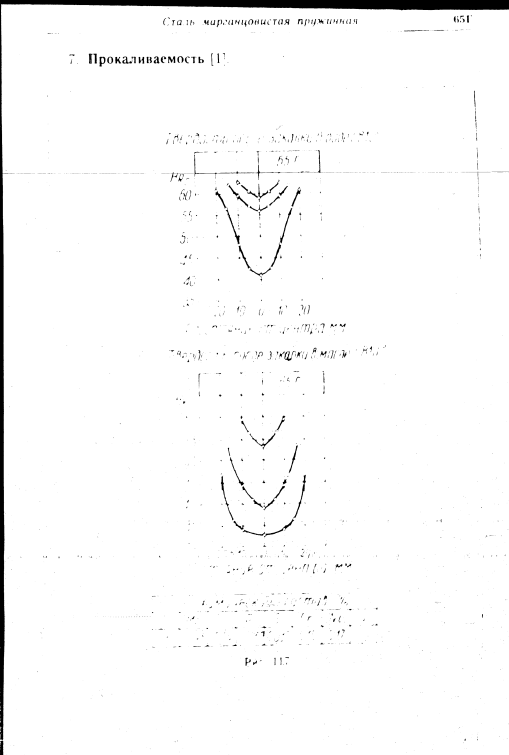
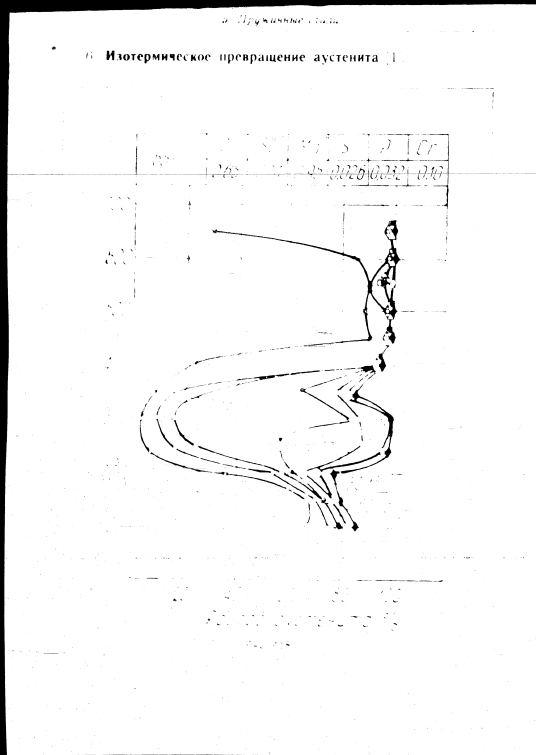
При бужании резьбы повышенной хрупкости от наводороживания шайбы 10-15 раз подверженные обдирке, должны подвергаться обработке на воздухе не выше 430° [4].

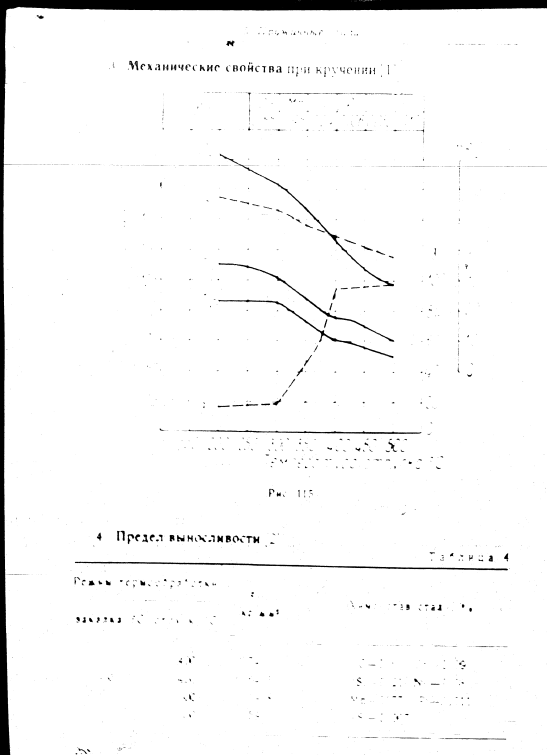
IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления малонапряженных термически обрабатываемых пружин, пружинных кронштейнов, шайб, проволоки и др.

Д И С Т Р И Б У Т

- 1. Данные НИИ № 41.
- 2. Институт стали (Славянский Т. П. Москва, Россия, 1971).
- 3. Металлургический институт (Москва, Россия, 1971).
- 4. Данные НИИ № 41.





Сталь марганцовистая пружинная 85Г

5. Модуль нормальной упругости E и модуль сдвига G [2].
Таблица 5

Термическая обработка		E кг/мм ²	G кг/мм ²	Состав стали, %
закалка	отпуск			
850° - воздух	без отпуска	21093	8367	C=0,60
950° - масло	400	20790	8156	Mn=0,77
	450	20890	8297	Si=0,21
	500	20890	8297	Ni=0,08
	550	21098	8297	Cr=0,09

Приложение 2

Таблица 2 (продолжение)

Вид обработки	Температура, °С	Время, мин	σ _{0,2} , кг/мм ²		σ _{0,01} , кг/мм ²	δ, %	ψ, %	a _k , кг/мм ²	R _c , кг/мм ²
			исп.	исп.					
Проковка автоматом 100 кг/см ² Проверка	210	10	147,6	175,1	216,0	1,7	11,0	1,4	55
			137,0	146,7	157,5	9,7	3,0	45	

Разработка отливок для изготовления деталей производится по ГОСТ 10341.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

1. Механические свойства

2. Химический состав

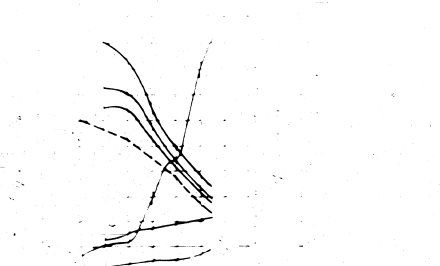


Рис. 104

Сталь марганцевая пружинная

2. Влияние условий изотермической заковки на механические свойства (I).

Таблица 3

Температура заковки, °С	Температура закалки, °С	Температура отпуска, °С	Механические свойства						
			σ _p	σ _s	σ _k	δ	ψ	a _k	R _c
830	180	210	147,6	175,1	216,0	1,7	11,0	1,4	55
		400	137,0	146,7	157,5	9,7	3,0	45	
830	240	270	179,6	200,1	221,0	6,5	32,8	1,8	53
		400	142,7	150,2	158,6	9,5	41,6	3,1	44
830	260	290	153,0	169,2	190,0	10,9	43,0	2,8	46
		400	145,7	157,5	171,3	10,5	45,9	4,0	43
830	280	310	131,0	137,0	142,0	9,0	41,0	3,6	45
		400	136,2	141,0	145,9	11,3	44,8	4,5	39
830	300	320	132,2	138,5	147,0	9,2	43,9	3,0	45
		400	131,2	137,6	148,2	11,9	47,1	3,8	41
830	320	340	133,0	139,5	144,9	12,1	48,0	4,9	37
		400	129,7	127,2	139,2	13,3	51,0	5,3	35
830	340	360	133,9	141,2	148,2	12,1	50,8	5,8	34
		400	135,5	143,2	150,7	12,3	47,1	5,1	33
830	360	380	139,7	143,9	152,6	12,3	52,5	7,1	33
		400	132,1	142,2	151,5	13,5	54,5	6,5	32
830	380	400	137,0	145,2	154,1	13,1	52,5	6,9	16
		400	133,4	140,5	142,1	14,3	51,0	7,2	15

Химический состав стали: С — 0,67, Mn — 0,95, Si — 0,14, P — 0,02, S — 0,02, Cr — 0,07, N — 0,017.

2/7

3. Пружинные стали

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Проволока ОВС применяется для изготовления пружин, не подверженных термической обработке (кроме низкого отпуска), с сечением витка пружины до 4 мм.
Проволока ОВС выбирается для пружин, имеющих высокие расчетные напряжения и большую скорость деформирования.

ИСТОЧНИКИ

1. А. Т. Бушляк. Авт.пром.инженерность. № 1, стр. 35, 1943.
2. Нормаль на проволоку конструктивной стали ЦНИИ 48, 1942.
3. А. А. Шемкалов. Справочник термиста, 1952.
4. Г. Д. Марголина. Отчет НИИ П. № 621, 1949.
5. М. М. Гурьев. Проволока конструктивных сталей. ЦНИИ Машин.

СТАЛЬ МАРГАНЦОВИСТАЯ ПРУЖИННАЯ 65Г

Основное назначение — сортовая качественная сталь для изготовления термически обрабатываемых пружин.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52)

Таблица 1

Содержание элементов, %						
С	Mn	S	P	Cr	Ni	Не более
0,25-0,35	0,30-0,50	0,010	0,015	0,010	0,010	0,90

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид поставки	Состояние поставки	Источники	σ, кг/мм ²				δ, %
			σ _{0,2}	σ _{0,1}	σ _с	σ _в	
Листы горячекатаные	без термической обработки	1050-1050-52	—	—	—	260	
То же	сложившиеся нормализованные	То же	—	—	—	220	
То же	сложившиеся	То же	—	—	75	35	
Листы холоднокатаные	сложившиеся	То же	—	—	75	35	

3. Пружинная сталь

Модуль нормальной упругости E и модуль сдвига G

Таблица 4

Температура, °С	Модуль нормальной упругости E , кг/мм ²		Модуль сдвига G , кг/мм ²
	Нормальный	Поперечный	
1000	8000	2	
1000			1

Физические свойства:

Температура, °С	Коэффициент теплового расширения α , 1/°С		Температура T_0 , °С
	Нормальный	Поперечный	
1000	11	10	10

Таблица 5

Температура, °С	Коэффициент температурного расширения β , 1/°С		Температура T_0 , °С
	Нормальный	Поперечный	
1000	11	10	10

Сталь качественная углеродистая пружинная 70 (ОВС)

4. Коррозионная стойкость. Сравнительно небольшие поперечные размеры проволоки, идущей для изготовления пружин, делают ее весьма чувствительной к различным повреждениям, вызванным коррозионным разрушением. Наклад сильно понижает устойчивость стали против атмосферной коррозии. Повышение стойкости против коррозии достигается улучшением качества поверхности проволоки и защитными покрытиями. Для защиты от коррозии применяется покрытие фосфатом ФП (НО 270-54), цинком и кадмием (НО 273-54 и НО 274-54). Выбор покрытия и его толщины определяется условиями работы пружин.

При гальваническом цинковании и кадмировании происходит наводороживание металла пружин, что приводит к понижению их хрупкости. Для восстановления свойств пружин необходимо произвести дополнительный их нагрев (после зачистки поверхности) при температуре 180—200°С.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выпалка, горячая и холодная деформация. Сталь для пружин и проволоки выпалывается в обычных мареновых и электровакуумных печах. Пружинная проволока высшего и высшего качества выпалывается из слитков сравнительно малого объема (до 2 т). Температурный интервал горячей деформации 1200—800°С. Прочность проволоки определяется в степени обжатия, деформации при холодной выпалке, а также содержанием углерода и фосфора.

2. Очистка и обезжиривание. Прочность и пластичность пружинной проволоки зависят от содержания углерода, фосфора и серы. Для повышения прочности и пластичности проволоку подвергают дополнительной обработке — очистке и обезжириванию.

3. Старение и термическая обработка. При старении пружинной проволоки происходит увеличение прочности и пластичности за счет уменьшения содержания серы и фосфора. Термическая обработка пружинной проволоки заключается в нагреве до температуры 1000—1100°С и выдержке при этой температуре в течение 1—2 часов.

4. Термическая обработка пружинной проволоки заключается в нагреве до температуры 1000—1100°С и выдержке при этой температуре в течение 1—2 часов. Термическая обработка пружинной проволоки заключается в нагреве до температуры 1000—1100°С и выдержке при этой температуре в течение 1—2 часов.

СТАЛЬ КАЧЕСТВЕННАЯ УГЛЕРОДИСТАЯ ПРУЖИННАЯ 70 (ОВС)

Основное назначение проволоки — изготовление спиральных пружин для изготовления пружин, не подвергающихся термической обработке.

1. Свойства по ТУ и ГОСТам

Химический состав (ГОСТ 1050-62 и ГОСТ 1546-53)

Таблица 1

Средние значения %		C	Mn	P	S	Si	Al	Ni	Cu
Максимум	0,08	0,03	0,03	0,008	0,005	0,03	0,005	0,03	0,03
Минимум	0,07	0,02	0,02	0,007	0,004	0,02	0,004	0,02	0,02

2. Механические свойства в состоянии поставки

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	Размер, мм	σ _в	Число перегибов	Число скручиваний
Холоднокатаная	1,8		1,8	175	11	26
Особо высокопрочная	2,0		2,0	175	9	23
	2,3		2,3	170	7	20
	3,0		3,0	165	7	13
	3,5		3,5	160	6	11
	4,0		4,0	150	5	9

Сталь качественная углеродистая пружинная 70 (ОВС)

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	Размер, мм	σ _в	Число перегибов	Число скручиваний
Проволока	1,6 ОВС	ГОСТ 1546-53	1,6	180	14	30
Холоднокатаная	1,8		1,8	175	11	26
Особо высокопрочная	2,0		2,0	175	9	23
	2,3		2,3	170	7	20
	3,0		3,0	165	7	13
	3,5		3,5	160	6	11
	4,0		4,0	150	5	9

Примечание. Для проволоки диаметром 0,75 мм и менее испытание на перегиб заменяется испытанием на разрыв с узлом, причем разрывающее усилие должно быть не менее 50% разрывающего усилия той же проволоки при испытании без узла.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы

1. Влияние температуры отпуска на свойства проволоки ОВС с 4 мм II.

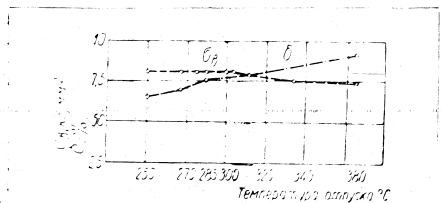
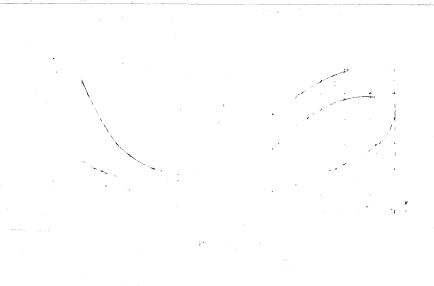


Рис. 113.

1.3. Физические свойства.

Механические свойства пружинной стали зависят от ее химического состава, степени обжатия и времени выдержки. При одинаковом химическом составе и общем обжатии свойства пружинной стали зависят от времени выдержки. Чем больше время выдержки, тем выше прочность и пластичность.



Комплексные свойства

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь для пружинной проволоки выплавляется в основных марганцевых и электрических печах. Пружинная проволока высшего и высокого качества изготовляется из слитков сравнительно малого веса (1-2 т). Температурный интервал горячей деформации 1200-800.

Прочность проволоки определяется степенью общего обжатия при холодной протяжке, а также содержанием в стали углерода. Небольшое добавление других легирующих элементов (Si, Ni, Mn), способное повысить вязкость (Al, V, Ti). Холодная протяжка проволоки производится непрерывно. Соединения, вызывающие затруднения.

Старение и термическая обработка. Патентованная проволока имеет склонность к естественному старению, что приводит к уменьшению прочности во времени. После естественного старения проволока подвергается выделению прочностных ха- рактеристик, вызывая образование дислокаций, а также изменение структуры. Отпуск, выходящий за пределы про- чности, приводит к обжату и, следовательно, к повышению прочности. После отпуска при 200-300 происходит повышение всех про- чностных характеристик, особенно при растяжении и кру- тении.

ОСЛАБИТЕЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Прочность пружинной проволоки зависит от ее химического состава, степени обжатия и времени выдержки. При одинаковом химическом составе и общем обжатии свойства пружинной стали зависят от времени выдержки. Чем больше время выдержки, тем выше прочность и пластичность.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Сталь углеродистая, пружинная П-1, П-11, В-1, В-11. Технические условия. Сталь углеродистая, пружинная П-1, П-11, В-1, В-11. Технические условия.

5 Пружинные стали

11. Механические свойства проволоки В-II при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].

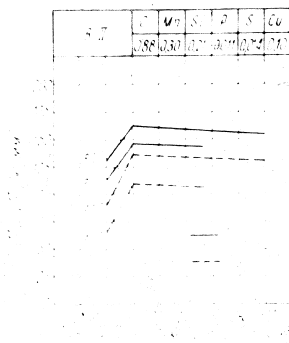


Рис. 110

Сталь углеродистая, пружинная П-1, П-11, В-1, В-11

12. Механические свойства проволоки В-II при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].

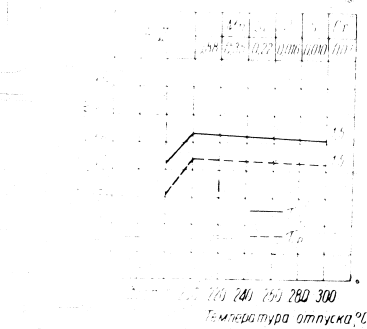
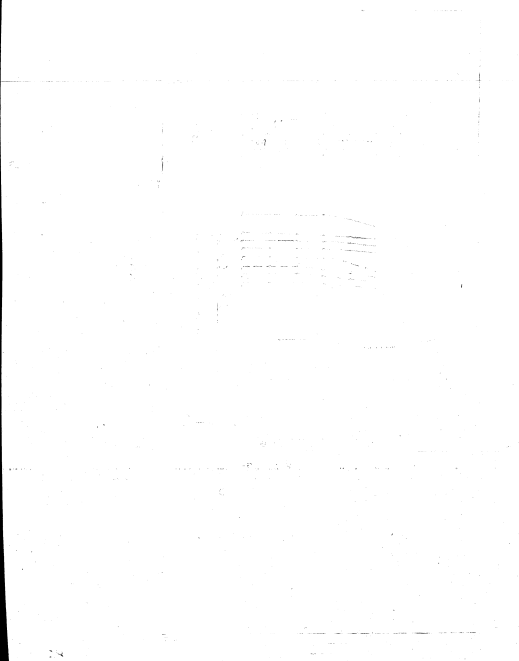


Рис. 111

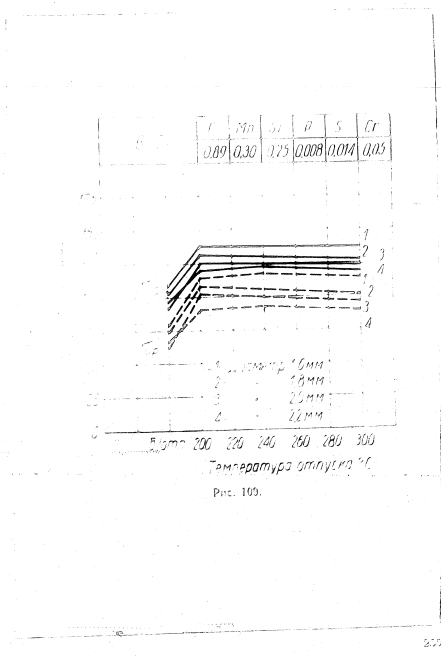
Пружинные стали

9. Механические свойства проволоки В-1 при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].



Сталь изородистая, пружинная П-1, П-11, В-1, В-11

10. Механические свойства проволоки П-1 при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].



5. Прочностные свойства

5. Механические свойства проволоки П-11 при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].

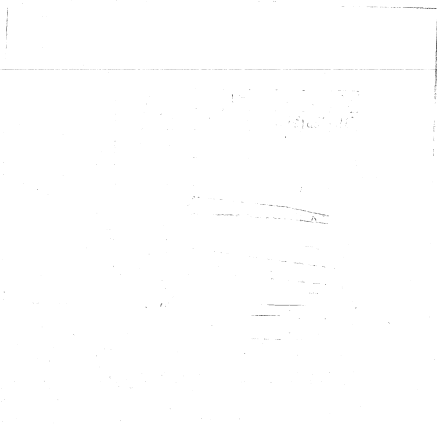


Рис. 195.

6. Механические свойства проволоки П-11, П-11, В-1, В-11

6. Механические свойства проволоки П-11 при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].

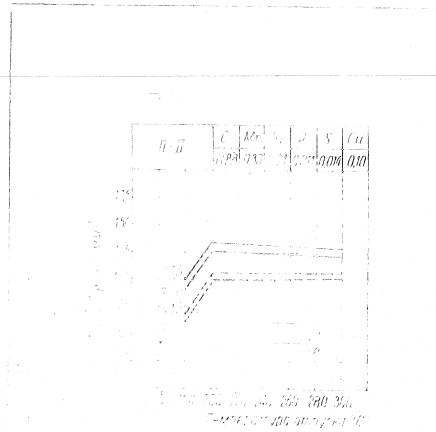
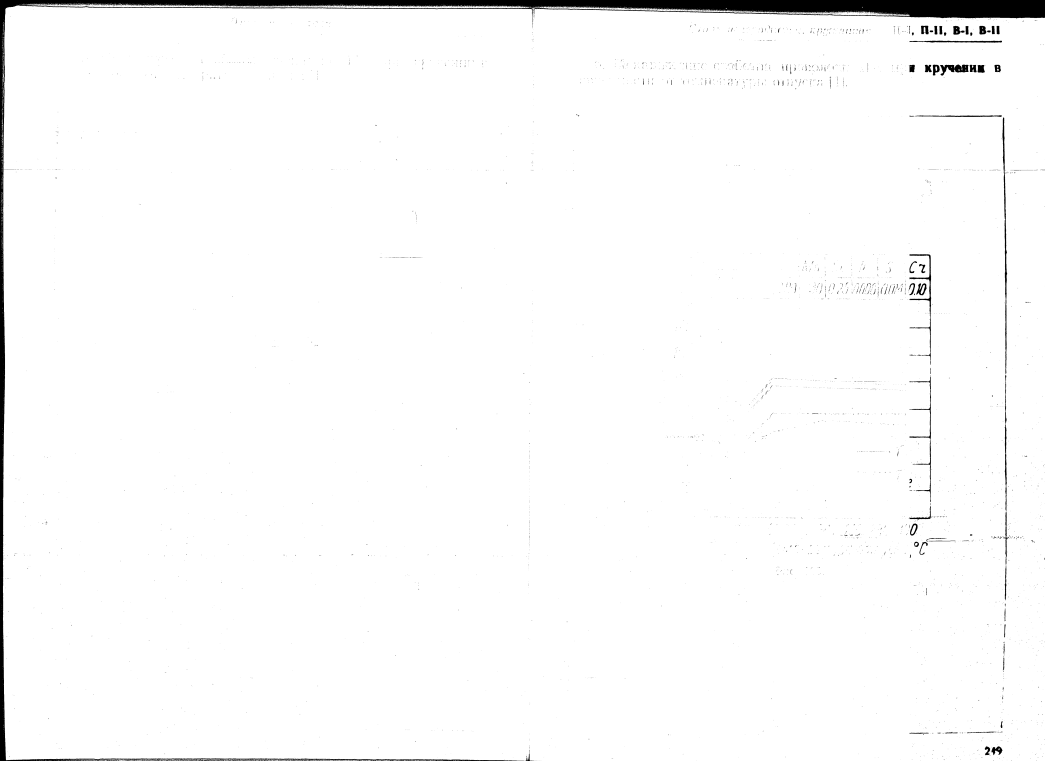


Рис. 197.



5. Пружинные стали

3. Механические свойства проволоки В-1 в состоянии поставки [1].

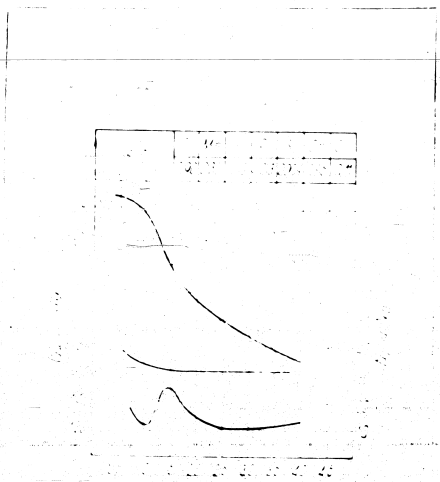


Рис. 102

Сталь углеродистая, пружинная П-1, П-11, В-1, В-11

4. Механические свойства проволоки В-11 в состоянии поставки [1].

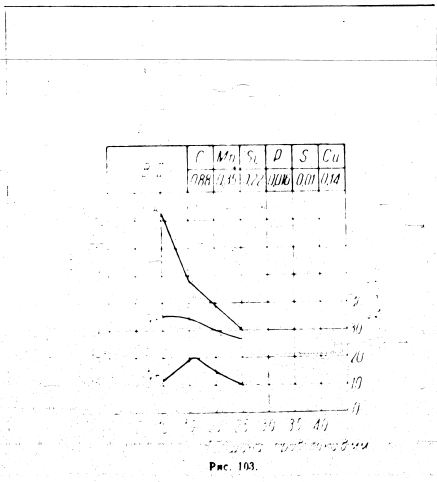


Рис. 103

5. Пружинные стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства проволоки П-I в состоянии поставки [1].

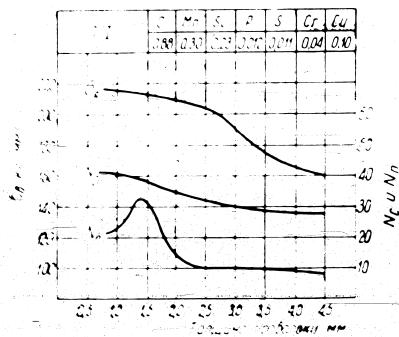


Рис. 100.

Сталь цинкованная, пружинная П-I, П-II, В-I, В-II

2. Механические свойства проволоки П-II в состоянии поставки [1].

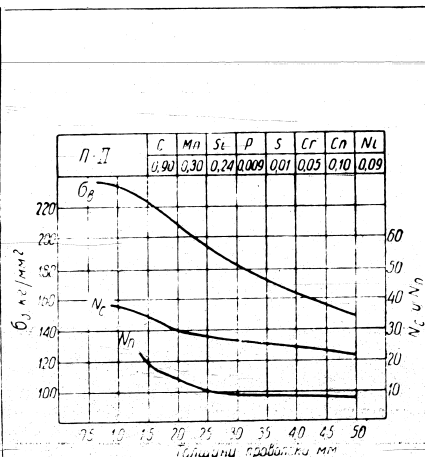


Рис. 101.

СТАЛЬ УГЛЕРОДИСТАЯ, ПРУЖИННАЯ
П-I, П-II, В-I, В-II

Основное назначение — проволока повышенной и высокой прочности для изготовления пружин, не подвергающихся термической обработке.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 5047-49).

Таблица 1

Содержание элементов, %						
C	Mn	Si	S	P	Cr	Cu, не бо- лее
			не более			
—	—	—	0,045	0,045	—	0,3

Примечания: 1. Химический состав металла проволоки устанавливается заводом-изготовителем в зависимости от требуемых прочности и размеров.
 2. Для проволоки высокой прочности содержание не должно превышать: % серы — 0,02; фосфора — 0,03 и меди — 0,2.

Таблица 1 в 2-м издании на 270, 281 стр.

4 Инструментальные стали

2. Термическая обработка.

Таблица 4

Режимы термической обработки

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Отжиг	790—810	Изотермическая выдержка при 700—730°
Закалка	800—830	В масле
Отпуск на твердость $R_{\text{с}}$ — 60—81	160—180	На воздухе
Отпуск на твердость $R_{\text{с}}$ — 50—60	230—275	На воздухе

Сталь весьма чувствительна к перегреву. Для исправления структуры и улучшения обрабатываемости рекомендуется следующая режим термической обработки: закалка с 840—860° в масле, отпуск 680—700°.

IV ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Политроновая инструментальная сталь применяется для изготовления деталей, от которых требуется повышенная износостойкость и малая деформация при закалке.

ИСТОЧНИКИ:

1. И. С. Гаврилов. Металлографический атлас. 1941.
2. Ю. А. Гейдес и В. С. Бабеев. Инструментальная сталь. 1945.
3. «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III. Машиностроение. 1984.
4. Данные НИИ. П. в. 621.

5. ПРУЖИННЫЕ СТАЛИ

4 Инструментальные стали

Таблица 3

Сталь ХГ					
Влияющий фактор	ΔC , %	$\Delta \gamma$	%А	R_c	Режим
Общий режим заковки	+0,11	-0,028	18	65	
Температура заковки					
800°	+0,11	-0,028	18	65	
850°	+0,15	0,02	20	63	
900°	+0,20	0,037	27	64	
950°	+0,17	0,048	29	64	
Охлаждение в среде					
вода	+0,15	-0,040	13	62	
масло	+0,11	-0,044	20	63	
воздух	+0,15	0,03	28	62	
песок	+0,08	0	30	61	
Частичное изотермическое размягчение термом. выст. макс. часа					
5	+0,11	-0,028	18	58	
30	+0,11	-0,028	18	56	
60	+0,11	-0,040	8	54	

Хромистая инструментальная сталь

ХГ

Таблица 3 (продолжение)

Сталь ХГ					
Влияющий фактор	ΔC , %	$\Delta \gamma$	%А	R_c	Режим
Рекомендуемый режим	+0,01	-0,005	32	61	

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка и горячая деформация. Сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки слитков 1150—880° для заготовок до квадрата 100 мм — 1120—820°. Охлаждение поковки после ковки рекомендуется производить до 700° на воздухе, затем в песке, золе-или шлаке.

Заготовки, прошедшие ковку на окончательный профиль, рекомендуется охлаждать в печи по режиму изотермического отжига.

Сталь обладает повышенным сопротивлением горячей деформации. Однако улучшение пластичности за счет повышения температуры выше указанных пределов недопустимо, так как это приводит к образованию цементитной сетки. Нагрев стали необходимо производить в печах с восстановительной или нейтральной атмосферой.

4. Инструментальные стали

- 2 Критические точки $A_{c1} - 750^\circ; A_{c2} - 715^\circ$ [2].
- 3 Изотермическое превращение аустенита [4].

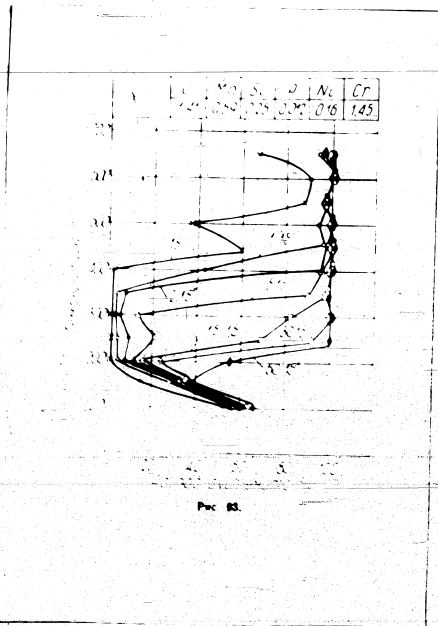


Рис. 83.

Хромистая инструментальная сталь

XГ

4. Прокаливаемость.

Твердость — после закалки в воде (HRC)

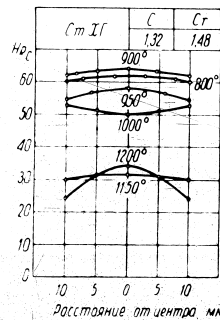


Рис. 94.

5. Влияние различных факторов термообработки на величину линейной деформации при закалке ($\Delta l, \%$), на изменение удельного веса ($\Delta \gamma$), на количество остаточного аустенита ($\% A$) и на твердость закаленной стали [3].

ХРОМИСТАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СТАЛЬ ХГ

Основное назначение — инструментальная сталь повышенной прокаливаемости для изготовления изделий с высокой твердостью.

II СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 5950-51).

Таблица 1

Содержание элементов, %						
C	Mn	Cr	S	P	Si	Ni
и с б о л е е						
1,30—1,50	0,45—0,70	1,15—1,45	0,35	0,030	0,030	0,25

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние	Источник	H _к
Прутки	Отжигенные	ГОСТ 5950-51	241—197

Примечание: Твердость после закалки с 800—850° должна быть не ниже H_к 25.

Хромистая инструментальная сталь ХГ

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Изменение твердости в зависимости от температуры закали [1].

Закалка в воде.

Ст. ХГ	C	Mn	Cr
	1,32	0,57	1,48

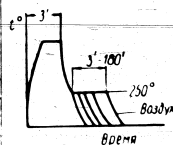
Рис. 92.

265

4. Инструментальные стали

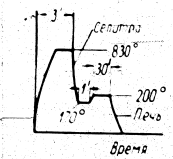
Таблица 3 (продолжение)

Влияющий фактор	$\Delta t, \%$	Δt	$\frac{\%}{\text{мм}}$	R_c	Режим
Частичное изотермическое разложение (время выдержки, мин)	3	+0,17	-0,049	32	63
	30	+0,15	-0,055	27	58
	60	+0,17	-	15	59
	180	+0,21	-0,057	6	55



Рекомендуемый режим

+0,08 -0,025 38 61



III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка и горячая деформация** [1]. Сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки слитков 1100—860°, для заготовок до квадрата 100 мм — 1120—820°.

Охлаждение послековки во избежание образования цементитной сетки следует вести до 700° ускоренно, а затем в песке, золе или шлаке. Перегрев стали приводит к образованию крупной цементитной сетки. Нагрев стали необходимо производить в печах с восстановительной или нейтральной атмосферой.

Прокатку и ковку стали надлежит вести с повышенными стачными обжатиями для получения мелкозернистой структуры и уничтожения дендритной кристаллизации.

Сталь высокоуглеродистая инструментальная

У12А

2. Термическая обработка.

Таблица 4

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Отжиг	760—780	По 40—50° в час до 600—550°, затем на воздухе
Закалка	760—790	Через воду в масле
Отпуск на твердость $R_c = 60-63$	150—180	На воздухе
$R_c = 56-60$	230—275	На воздухе

Сталь весьма чувствительна к перегреву.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления деталей с небольшим сечением (15—20 мм), от которых требуется высокая поверхностная твердость ($R_c > 60$) и повышенная износостойкость.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Ю. А. Геллер и В. С. Бабаев. Инструментальная сталь. 1948.
- [2] И. С. Гаев. Металлографический атлас. 1941.
- [3] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III, Маш. 1947.
- [4] Данные НИИ. П/я 621.

4. Прокаливаемость.

Твердость после закалки в воде [2]

C	Mn
1,15	0,25

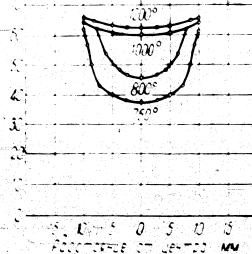


Рис. 86

5. Влияние различных факторов термообработки на величину линейной деформации при закалке ($\Delta L, \%$), изменении удельного веса ($\Delta \gamma$), количество остаточного вустенита ($\% A$) и твердость закаленной стали [3].

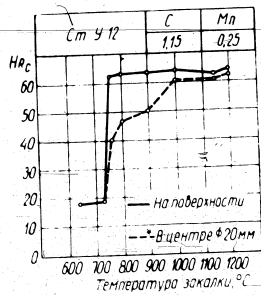
Таблица 3

Влияющий фактор	$\Delta L, \%$	$\Delta \gamma$	$\% A$	R_c	Режим
Обычный режим закалки	+0,28	-0,057	15	65	
Температура закалки					
770°	+0,28	-0,057	15	65	
800°	+0,25	-0,057	19	64	
850°	+0,25	-0,062	24	62	
900°	+0,27	-0,046	29	62	
Охлаждающая среда:					
вода	+0,22	-0,080	19	64	
масло	+0,25	-0,064	23	63	
воздух	-0,15	-0,082	24	62	
печь	+0,10	-0,056	29	62	

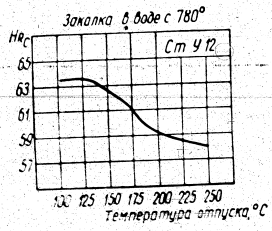
4. Инструментальные стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Изменение твердости в зависимости от температуры закаливания [2].



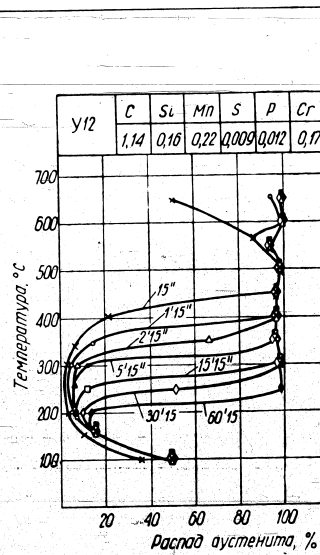
2. Влияние температуры отпуска на твердость стали [1].



Сталь высокоуглеродистая инструментальная

У12А

3. Изотермическое превращение аустенита [4].



4. Инструментальные стали

5. Критические точки $A_{c1} - 730^\circ$; $A_{r1} - 715^\circ$ [4].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавки, горячая деформация. Сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки 1120—820°. Охлаждение послековки в штабелях или на воздухе.

Перегрев стали приводит к образованию крупнозернистой структуры. Нагрев стали необходимо производить в печах с восстановительной или нейтральной атмосферой. Прокатку и ковку стали надлежит вести с повышенными степенями обжатия для получения мелкозернистой структуры и уничтожения следов дендритной кристаллизации.

2. Термическая обработка.

Режимы термообработки

Таблица 3

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Отжиг	750—760*	50° в час до 600—550°, затем на воздухе
Закалка	790—820	В воде
Отпуск на твердость $R_c = 60-61$	150—180	На воздухе

Сталь весьма чувствительна к перегреву.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления деталей, от которых требуется высокая твердость (матрицы, пробойники, ножи по металлу, лезвия ножей и др.).

ИСТОЧНИКИ

1. Н. С. Гасев. Металлографический атлас. 1941.
2. Электросталь. Высокопрочные стали (руководство). 1921.
3. И. Д. Миркин и А. Розанов. Изотермическое превращение аустенита в углеродистых и специальных сталях. Труды МИС. Вып. 7. 1935.
4. Ю. А. Гейзер и В. С. Бабаев. Инструментальная сталь. 1948.
5. Данные НИИ Пул 621.

СТАЛЬ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТАЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ У12А

Основное назначение—инструментальная сталь для деталей с высокой твердостью.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1435-54).

Таблица 1

Содержание элементов, %						
C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
1,15—1,24	0,15—0,30	0,15—0,30	0,20	0,25	0,020	0,030

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	H_R не более
Прутки горячекатаные	отожженные	ГОСТ 1435-54	207

Примечание. Сталь может поставляться и в неотожженном состоянии. Твердость после закалки с 760—780° в воде должна быть не ниже 62 R_c .

2. Влияние температуры отпуска на твердость стали [2].

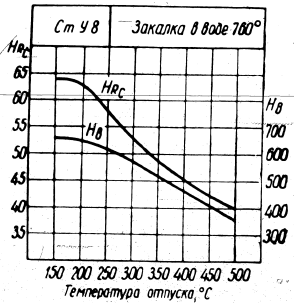


Рис. 80.

3. Изотермический распад аустенита.

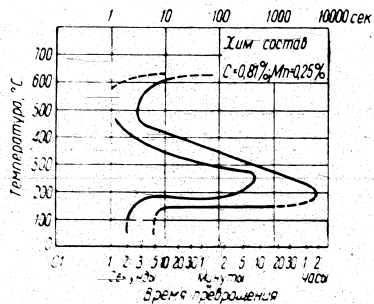


Рис. 81.

4. Прокаливаемость [1].

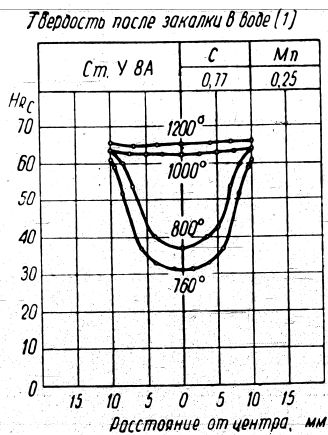


Рис. 82.

4. Инструментальные стали

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	%,	3 мм весом по Виллеру	Твердость по Виллеру (HRC)
Лента	Нагартованная	ГОСТ 2283-43	0,2/0,4/0,7/1,0/1,5/2,0/3,0/4,0/5,0/6,0/8,0/10,0	75-120	1,0	-
Лента	Обожженная (поверхностно)	То же	То же	116-600	10,0	-
Лента первой прочности	Термообработанная (I П)	ГОСТ 2614-55	Толщина от 0,08 до 1,50	75	375-485	-
Лента второй прочности	Термообработанная (II П)	То же	То же	161-190	486-600	-
Лента третьей прочности	Термообработанная (III П)	То же	То же	Более 190	Более 600	-

Примечания: 1. Обработка для испытания на разрыв ленты по ГОСТ 2283-43 изготовлена по ГОСТ 508-41.
2. Испытание на порезный износ и удлинение проводится по ГОСТ 2614-55.
3. Изменение удлинений для ленты изготовленной по ГОСТ 2283-43 фактуально.

Сталь высокоуглеродистая инструментальная

У8А

Общая глубина одностороннего обезуглероживания ленты не должна превышать:

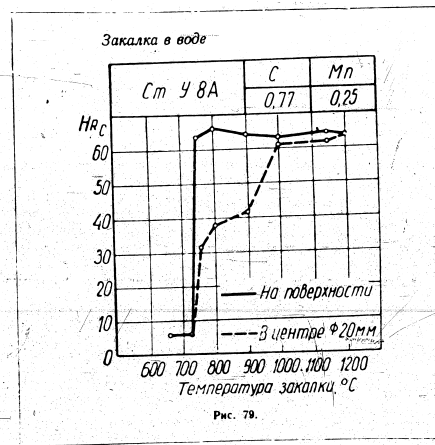
для ленты толщиной до 0,5 мм	0,02 мм
для ленты толщиной свыше 0,5 до 1 мм	0,04 "
для ленты толщиной свыше 1 до 2 мм	0,06 "

По особому требованию заказчика нормы глубины обезуглероживания могут быть уменьшены.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Изменение твердости в зависимости от температуры заковки [1].



4. Инструментальные стали

дение послековки в штабелях или на воздухе. Перегрев стали приводит к образованию крупнозернистой структуры.

Нагрев стали необходимо производить в печах с восстановительной или нейтральной атмосферой. Прокатку и ковку надлежит вести с повышенными степенями обжатия для получения мелкозернистой структуры и уничтожения дендритной кристаллизации.

2. Термическая обработка. Сталь весьма чувствительна к перегреву.

Режимы термической обработки

Таблица 3

Операция	Температура, °C	Охлаждение
Отжиг	750—760	50° в час до 600—550° затем на воздухе
Закалка	800—830	В воде
Отпуск на твердость $R_c=60-61$	150—180	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления деталей с сечением не выше 15—20 мм, от которых требуется высокая поверхностная твердость ($R_c > 60$) и подвергающихся в работе ударам.

ИСТОЧНИКИ

- 1) И. С. Гаев. Металлографический атлас. 1941.
- 2) Электросталь. Вискосортовые стали (руководство). 1931.
- 3) И. Д. Миркин и А. Розанов. Изотермическое превращение углеродистых и специальных сталей. Труды МИС. Вып. 7, 1938.
- 4) Ю. А. Гельдер и В. С. Бабаев. Инструментальная сталь. 1945.
- 5) Данные НИИ. П. в 621.

**СТАЛЬ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТАЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ У8А**

Основное назначение — инструментальная сталь для изготовления пружин, режущего инструмента, измерительных и других изделий.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1435-54).

Таблица 1

Содержание элементов, %

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
			не более			
0,75—0,84	0,15—0,30	0,15—0,30	0,20	0,25	0,000	0,000

3. Изотермическое превращение аустенита [5].

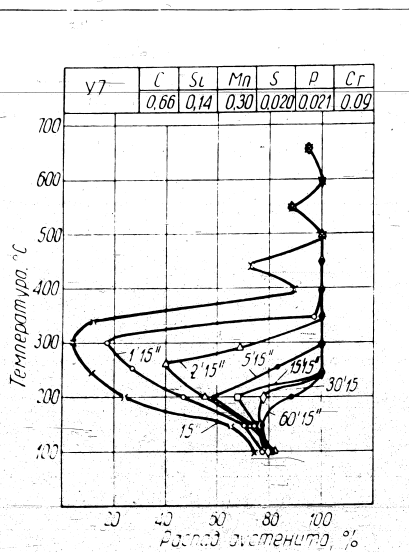


Рис. 77.

4. Прокаливаемость [1].

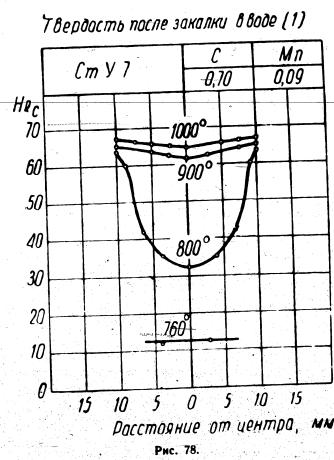


Рис. 78.

5. Критические точки: A_{c1} — 730°; A_{c3} — 760°; A_{r1} — 715° [4].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка и горячая деформация.** Сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки 1120—840°.

4. Инструментальные стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Изменение твердости в зависимости от температуры закали в воде [1]

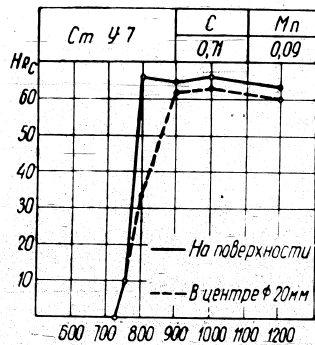


Рис. 75.

Сталь высокоуглеродистая инструментальная УТ и УТЛ

2. Влияние температуры отпуска на твердость стали [2].

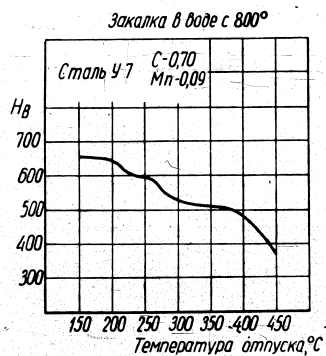


Рис. 76.

**СТАЛЬ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТАЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ У7 и У7А**

Основное назначение — инструментальная сталь для изготовления деталей с высокой твердостью.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1435-54).

Таблица 1

Марка стали	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
У7	0,65—0,74	0,20—0,40	0,15—0,35	0,20	0,25	0,030	0,035
У7А	0,65—0,74	0,15—0,30	0,15—0,30	0,20	0,25	0,020	0,030

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	H _В не более
Прутки горячекатаные	Отожженные	ГОСТ 1435-54	187

Примечание. Сталь может поставляться в неотожженном состоянии. Твердость после выковки с 800—820° в воду должна быть не ниже 62 H_С.

**4. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ
СТАЛИ**

3. Сталь с особыми свойствами

12. Коррозионная стойкость. Чистое железо в окислителях недостаточно стойко. Во влажном воздухе железо легко окисляется (ржавеет). При хранении на открытом воздухе потеря в весе после испытания в течение 1 года составляет 0,0341 г/м² час [1]. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ или красками и эмальями (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** Чистое железо выплавляется в основных мартеновских и электропечах. При горячей механической обработке железо АРМКО имеет интервал хрупкости при температуре 1050—900°. Поэтому сортовую прокатку, ковку, штамповку и т. п. следует вести при температурах 1270—1050° или ниже 900°.

2. **Штампуемость.** Детали из железа могут изготавливаться горячей и холодной штамповкой. Холодная штамповка деталей с большой вытяжкой не вызывает затруднения.

3. **Свариваемость.** Хорошо сваривается всеми видами сварки. Наибольшее распространение имеет контактная сварка. Сварка может производиться как на мягких, так и на жестких режимах.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45 по НО 518-55;

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348 и АН-348А; в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А по ГОСТ 2246-54.

4. **Режим термической обработки.** Оптимальная температура отжига, нормализации, закалки — 900°.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления сердечников и полюсных башмаков электромагнитов, магнитопроводов, деталей реле, деталей магнитоэлектрических индукционных и электромагнитных измерительных приборов, магнитопроводов динамических микрометров, мембран, магнитных экранов и т. п.

Сталь низкоуглеродистая электротехническая А и ЭАА

ИСТОЧНИКИ

- [1] Э. Т. Лянд. Качественная сталь. № 10, стр. 36, 1936.
- [2] Справочник по автомобильным и конструкционным сталям. Машгиз, 1951.
- [3] Г. Н. Титов и П. С. Рогозин. Металлург. № 8, 1937.
- [4] Металл. Хандбук 1939.
- [5] В. И. Костенец. Журнал технической физики. Т. XVI. Вып. 5, 1946.
- [6] А. Б. Фредков. Кислород. № 5, 1945.
- [7] А. С. Займовский и В. В. Усов. Металлы и сплавы в электротехнике. Госэнергоиздат, 1941.
- [8] А. С. Займовский и Л. Ш. Казарновский. Качественная сталь. № 7, стр. 41, 1936.
- [9] М. К. Максимов. Бюллетень ЦНИИ НКЧМ, стр. 2, 1945.
- [10] Д. Хаттори. Металлург. № 4, стр. 84, 1938.

3. Стали с особыми свойствами

11. Физические свойства:

а) Теплоемкость железа C , $\frac{\text{кал}}{\text{г.град}}$

Таблица 7

Интервал температур, °С	-188 + 18	0 - 100	0 - 420	0 - 500	0 - 800	0 - 1000	0 - 1500	0 - 1600
C	0,0859	0,111	0,128	0,142	0,165	0,170	0,165	0,204

б) Теплопроводность железа λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$

Таблица 8

Температура, °С	30	100	200	300
λ	0,168 - 0,173	0,139 - 0,164	0,143 - 0,147	0,137 - 0,131

Таблица 8 (продолжение)

Температура, °С	400	500	600	700
λ	0,112 - 0,116	0,098 - 0,102	0,092 - 0,095	0,091 - 0,094

в) Термическое расширение [4].

Таблица 9

Интервал температур, °С	Средний коэффициент линейного расширения α , 10^{-4}	Интервал температур, °С	Средний коэффициент линейного расширения α , 10^{-4}
20 - 50	11,3	20 - 300	13,71
20 - 100	11,7	20 - 350	13,94
20 - 150	12,25	20 - 400	14,15
20 - 200	12,94	20 - 450	14,31
20 - 250	13,40		

Сталь низкоуглеродистая электроэвхимическая

А и ЭАА

Термическое расширение по табл. 9.

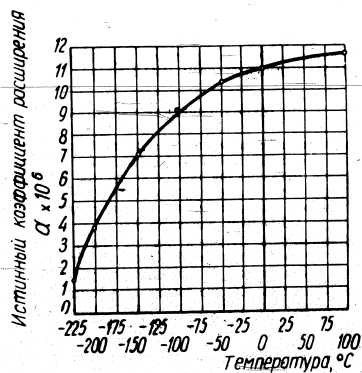


Рис. 74.

г) Электрическое сопротивление ρ при высоких и низких температурах, $\text{ом.мм}^2/\text{м}$ [4].

Таблица 10

Температура, °С	-180	-120	-60	0	100	200	300	400	500
ρ	0,01	0,035	0,067	0,10	0,15	0,22	0,30	0,41	0,55

д) Критические точки $A_{c1} - 918^\circ$; $A_{r1} - 903^\circ$ [2].

3 Стали с особыми свойствами

8. Влияние слабого наклепа на магнитные свойства железа АРМКО [8].

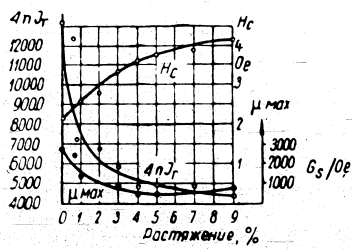


Рис. 73.

Сталь низкоуглеродистая электротехническая А и ЭАА

9. Изменение магнитных свойств наклепанного железа при отжиге [7].

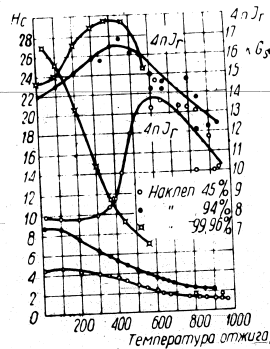


Рис. 74.

10. Влияние меди на коэрцитивную силу железа АРМКО [9].

Таблица 6

Содержание меди, %	Коэрцитивная сила, эрст				
	после отжига	через 6 дней	через 10 дней	через 34 дня	% утолщ. через 34 дни
0,10	1,11	1,11	1,15	1,17	5,1
0,20	1,08	1,10	1,12	1,12	3,7
0,30	1,14	1,15	1,18	1,22	7,0
0,35	1,15	1,18	1,19	1,19	3,5
0,43	1,09	1,10	1,13	1,15	5,5
0,55	1,12	1,12	1,14	1,14	1,8

3. Стали с особыми свойствами

б. Механические свойства железа АРМКО в зависимости от степени холодной деформации [4].

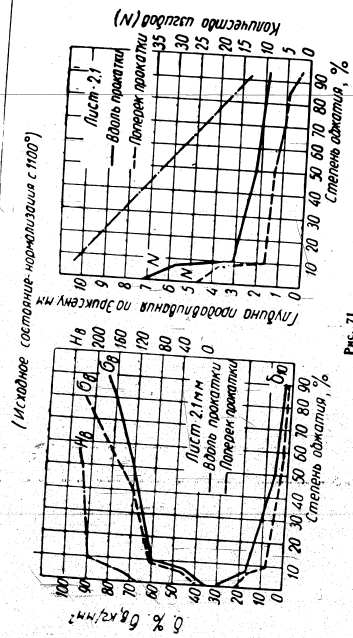


Рис. 71.

Сталь низкоуглеродистая электротехническая А и ЭАА

7. Кривая намагничивания железа типа АРМКО [7].

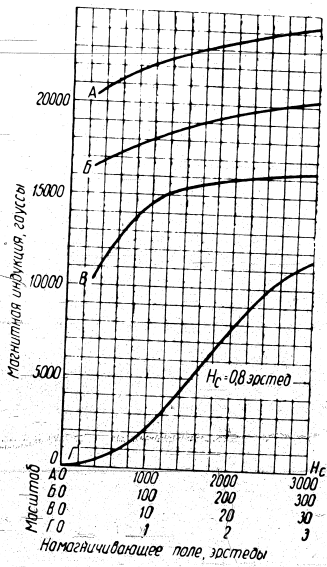


Рис. 72.

3. Стали с особыми свойствами

2. Механические свойства железа АРМКО после оптимальной термообработки [1].

Таблица 4

Термо-обработка	α_s	α_B	δ	ψ	σ_k	H_B
Отжиг 900°	16,7	29,2	33,5	74,0	22,4	72-74
	16,7	30,6	40,3	69,0		
Закалка 900°	28,7	40,8	21,3	68,8	8,8	107-116
	27,4	40,8				

3. Механические свойства при повышенных температурах [3].

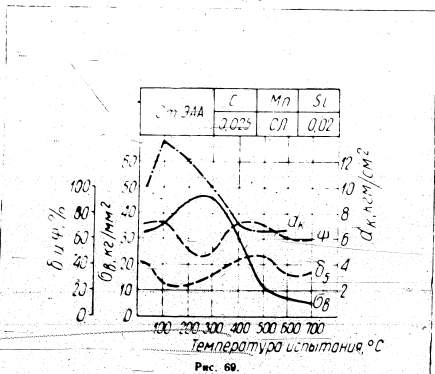


Рис. 69.

Сталь низкоуглеродистая электротехническая А и ЭАА

4. Механические свойства при низких температурах [5].

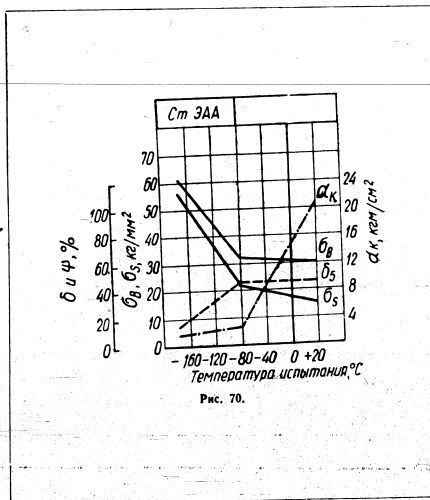


Рис. 70.

5. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [4].

Таблица 5

Температура, °C	16	100	150	200	250	300	350	400
$E \cdot 10^{-3}$	20,86	20,475	19,88	19,48	19,04	18,55	18,06	17,5

**СТАЛЬ НИЗКОУГЛЕРОДИСТАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ
(ЖЕЛЕЗО ТИПА АРМКО) А и ЭАА**

Основное назначение — изготовление деталей магнитопроводов.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 3836-47 и ЧМТУ 2900-56).

Таблица 1

Источник	Марка стали	Содержание элементов, %					
		C	Mn	Si	S	P	Cu
ЧМТУ 2900-56	А	0,025	0,035	0,030	0,025	0,015	0,15
ГОСТ 3836-47	ЭАА	0,040	0,200	0,20	0,030	0,025	0,15

2. Механические свойства.

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее			
			σ_s	σ_b	ψ	$d_{отг}$
Прутки горячекатаные	без термообработки	ЧМТУ 2900-56	27	26	60	5,2
Листы тонкие отожженные		ГОСТ 3836-47	определяется только магнитные свойства			

Сталь низкоуглеродистая электротехническая А и ЭАА

3. Магнитные свойства стали ЭАА (ГОСТ 3836-47).

Таблица 3

Ковригивная сила H_c , эрст	Максимальная проницаемость μ_{max} , гс/эрст	Напряженность намагничивающего поля H , эрст						
		5	10	25	50	100	300	500
		Обозначение индукции						
		B_5	B_{10}	B_{25}	B_{50}	B_{100}	B_{300}	B_{500}
не более	не менее	Величина индукции, з не менее						
0,8	4500	13800	15000	16200	17100	18100	20500	21800

Примечание. Получение значений максимальной проницаемости и индукции, ниже указанных в таблице, не может служить причиной забраковки стали.

**II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)**

1. Механические свойства железа АРМКО в зависимости от режима термообработки [1].

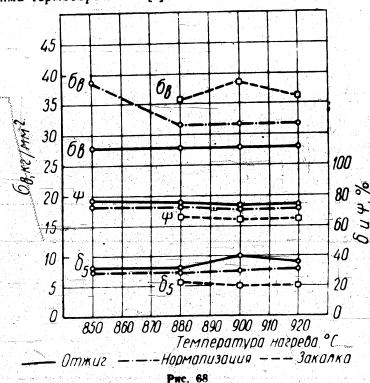


Рис. 68
Образцы плоские, толщиной 2 мм

3. Сталь с особыми свойствами

Таблица 7

Содержание кремния, %	Теплопроводность λ , кал/см.сек.град
0,6	0,108
1,5	0,0768
4,0	0,0192

в) Коэффициент линейного расширения.
Коэффициент термического расширения стали Э4АА мало отличается от такового для железа и может быть принят порядка $12 \cdot 10^{-6}$ на 1°C для интервала температур $0-100^\circ\text{C}$.

г) Электросопротивление и его температурный коэффициент [1].

Таблица 8

Содержание кремния, %	Удельное сопротивление ρ , ом.мм ² /м	Температурный коэффициент электросопротивления на 1°C
4,0	0,62	0,00073
4,5	0,67	0,00070

д) Удельный вес [1].
Удельный вес железа падает по мере введения кремния почти прямолинейно по уравнению:

$$\gamma = 7,874 - 0,0622 \text{ Si},$$

где Si — весовой процент кремния.

Для стали Э42 по ГОСТ 802-54 удельный вес принимается равным 7,55.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная прокатка. Кремнистая электротехническая трансформаторная сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Трансформаторная сталь преимущественно изготавливается в виде листов и лент толщиной до 0,5 мм методом горячей и холодной прокатки.

196

Сталь листовая электротехническая

Э42 (Э4АА)

Прокатка трансформаторной стали производится по особой технологии на специализированных заводах.

2. Коэффициент заполнения. Коэффициент заполнения характеризует всякий пакет из листовых электротехнической стали и является отношением истинного объема стали, находящегося в пакете, к кажущемуся, измеряемому. Практически коэффициент заполнения изменяется в пределах 80—97% и зависит от давления стягивающих шайб, винтов, толщины слоя электроизоляции, равномерности стали по толщине, изогнутости листов и т. д.

3. Электрическая изоляция листов. Пленка окислов, возникающая на поверхности травленых листов, является достаточной изоляцией при индукциях до 10000—12000 гс. При более высокой индукции требуется искусственная изоляция листов лаковой пленкой или тонким слоем бумаги.

4. Краевой наклеп. Наклеп, возникающий при штамповке и резке сердечников из электротехнической стали, может значительно ухудшить ее магнитные свойства. Влияние штамповки и резки на индукцию и потери в машине или аппарате зависит от отношения полной поверхности штамповки к деформированной зоне. Чем больше это отношение, тем меньше влияние краевого наклепа. При ширине штамповки более 30 мм краевым наклепом можно пренебречь. Для снятия краевого наклепа рекомендуется производить повторный отжиг штамповок в чистом сухом кварцевом песке, в ящиках, без подсоса воздуха.

Режим отжига: нагрев до $720-780^\circ$ и выдержка при этой температуре 1—1,5 час; охлаждение с печью до $200-250^\circ$ со скоростью 40—60° в час. При температуре ниже $200-250^\circ$ охлаждение на воздухе, в ящиках.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления магнитных цепей силовых трансформаторов, радиотрансформаторов, дросселей, трансформаторов-автоматики, трансформаторов тока и т. п.

ИСТОЧНИКИ

[1] А. С. Зайковский и В. В. Усов. *Металлы и сплавы в электротехнике*. Госэнергоиздат, 1949.

[2] Т. Енсен. Транзекши американ сосайти фор металс. XX, IV, стр. 337, 1936.

[3] А. А. Гольдман. Доклад на совещании НИТО металлургов. М., 1937.

3. Сталь с особыми свойствами

2. Кривая намагничивания [1].

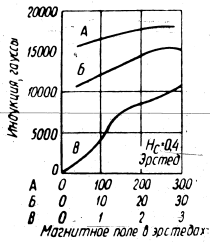


Рис. 67.

3. Влияние углерода на магнитные свойства [2].

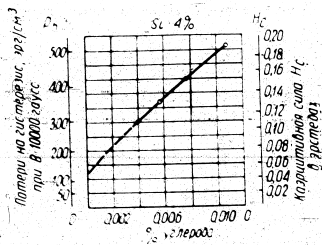


Рис. 68.

Сталь листовая электротехническая 942 (Э4АА)

4. Магнитные свойства в слабых полях [3].

Таблица 5

Постоянный ток		Переменный ток $f=50 \text{ Hz}$	
напряженность поля, ав/см	индукция, гс	напряженность поля, эрст	индукция, гс
0,011	10	0,03	55
0,019	21	0,05	140
0,050	100	0,10	480
0,100	290		

5. Некоторые магнитные характеристики.

Таблица 6

Свойства	Значения
Потери P_{10} вт/кг	1,20
Потери P_{15} вт/кг	2,80
Индукция $B_{0,05}$	85
> B_{10}	14400
> B_{20}	15500
Начальная прониц. M_0 гс/эрст	400
Максимальная прониц. M_{max} гс/эрст	7500
Козрицтивная сила H_c эрст	0,40

6. Физические свойства:

- а) Теплоемкость [1].
Теплоемкость трансформаторной стали Э42 отличается от теплоемкости железа не более чем на 2—3% (см. марки 08 или 10).
- б) Теплопроводность [1].
Теплопроводность железа резко снижается при введении жрежня. При 0° получены следующие значения теплопроводности.

СТАЛЬ ЛИСТОВАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ Э42 (Э4АА)

Основное назначение — изготовление магнитных цепей различных трансформаторов, аппаратов и приборов.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 802-54).

Таблица 1

Пределы содержания элементов, %						
C	Si	Mn	S	P	Cu	
—	4,0—4,8	—	—	—	—	
не более						

Содержание кремния не является браковочным признаком. Для обеспечения надежных магнитных свойств содержание остальных элементов, в особенности углерода, в кремнистой стали должно быть минимальным.

2. Магнитные свойства (ГОСТ 802-54).

Таблица 2

Номинальная толщина листов, мм	Магнитная индукция B , гс при напряженности поля H в/см (ампер-витков на 1 см)					Удельные потери, вт/кг	
	B_{10}	B_{15}	B_{20}	B_{100}	B_{300}	P_{10}	P_{15}^*
	не менее					не более	
0,5	12900	14400	15500	16700	18700	1,40	3,20
0,35	12900	14400	15500	16700	18700	1,2	2,8

* P_{10} и P_{15} измерены при частоте 50 гц и значениях индукции в 1000 и 15000 гс.

СТАЛЬ ЛИСТОВАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ Э42 (Э4АА)

3. Хрупкость. При испытании на хрупкость образцы листов, нарезанные в виде полос шириной 30 мм, должны выдерживать без влома следующее количество перегибов.

Таблица 3

Источник	Номинальная толщина листа, мм	Количество перегибов не менее
ГОСТ 802-54	0,50	1,0
То же	0,35	1,5

Примечание. При испытании на хрупкость концы образца зажимают в тиски с губками, закругленными радиусом 5 мм. Образцы из холоднокатаного листа вырезаются вдоль прокатки.

4. Старение. Увеличение удельных потерь после старения допускается не более чем на 3% по сравнению с данными табл. 2.

Примечание. Увеличение удельных потерь в листовой электротехнической стали вследствие ее старения определяется после нагрева образцов стали в течение 120 час при 150°.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 4

Марка стали	H_b	R_R	σ_s	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,01}$	δ_5	Глубина продавливания по Эрикссону, мм
Трансформаторная (Si ≈ 4%)	220	85	31	47	53	5	3,5

7. **Коррозионная стойкость.** В атмосферных условиях, после термической обработки и полировки сталь вполне устойчива.

Она устойчива против окисления на воздухе при температуре до 900°C. Обычно не приобретает склонности к интеркристаллитной коррозии после нагрева в интервале температур 500—800°C и после правильно проведенной сварки титаносодержащими электродами. (См. раздел III, п. 3).

В концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре вполне устойчива, при температуре +50°C удовлетворительно устойчива.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** (см. сталь 1X18H9).

2. **Обрабатываемость резанием** (см. сталь 1X18H9).

3. **Термическая обработка.** Режим термической обработки: закалка с 1100—1150°, выдержка под закалку 5—10 мин. Закалочная среда — вода или воздушная струя. Быстрое охлаждение с указанных температур предохраняет сталь от появления склонности к интеркристаллитной коррозии, которая в некоторых случаях может иметь место и у титаносодержащей стали 1X18H9Т.

Степень проявления этой интеркристаллитной коррозии может быть значительно снижена проведением предварительного (до сварки) стабилизирующего отжига при температуре 850—900° с охлаждением в воде или на воздухе.

4. **Свариваемость.** Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки.

Для предотвращения коробления и нежелательных изменений в структуре околошовных зон при дуговой, атомно-водородной и газовой сварке рекомендуется применять металлические (медные) подкладки; точечную сварку производить на «жестких» режимах.

Точечную и роликовую сварку рекомендуется проводить с интенсивным охлаждением места сварки водой.

Несмотря на хорошую свариваемость стали в сварных швах появляются горячие трещины.

Горячие трещины образуются вследствие дендритной ликвации, которая приводит к появлению жидких прослоек по границам столбчатых кристаллов аустенита в сварном шве.

В целях уменьшения возможности образования горячих трещин желательно, чтобы в сварочной проволоке углерода было не более 0,06%, серы не более 0,02% и никеля не более 8%.

Рекомендуемые материалы:
а) при ручной дуговой сварке — электроды УОНИ-13/НЖ-2 по ИО 518-55.

б) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-1X18H9Т или Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, флюс ВИ 13-6.

в) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-1X18H9Т или Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1 или ФЦЛ-2, АН-26.

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-0X18H9 или Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, аргон I или II состава по ТУ МХП 4315-54; вольфрам прутковый по ИИО.021.612.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления сварных и штампованных деталей и узлов, стойких против коррозии в атмосфере и некоторых окислителях, а также в условиях повышенных (до 900°) температур.

Применяется в случаях, когда имеется возможность появления интеркристаллитной коррозии, в частности для сварных деталей, которые не могут быть подвергнуты закалке после сварки.

ИСТОЧНИКИ

[1] Г. В. Акимов. Труды ЦАГИ. Вып. 59, 1930.

[2] «Автомобильные и конструкционные стали». Справочник 1951.

[3] Справочник по авиационным материалам под ред. С. Т. Кишкина. 1950.

[4] В. А. Даричев. Качественные стали для современных котельных установок. 1951.

[5] Данные НИИ. П/л 989.

3. Сталь с особыми свойствами

Предел прочности сварных соединений при разных температурах (по средним цифрам табл. 6).

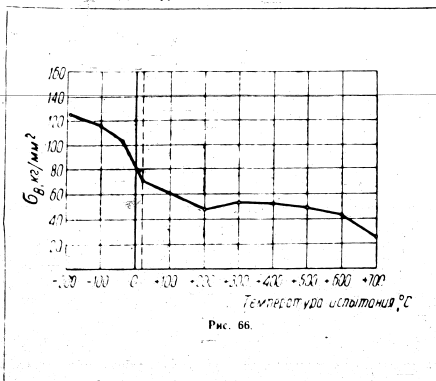


Рис. 66.

г) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез 5

Таблица 7

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	2,0	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	4-5	4,5-5,5	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	180	550	1350	2600

4. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь практически не подвержена отпускной хрупкости. Заметное снижение вязкости возникает лишь после длительной выдержки (более 1000 ч) при температурах 350-870.

Сталь кислотостойкая хромоникелевая с титаном 1X18H9T (Я1Т)

5. Нагартовка при холодной деформации (сталь 1X18H9) [1].

Таблица 8

Состояние материала	Толщина листа, мм	Механические свойства		
		σ _в	δ	H _в
Закалка 1050°, воздух	1,0	66,3	71,0	166
Нагартованное	обжатие на 16%	76,3	35,5	223
Нагартованное	обжатие на 38%	104,9	13,0	309
Нагартованное	обжатие на 58%	121,1	6,0	356
Нагартованное	обжатие на 63%	123,0	4,2	360

Примечание. Состав стали, %: С=0,13; Si=0,55; Mn=0,4; Cr=18,2; Ni=10,06; Ti—нет.

6. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ — $\frac{\text{кал}}{\text{см. сек. град.}}$ [3].

Таблица 9

Температура, °C	100	200	400	600	800	900	1000
λ	0,033	0,054	0,056	0,06	0,066	0,0725	0,079

б) Теплоемкость в интервале 25-100° C = 0,12 $\frac{\text{кал}}{\text{г. град.}}$ [2].

в) Коэффициент линейного расширения α [3].

Таблица 10

Температура, °C	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800
α · 10 ⁶	15,95	17,32	18,74	20,24	21,23	22,2	23,59

г) Удельное электросопротивление при 20°

ρ = 0,8 $\frac{\text{ом.мм}^2}{\text{м}}$ [3].

д) Удельный вес γ = 8,0 г/см³ [3].

3. Стали с особыми свойствами

3. Механические свойства сварных соединений.

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением, по отношению к минимальной прочности основного материала, для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных — 0,65.

Примечание: Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре [5].

Таблица 5

Предел прочности (миним.—макс. среди)		Ударная вязкость (миним.—макс. среди)
Стыковое соединение с усилением	Нахлестка	
69,5—71,3 70,3	57,8—65,7 63,0	9,32—11,9 10,0

Примечания: 1. Образцы сварены электродами УОНИ-13/НЖ-2 со стержнем из проволоки Св-ОХ18Н9 по ГОСТ 2246-54.
2. Химический состав стали, %: С=0,15; Mn=0,50; Si=0,47; Cr=17,5; Ni=9,44; Ti=0,40.
3. Ударные образцы для сварных образцов по ГОСТ 3242-46.

Сталь кислотостойкая хромоникелевая с титаном

1Х18Н9Т (Я1Т)

в) Механические свойства сварных соединений при повышенной и пониженной температуре [5].

Таблица 6

Термическая обработка после сварки	σ _{ср.}	Температура испытания, °С										
		-196	-100	-50	+20	+200	+300	+400	+500	+600	+700	
Без термической обработки	миним.	111,0	111,1	102,0	69,5	50,0	54,7	54,2	49,7	42,2	25,8	
	макс.	126,0	118,2	105,8	71,3	52,3	55,3	54,5	50,0	44,2	27,0	
	среди.	123,9	113,6	104,1	70,3	51,2	55,0	54,3	49,8	43,2	26,2	

Примечания: 1. Образцы сварены с усилением, электродами УОНИ-13/НЖ-2 со стержнем из проволоки Св-ОХ18Н9 по ГОСТ 2246-54.
2. Химический состав стали, %: С=0,15; Mn=0,50; Si=0,47; Cr=17,50; Ni=9,44; Ti=0,40.

3. Сталь с особыми свойствами

лока Св-0Х18Н9, Св-Х18Н1М по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1 или ФЦЛ-2;

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-Х18Н1М ГОСТ 2246-54, аргон I или II состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам прутковый по НИО.021.612.

б) Свариваемость стали 2Х18Н9

Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Сварные конструкции, работающие в кислотах, после газовой, атомно-водородной и дуговой сварки должны подвергаться термической обработке (закалка с 1100—1150° С).

Точечную и роликовую сварку рекомендуется проводить с интенсивным охлаждением места сварки водой.

Точечная сварка производится на «жестких» режимах.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке электроды УОНИ-13/НЖ-2 по ИО 518-55.

Примечание. В качестве электродных стержней применять только сварочную проволоку Св-Х18Н1М по ГОСТ 2246-54.

б) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-Х18Н1М по ГОСТ 2246-54, флюс ВП13-6 (НЖ8);

в) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-Х18Н1М по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1 или ФЦЛ-2;

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-Х18Н1М ГОСТ 2246-54, аргон I или II состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам прутковый по НИО.021.612.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь 1Х18Н9 и сталь 2Х18Н9 применяются в термически обработанном и нагартованном состоянии для изготовления деталей, работающих при повышенных коррозионных воздействиях и повышенной до 850—900° температуре.

Для сварных конструкций предпочтительно применять сталь 1Х18Н9 (с обязательной последующей закалкой).

Обе стали применяются также для изготовления немагнитных деталей (в закаленном состоянии).

ИСТОЧНИКИ

1. «Автомобильные конструкционные стали». Справочник Машгиз, 1985.

2. А. Б. Кинцел и Русселл Фрэнкс. Высокохромистые нержавеющие и жаропрочные стали. Металлургиястат, 1945.

СТАЛЬ КИСЛОТОСТОЙКАЯ ХРОМОНИКЕЛЕВАЯ С ТИТАНОМ 1Х18Н9Т (Я1Т)

Основное назначение: изготовление деталей и сварной аппаратуры стойких в азотной кислоте всех концентраций и устойчивых при повышенных температурах.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ ИЛИ ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 5632-51).

Таблица 1

Содержание элементов, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
не более			не более				
0,12	0,8	2,0	17,0—20,0	8,0—11,0	до 0,8*	0,03**	0,035

* Минимальное содержание Ti подсчитывается по формуле: $S(C\% - 0,03)$.

** Для стали, подвергающейся сварке, содержание серы не должно превышать 0,02%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее					
			σ_s	σ_b	δ_5	ψ	a_k	M_k
Лист горячекатаный и холоднокатаный	Закалка: 1050—1120°, вода или воздух	ГОСТ 5582-50	54	40				

3. Стали с особыми свойствами

6) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г.град}}$

Таблица 5

Сталь	Температура, °С			
	25-100	120	616	1050
1X18H9	0,12	—	—	—
2X18H9	—	0,112	0,174	0,242

в) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$

Таблица 6

Сталь	Температура, °С					
	25-100	25-500	37	285	534	646
1X18H9	0,04-0,05	0,0515	—	—	—	—
2X18H9	—	—	0,039	0,045	0,052	0,054

г) Удельный вес γ для 1X18H9 = 7,87—7,90 г/см³, для 2X18H9 = 7,68 г/см³.

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях стали вполне устойчивы. На деталях с плохим качеством поверхности могут появиться местные коррозионные пятна. Для наибольшей стойкости рекомендуется полировка.

Стали устойчивы против окисления на воздухе при температурах до 850—900° (потери при 900° от окисления около 1 г/см² час).

Обе стали имеют склонность к интеркристаллитной коррозии после нагрева в интервале температур 500—800°, причем сталь 2X18H9 в большей степени, чем сталь 1X18H9.

В концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре вполне устойчивы, при +50° С — удовлетворительно устойчивы.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплачивается в электрических печах. При нагреве дляковки или проката необходим предварительный медленный подогрев до 820—850°. Ввиду низкой теплопроводности общая длитель-

Сталь кислотостойкая хромоникелевая 1X18H9 (Я1), 2X18H9 (Я2)

ность нагрева увеличена. Температурный интервал горячей механической обработки 1200—900°, обработка при температуре ниже 900° приводит к нагартовке стали (например, при прокатке тонких листов).

Ковка и прокат требуют большей затраты работы (из-за повышенной жаропрочности стали), чем для обычных конструкционных сталей.

Сталь удовлетворительно катается в холодном состоянии на лист (не тоньше 0,5 мм) и ленту с применением промежуточных подогревов.

Охлаждение после горячей механической обработки производится на воздухе.

Сталь штампуется в холодном состоянии, для сложных штамповок необходимы промежуточные отжиги (при 800—850°).

2. Обрабатываемость резанием. По отношению к стали А-12 обрабатываемость не выше 40% [1].

Из-за быстрого наклепывания сталь обрабатывается резанием по специальной технологии.

3. Термическая обработка. Режим термической обработки: температура закалки 1080—1130° для марки 1X18H9 и 1100—1150° для марки 2X18H9; выдержка под закалку 5—10 мин.; закалочная среда — воздушная струя или вода (быстрое охлаждение предохраняет сталь от интеркристаллитной коррозии).

Нагрев закаленной стали выше 500° вызывает склонность к интеркристаллитной коррозии.

4. Свариваемость.

а) Свариваемость стали 1X18H9.

Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки. Сварные конструкции, работающие в азотной кислоте и ее смеси, после газовой, атомно-водородной и дуговой сварки должны подвергаться термической обработке (закалка с 1080—1130°).

Точечную и роликовую сварку рекомендуется проводить с интенсивным охлаждением места сварки водой. Точечная сварка производится на жестких режимах.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке — электроды УОНИ-13/НЖ-2 по ИО 518-55;

б) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-ОХ18Н9 или Св-Х18Н1М по ГОСТ 2246-54, флюс ВИ13-6 (НЖ8);

в) при автоматической сварке под слоем флюса — про-

3. Стали с особыми свойствами

Таблица 1 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее			
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_5	ψ
Лента полунагартованная (ПН)	Без термообработки	ГОСТ 4986-54	80	20 (δ_{10})	—	—
Лента нагартованная (Н)	Без термообработки	То же	100	13 (δ_{10})	—	—
Лента особо нагартованная (ОН)	То же	То же	115	8 (δ_{10})	—	—
Сортовой прокат	Заказка 1100—1150°—вода	ГОСТ 5949-51	20	55	45	60
Труба горячекатаная и холоднокатаная	Закаленная	ГОСТ 5543-50	56	40	—	—
Проволока	Нагартованная	ГОСТ 5548-50	110	—	—	—
Дюккий лист горячекатаный и холоднокатаный	Сталь 2X18H9	—	—	—	—	—
Лента холоднокатаная мягкая (М)	Термообработанная	ГОСТ 4986-54	58	35 (δ_{10})	—	—
Лента полунагартованная (ПН)	Без термообработки	То же	80	20 (δ_{10})	—	—
Лента нагартованная (Н)	То же	То же	100	13 (δ_{10})	—	—
Лента особо нагартованная (ОН)	То же	То же	115	8 (δ_{10})	—	—
Сортовой прокат	Заказка 1100—1150°—вода	ГОСТ 5549-51	22	58	40	55
Проволока	Нагартованная	ГОСТ 5548-50	110	—	—	—

* Нагартованная проволока испытывается навивкой (см. ГОСТ 4550 изд. введ. 11).

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ

1. Механические свойства при повышенных температурах. Механические свойства сталей 1X18H9 и 2X18H9 в закаленном состоянии при повышенных и пониженных температу-

Сталь кислотостойкая хромоникелевая 1X18H9 (Я1), 2X18H9 (Я2)

рах примерно равны соответствующим данным для стали 1X18H9Т (ЭЯ1Т).

2. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь не подвержена отпускной хрупкости.

3. Нагартовка при холодной деформации (сталь 1X18H9) [2].

Таблица 3

Состояние материала	Диаметр, мм	Механические свойства		
		σ_s	$\sigma_{0.2}$	H_B
Отожженный пруток	6,1	61,87	24,6	135
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 20%)	—	84,37	63,3	230
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 40%)	—	112,49	105,4	300
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 60%)	—	147,65	140,0	370
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 80%)	—	178,0	178,0	400
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 90%)	—	182,8	182,0	400

4. Механические свойства сварных соединений. Механические свойства сварных соединений стали 1X18H9 и 2X18H9 аналогичны механическим свойствам сварных соединений стали 1X18H9Т.

5. Модуль нормальной упругости (см. сталь 1X18H9Т)

6. Физические свойства [1].

а) Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$.

Таблица 4

Температура, °С, для Я1				Температура, °С, для Я2			
25-100	25-200	25-300	25-500	0	200	400	500
16,0	16,8	17,5	18,5	18,8	18,8	18,8	18,8

3. Стали с особыми свойствами

4. Термическая обработка. Сталь может закаливаться с температуры 950—1100° в масле или на воздухе. Длительная выдержка стали при температуре более 1050° приводит к росту зерна. Рекомендуемая температура закалки 1000—1050° с охлаждением в масле или на воздухе. Отпуск производится: а) между 200—300°, при этом получается прочность не менее 130 кг/мм²; б) между 660—770°, при этом прочность получается 66—90 кг/мм².

Сталь при температурах отпуска, близких к 500°, получает минимальное сопротивление удару. Температура низкого отжига для получения мягкой и вязкой стали 775—790°.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей с повышенной твердостью при наличии коррозионного воздействия атмосферы и некоторых окислителей, а также для деталей, работающих при повышенных температурах — шестерен, авиационных приборов, зубчаток, винтов, гаек и других деталей.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Ф. Ф. Химмушин. Нержавеющие, кислотоупорные и жароупорные стали. Металлургия, 1945.
- [2] «Машиностроение». Энцикл. технический справочник. Т. III. Машин., 1947.
- [3] Справочник по авиационным материалам под ред. С. Т. Кашкина, 1950.
- [4] Автомобильные конструкционные стали. Справочник, 1951.
- [5] Данные НИИ Пя 989.
- [6] Меликян. Нержавеющее железо и сталь ОНТИ, 1932.

СТАЛЬ КИСЛОТОСТОЙКАЯ ХРОМОНИКЕЛЕВАЯ
1X18H9(Y1), 2X18H9(Y2)

Основное назначение — изготовление деталей, работающих в условиях повышенных коррозионных воздействий. Применяется в закаленном или закаленном и нагартованном состоянии.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 5632-51).

Таблица 1

Марка	Содержание элементов, %					
	C	Si не более	Mn не более	Cr	Ni	S P не более
Y1	≤0,14	0,8	2,0	17,0—20,0	8,0—11,0	0,030 0,035
Y2	0,15—0,25	0,8	2,0	17,0—20,0	8,0—11,0	0,030 0,035

Для стали, подвергающейся сварке, содержание серы не должно превышать 0,020%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источ-ник	σ _т , σ _с , σ _к , %		
			σ _т	σ _с	σ _к
Тонкий лист холоднокатаный и горячекатаный	Сталь 1X18H9				
	Закалка 1080—1120°, вода или воздух	ГОСТ 5582-50	—	55	35
Лист холоднокатаный Лента холоднокатаная мягкая (М)	Нагартованный	ЧМТУ 3126-52	—	100—125	15
	Термообработанная	ГОСТ 4986-54	—	54	35 (0,1)

3. Сталь с особыми свойствами

Таблица 4

Характеристика	Температура отпуска °С				Состав стали, %
	500	600	700	750	
Заказка 900° в масле [1]					
σ_s	132,9	86,2	59,9	49,1	C=0,22 Cr=11,5 Ni=0,76
σ_b	138,6	88,6	73,5	69,2	
δ_5	9,5	24,0	26,0	28,0	
ψ	36,4	52,2	58,0	61,5	
a_k	2,2	3,3	8,6	9,3	
Заказка 1050° на воздухе [2]					
σ_s	95,0	65,0	42,0	—	
σ_b	125,0	85,0	60,0	—	
δ_5	7,0	10,0	20,0	—	
ψ	4,5	16,0	60,0	—	
a_k	5,0	7,0	8,0	—	

4. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь подвержена отпускной хрупкости.

5. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см}\cdot\text{сек}\cdot\text{град}}$ [3]

Таблица 5

Температура, °С	100	200	300	400	500
λ	0,061	0,062	0,064	0,067	0,069

б) Теплоемкость C в интервале 0—100° $\frac{\text{кал}}{\text{г}\cdot\text{град}}$ [4]

в) Коэффициент линейного расширения α [4]

Таблица 6

Интервал температур, °С	0—100	0—200	0—300	0—400	0—500
α	9,8	10,4	10,9	—	11,3

«Сталь нержавеющей», хромистая 2X13(ЭЖ2)

г) Критические точки (приблизительно) $A_{c1} = 800-820^\circ$; $A_{r1} = 760^\circ$; $A_{c2} = 875-900^\circ$ [6].

д) Удельный вес $\gamma = 7,75 \text{ г/см}^3$ [4].

е) Удельное электросопротивление при 20° $\rho = 0,6 \frac{\text{ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$ [3].

6. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях после термической обработки и полировки сталь вполне устойчива.

Неполированная поверхность при атмосферном хранении покрывается тонким слоем окислов.

В концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре сталь удовлетворительно устойчива.

Сталь окалиностойка в среде воздуха до 750°. При этой температуре потеря металла на окалинообразование составляет около 1 г/м² час. Выше 825° окалинообразование резко усиливается.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, холодная и горячая деформация (см. сталь 1X13 (ЭЖ1)).

2. Обрабатываемость резанием (см. сталь 1X13 (ЭЖ1)).

3. Свариваемость. Сталь обладает ограниченной свариваемостью всеми видами сварки.

Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку, а также прихватку при толщине материала 2,5 мм и более следует производить с предварительным местным подогревом до 300—350°.

Точечную сварку следует производить на «мягких» режимах с предварительным местным подогревом до 250—300° С.

После сварки не позднее чем через 2—3 часа сварные узлы и конструкции необходимо подвергать отпуску при 650—750°.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке—электроды УОНИ-13/НЖ-2 по НО 518-55 со стержнем из сварочной проволоки Св-Х18Н1М или Св-2X13 по ГОСТ 2246-54;

б) при газовой и атомно-водородной сварке—сварочная проволока Св-Х18Н1М или Св-2X13 по ГОСТ 2246-54; флюс ВИ13-6 (НЖ8);

в) при автоматической сварке под слоем флюса—сварочная проволока Св-Х18Н1М или Св-2X13 по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1 или ФЦЛ-2.

Примечание. Для сварки конструкций, работающих в агрессивных средах, в качестве присадочной проволоки брать проволоку только из стали Св-2X13.

СТАЛЬ НЕРЖАВЕЮЩАЯ ХРОМИСТАЯ 2Х13 (ЭЖ2)

Основное назначение — изготовление деталей с повышенной твердостью при наличии коррозионных воздействий или деталей, работающих при повышенных температурах.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 5632-51). Таблица 1

С	Содержание элементов, %						
	Мп	Si	Cr	S	P	Ni	
0,16	0,24	0,6	12,0	14,0	0,030	0,035	0,6
		не более				не более	

2. Механические свойства (в состоянии поставки). Таблица 2

Вид профи- риката	Состояние поставки	Источник	σ _т σ _с σ _{с2} σ _{с3} σ _{с4}				H _к
			не менее				
Лист горяче- катаный	Отжиганный при 740-760°K	ГОСТ 5582-50	—	50	20	—	—
Лист металла (N) холодно- катаный	Отжиганный	ГОСТ 4986-54	—	50	20	—	—
Сортовой про- кат	Отжиганный	ГОСТ 5949-51	—	—	—	—	126- 197
То же	Закалка 1000-1150°K в воздухе или ма- селе, отпуск 600-770°K	ГОСТ 5949-51	45	66	16-35	8	—

Примечание: Механические свойства, требуемые в изделиях, изготавливаемых чертёжом.

Сталь нержавеющая, хромистая 2Х13 (ЭЖ2)

**II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)**

1. Механические свойства при высоких и низких температурах [5].

Таблица 3

Температу- ра, °C	-193	-100	-75	-50	+20	+100	+200
σ _{0,2}	113,4	68,3	64,4	60,5	57,0	56,5	52,2
σ _с	125,3	114,5	87,4	84,8	78,2	72,1	67,0
σ _{с2}	22,5	23,2	22,9	22,9	22,0	19,1	19,2
ψ	36,5	54,9	55,8	60,3	64,2	59,4	62,7
ε _к	0,5	3,0	5,5	6,3	12,3	16,1	18,3

Таблица 3 (продолжение)

Температу- ра, °C	+300	+400	+450	+500	+550	+600	+700
σ _{0,2}	50,0	47,9	—	42,8	—	29,7	11,3
σ _с	65,8	59,3	—	48,6	—	31,7	14,8
σ _{с2}	16,6	17,4	—	23,1	—	33,8	48,6
ψ	59,4	59,7	—	72,3	—	85,5	95,6
ε _к	18,4	17,5	17,6	18,5	19,1	20,1	27,9

Примечания: 1. Термобработка: закалка от 1050° на воздухе, отпуск 650°.

2. Образцы для испытаний на разрыв diam 6 мм вырезались из заготовок diam 16 мм.

3. Химический состав стали, %: C = 0,22; Mn = 0,30; Si = 0,29; P = 0,028; S = 0,020; Ni = 0,19; Cr = 14,32.

2. Модуль нормальной упругости E (см. сталь 1X13 (Ж-1)).

3. Механические свойства в зависимости от термообработки.

3. Сталь с особыми свойствами

г) Критические точки см. сталь 2X13 (ЭЖ2).
 д) Удельный вес $\gamma = 7,75 \text{ г/см}^3$.

7. **Коррозионная стойкость.** В атмосферных условиях после термической обработки и полировки сталь вполне устойчива.

Поверхность с пониженной чистотой обработки покрывается в атмосферных условиях тонким слоем окислов, мало увеличивающихся при длительном хранении.

В концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре сталь удовлетворительно устойчива.

Эта сталь устойчива и против окисления в воздухе до $+750^\circ$; при этой температуре потеря металла составляет около $1 \text{ г/м}^2 \text{ час}$.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** Выплавка стали производится в электрических печах. Горячая деформация (ковка, прокат) несколько затруднена из-за повышенной твердости стали. Температурный интервал горячей механической обработки $1150-850^\circ$.

При нагреве стали необходим предварительный медленный подогрев до $800-850^\circ$. Общая длительность нагрева увеличена из-за пониженной теплопроводности стали. Охлаждение после горячей механической обработки должно быть замедленным (в масле, в печи). В отожженном состоянии возможна холодная прокатка на лист (толщиной до $0,5 \text{ мм}$) и ленту и протяжку.

Штампуется в холодном состоянии удовлетворительно, для сложных штамповок необходим промежуточный отжиг при температуре $750-800^\circ$.

2. **Обработываемость резанием.** Относительная обрабатываемость (по сравнению с А-12) — 45% [1]. Сталь склонна давать надпины на режущем инструменте и задиры, особенно в отожженном состоянии.

3. **Термическая обработка.** Сталь может закаливаться с температуры $950-1100^\circ$ в масле или на воздухе.

Длительная выдержка стали при температуре более 1050° приводит к росту зерна. Рекомендуемая температура закалки $1000-1050^\circ$ с охлаждением в масле или на воздухе.

Для листов толщиной ниже 4 мм рекомендуется нормализация, листы толщиной выше 4 мм и прутковый материал закаливаются в масле. Отпуск производится между $200-450^\circ$ при требуемой прочности больше $100-120 \text{ кг/мм}^2$ и $650-750^\circ$ при прочности $60-80 \text{ кг/мм}^2$.

Температура низкого отжига для получения мягкой и вязкой стали $740-780^\circ$ с охлаждением на воздухе.

177

Сталь нержавеющая, хромистая 1X13 (ЭЖ1)

4. **Свариваемость.** Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки.

Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку, а также прихватку сложных узлов и конструкций при толщине материала $2,5 \text{ мм}$ и более, следует производить с предварительным местным подогревом до температуры $300-350^\circ$.

Точечную сварку производить на «мягких» режимах с предварительным местным подогревом до $250-300^\circ \text{С}$.

После сварки не позднее чем через $8-10$ часов сварные узлы и конструкции необходимо подвергать отпуску при $650-750^\circ$.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке электроды УОНИ-13/НЖ-2 по НО 518-55 со стержнем из сварочной проволоки Св-0Х18Н9, Св-Х18Н11М или Св-1Х13 по ГОСТ 2246-54;

б) при газовой и атомно-водородной сварке сварочная проволока Св-0Х18Н9, Св-Х18Н11М или Св-1Х13 по ГОСТ 2246-54, флюс ВИ13-6 (НЖ8);

в) при автоматической сварке под слоем флюса сварочная проволока Св-0Х18Н9, Св-Х18Н11М или Св-1Х13 по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1, ФЦЛ-2;

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-0Х18Н9, Св-Х18Н11М, Св-1Х13 ГОСТ 2246-54, аргон 1 состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам прутковый НИО 021.612.

Примечание. Для сварки конструкций, работающих в кислоте, в качестве присадочной проволоки брать проволоку Св-1Х13.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Из стали изготавливаются детали средней твердости, подвергающиеся ударным нагрузкам, воздействию пара, некоторых окислителей, а также повышенных температур.

ИСТОЧНИКИ

- [1] «Автомобильные конструкционные стали». Справочник 1951.
- [2] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III, Машгиз, 1947.
- [3] Справочник по авиационным материалам. Т. II, Оборонгиз, 1960.
- [4] Данные НИИ. П/л 989.

3. Сталь с особыми свойствами

Таблица 4 (продолжение)

Ударная вязкость	Температура отпуска, °C						Примечание
	без отп.	200	400	500	600	700	
σ_s	—	—	—	100	75	60	Сортовой прокат после закалки с 1050° на воздухе [2]
σ_b	—	—	—	80	55	42	
δ_5	—	—	—	8	12	20	
a_k	—	—	—	7	5	9	

3. Модуль нормальной упругости $E \cdot 10^{-3} = 19,6 - 21,0 \text{ кг/мм}^2$ [1]

4. Механические свойства сварных соединений

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных — 0,65.

Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре [4].

Таблица 5

Термообработка до и после сварки	Предел прочности		Ударная вязкость	
	миним.	макс.	миним.	макс.
До сварки	85,0	88,6	6,98	9,28
после сварки	85,6	—	7,95	—

Примечание. Разрывные образцы с усилением, сварены дуговой сваркой электродом УОНИ-13.11Ж-2. Химический состав стали, %: С — 0,15; Сг — 12,8; N — 0,5.

Сталь нержавеющая, хромистая

1X13 (ЭЖ1)

в) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез (после отжига или высокого отпуска) [4].

Таблица 6

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кгс	300	700	1100	1600	2500	3500

5. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь подвержена отпускной хрупкости.

6. Физические свойства [1]:

а) Теплопроводность $\lambda, \frac{\text{ккал}}{\text{см.сек.град}}$

Таблица 7

Температура, °C	29	277	662	756
λ	0,055	0,052	0,058	0,054

б) Теплоемкость $C, \frac{\text{ккал}}{\text{г.град}}$

Таблица 8

Температура, °C	20	84	200	585	1069
C	—	0,107	—	0,220	0,202

в) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 9

Температура, °C	20	100	200	300	500
$\alpha \cdot 10^6$	—	11,2	12,6	13,7	14,3

СТАЛЬ НЕРЖАВЕЮЩАЯ, ХРОМИСТАЯ 1Х13 (ЭЖ1)

Основное назначение — изготовление деталей, требующих повышенной коррозионной стойкости или работающих при повышенных температурах.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 5632-51).

Таблица 1

Содержание элементов, % не более						
C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni
0,15	0,6	0,6	12,0—14,0	0,030	0,035	0,6

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	н.е. м.и.с.с.					H _к
			σ_s	σ_a	δ_5	ψ	a_k	
Лист горячекатаный	Отожженный при 740—780°	ГОСТ 5682-50	—	40	21	—	—	—
Лист малокатаный (М), холоднокатаный	Отожженная	ГОСТ 4986-54	—	40	21	—	—	—
Сортовой прокат	Отожженный ГОСТ 5949-51	—	—	—	—	—	121—187	—
То же	Заказка с 1000—1050° в воде или масле отпуском при 700—750°	То же	42	60	20	60	9	—

Сталь нержавеющая, хромистая

1Х13 (ЭЖ1)

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Механические свойства основного металла при повышенных и пониженных температурах [4].

Таблица 3

Температура, °С	-193	-74	-40	+20	+200	+300	+400	+450	+500	+550	+600	+700
$\sigma_{0,2}$	116,3	87,5	84,2	79,0	73,1	71,9	65,6	61,8	53,1	47,1	35,1	14,4
σ_a	118,3	98,6	93,2	95,0	81,9	81,9	73,1	64,7	57,4	48,8	37,8	17,8
δ_{10}	0	12,3	12,4	14,0	9,4	7,8	9,0	10,0	10,1	13,9	15,1	20,3

Примечания: 1. Термообработка: нормализация с 1050°, отпуск при 580°, выдержка 1,5 часа.
2. Химический состав стали, %: С = 0,12; Mn = 0,29; Si = 0,20; S = 0,020; P = 0,026; Cr = 11,77; Ni = 1,41.
3. Образцы вырезались из листа толщиной 3,5 мм в продольном направлении. Ширина образца 8 мм, длина 65 мм.

2. Механические свойства в зависимости от термообработки.

Таблица 4

Характеристика	Температура отпуска, °С						Примечание
	без отп.	200	400	500	600	700	
σ_a	107—112	107—109	107—112	112	80	70	Лист толщиной 3 мм, после закалки на воздухе с 1050° Состав стали, %: С = 0,09 Cr = 12,78 (3 и 4)
$\sigma_{0,2}$	90—92	88	91 92 88—90	63	63	55	
δ_5	7—10	8	7,3—9,5	9—10	22	25	

3. Сталь с огибными свойствами

на $\sigma_s = 80-95 \text{ кг/мм}^2$ рекомендуется отпуск в интервале температур 560—600°, в зависимости от плавки.

3. **Свариваемость.** Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. При ручной и механизированной аргонодуговой сварке плавящимся электродом во избежание пористости швов обратная сторона стыковых соединений должна защищаться подкладкой с неглубокой узкой канавкой. Лучшие результаты получаются при защите обратной стороны шва аргоном или азотом, подаваемым в канавку приспособления. Ручную дуговую, газовую и атомно-водородную сварку, а также прихватку жестких замкнутых контуров при толщине материала 2,5 мм и более, производят с предварительным местным подогревом до 300—350° С. Аргоно-дуговую сварку без присадки следует производить без прихваток, во избежание трещин.

Автоматическая сварка под слоем флюса может производиться на стальных, медных, графитовых и т. п. подкладках. В медных и графитовых подкладках должна быть формирующая канавка. Конструктивные размеры подкладок с канавкой выбираются в зависимости от толщины свариваемых листов.

Контактную сварку (точечную) необходимо производить на мягких режимах. После сварки, не позднее, чем через 8—10 часов, сварные узлы и конструкции необходимо подвергнуть высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке электроды КЭ-1 или КЭ-2 по ИО 518-55;

б) при автоматической сварке под слоем флюса—проволока Св-Х5М по ГОСТ 2246-54; флюс АН-348 или АН-348А;

в) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-Х5М ГОСТ 2246-54, аргон I состава по ТУ МХП 4315-54, аргон II состава по ТУ МХП 4315-54 с содержанием азота не более 0,27%.

Вольфрам прутковый по НИО.021.612.

г) газовая и атомно-водородная сварка— проволока Св-Х5М ГОСТ 2246-54.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления холодных штамповок из листа толщиной до 2,5 мм; горячих штамповок без ограничения толщины; сварка всех видов.

Типичные примеры применения:

Сталь может быть использована для тонкостенных сварных емкостей и отдельных деталей, работающих при повышенных температурах до 500° или доиженных до 60°.

Сталь теплоустойчивая хромомolibденовая малоуглеродистая 12Х5МА

В резервуарах и баках рекомендуется применять сталь со следующими механическими свойствами:

а) $\sigma_s \geq 100 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_b \geq 90 \text{ кг/мм}^2$.

В этом случае необходима полная термообработка, нормализация + отпуск после сварки всего резервуара, причем рекомендуемая температура отпуска 400°. Подварки без последующей полной термической обработки не допускаются.

б) $\sigma_s = 80-95 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_b \geq 70 \text{ кг/мм}^2$.

При этом необходима полная термическая обработка сварных узлов конструкции, но, в случае больших затруднений с проведением полной термообработки, допускается применение только отпуска замыкающих сварных швов, а также подварок уже нормализованных сварных швов, при температурах не ниже 560° С для снятия сварочных напряжений.

в) $\sigma_s = 70-80 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_b \geq 60 \text{ кг/мм}^2$.

При этом необходима полная термическая обработка сварных узлов конструкции на заданную прочность. Допускается применение только отпуска при температурах не ниже 500° для снятия сварочных напряжений.

Необходимо обращать внимание на правильное конструктивное решение отдельных узлов, обеспечивающее отсутствие больших напряжений в конструкции.

ИСТОЧНИКИ

[1] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III. Машгиз, 1947.

[2] В. А. Ларичев. Качественные стали для котельных установок. 1961.

[3] Данные НИИ. П/я 989.

4. Сталь с особыми свойствами

Таблица 11

Интервал температур, °С	0-100	0-200	0-300	0-400	0-500	0-600	0-700
α_{100}		11,5	12,2	12,7	12,95	13,15	13,25

6) Деформационность $\epsilon_{100} = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100$ [2].

Таблица 12

Температура, К	400	500	600	700	800
α	0,087	0,084	0,082	0,080	0,078

в) Критические точки: $A_1 - 810^\circ$; $A_2 - 850^\circ$; $A_3 - 720^\circ$; $A_4 - 800^\circ$; $A_5 - 700^\circ$.

г) Удельный вес $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$ [2].

9. Коррозионная стойкость. В атмосфере в условиях стали несколько более устойчива, чем углеродистые стали, но неустойчива.

Наружная поверхность емкостей и других сборок защищается лакокрасочными покрытиями по НО 544-55.

Внутренняя поверхность требует специальной мер защиты, в зависимости от конструкции и назначения.

Так, емкости в настоящее время обрабатываются нитритом натрия, возможно применение герметизации с осушкой воздуха или фосфатирование по ТУ 103-55. В последнем случае нагрев во время предшествующей термической обработки необходимости с применением защитной атмосферы по РМН 540-55.

Прочие детали могут подвергаться также цинкованию по НО 273-54.

III ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Плиты стали при деформации в направлении проката

Сталь теплоустойчивая хромомolibденовая малоуглеродистая-12Х5МА

Горячий прокат прутков, профилей, труб и листов не вызывает затруднений так же, как ковка и горячая штамповка.

Температура нагрева под ковку 1100—1150°, температура окончания горячей деформации 850°. Охлаждение поковок замедленное (сталь закаливается на воздухе).

Температура нагрева листовых заготовок под горячую штамповку 950—980°.

Температура окончания штамповки 750—780°.

Сталь штампуется в холодном состоянии удовлетворительно (после предварительного отжига заготовок).

2. Термическая обработка. Сталь относится к мартенситному классу.

При назначении режимов термообработки следует иметь в виду следующие особенности стали:

а) На механические свойства стали большое влияние оказывает содержание углерода, поэтому необходимо подобрать режимы термообработки для каждой плавки в отдельности, а сборки, подвергающиеся термообработке, следует комплектовать из деталей, изготовленных из одной плавки.

б) При отпуске на температуры выше 550° наблюдается резкое снижение прочности стали, поэтому температура отпуска в этом интервале должна выдерживаться с точностью $\pm 5^\circ$.

в) Сталь склонна к хрупкости при отпуске в интервале температур 450—550°, что характеризуется неэластичным разрушением тонкостенных сварных емкостей.

Оптимальные режимы термообработки.

Отжиг прутков и поковок производится при 860—880°, охлаждение с печью до 600°, далее на воздухе.

Нормализация и закалка прутков и поковок производится с 900—920°. Время выдержки в зависимости от размера и загрузки, но не менее 1,5 час.

Отжиг для снятия напряжений листовых заготовок 760°, выдержка 2 час, охлаждение до 600° с печью или на воздухе.

Для обеспечения снятия сварочных напряжений необходим отпуск при температуре выше 560°.

Для облегчения правки сварных обечаек перед окончательной термообработкой необходим отпуск 670 \pm 10°, выдержка 1,5—2,0 час, охлаждение на воздухе.

Нормализация листового материала 900—920°, выдержка 10—15 мин, охлаждение на воздухе.

Для снижения структурных напряжений при обработке на $\sigma_t > 100 \text{ кг/мм}^2$ рекомендуется отпуск при 400°. При обработке

3 Стали с особыми свойствами

Таблица 9

а) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

Температура испытания, °С	Температура сплавления, °С	
	-124 -104 -50 -20	+104 +200 +300 +400 -500 -600 -700
13,7	13,7	13,7
137,8	137,8	137,8
143,2	143,2	143,2
152,4	152,4	152,4
157,8	157,8	157,8
162,2	162,2	162,2
166,7	166,7	166,7
171,1	171,1	171,1
175,6	175,6	175,6
180,0	180,0	180,0
184,4	184,4	184,4
188,9	188,9	188,9
193,3	193,3	193,3
197,8	197,8	197,8
202,2	202,2	202,2
206,7	206,7	206,7
211,1	211,1	211,1
215,6	215,6	215,6
220,0	220,0	220,0
224,4	224,4	224,4
228,9	228,9	228,9
233,3	233,3	233,3
237,8	237,8	237,8
242,2	242,2	242,2
246,7	246,7	246,7
251,1	251,1	251,1
255,6	255,6	255,6
260,0	260,0	260,0
264,4	264,4	264,4
268,9	268,9	268,9
273,3	273,3	273,3
277,8	277,8	277,8
282,2	282,2	282,2
286,7	286,7	286,7
291,1	291,1	291,1
295,6	295,6	295,6
300,0	300,0	300,0
304,4	304,4	304,4
308,9	308,9	308,9
313,3	313,3	313,3
317,8	317,8	317,8
322,2	322,2	322,2
326,7	326,7	326,7
331,1	331,1	331,1
335,6	335,6	335,6
340,0	340,0	340,0
344,4	344,4	344,4
348,9	348,9	348,9
353,3	353,3	353,3
357,8	357,8	357,8
362,2	362,2	362,2
366,7	366,7	366,7
371,1	371,1	371,1
375,6	375,6	375,6
380,0	380,0	380,0
384,4	384,4	384,4
388,9	388,9	388,9
393,3	393,3	393,3
397,8	397,8	397,8
402,2	402,2	402,2
406,7	406,7	406,7
411,1	411,1	411,1
415,6	415,6	415,6
420,0	420,0	420,0
424,4	424,4	424,4
428,9	428,9	428,9
433,3	433,3	433,3
437,8	437,8	437,8
442,2	442,2	442,2
446,7	446,7	446,7
451,1	451,1	451,1
455,6	455,6	455,6
460,0	460,0	460,0
464,4	464,4	464,4
468,9	468,9	468,9
473,3	473,3	473,3
477,8	477,8	477,8
482,2	482,2	482,2
486,7	486,7	486,7
491,1	491,1	491,1
495,6	495,6	495,6
500,0	500,0	500,0
504,4	504,4	504,4
508,9	508,9	508,9
513,3	513,3	513,3
517,8	517,8	517,8
522,2	522,2	522,2
526,7	526,7	526,7
531,1	531,1	531,1
535,6	535,6	535,6
540,0	540,0	540,0
544,4	544,4	544,4
548,9	548,9	548,9
553,3	553,3	553,3
557,8	557,8	557,8
562,2	562,2	562,2
566,7	566,7	566,7
571,1	571,1	571,1
575,6	575,6	575,6
580,0	580,0	580,0
584,4	584,4	584,4
588,9	588,9	588,9
593,3	593,3	593,3
597,8	597,8	597,8
602,2	602,2	602,2
606,7	606,7	606,7
611,1	611,1	611,1
615,6	615,6	615,6
620,0	620,0	620,0
624,4	624,4	624,4
628,9	628,9	628,9
633,3	633,3	633,3
637,8	637,8	637,8
642,2	642,2	642,2
646,7	646,7	646,7
651,1	651,1	651,1
655,6	655,6	655,6
660,0	660,0	660,0
664,4	664,4	664,4
668,9	668,9	668,9
673,3	673,3	673,3
677,8	677,8	677,8
682,2	682,2	682,2
686,7	686,7	686,7
691,1	691,1	691,1
695,6	695,6	695,6
700,0	700,0	700,0

б) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

в) Коэффициент линейного расширения α [2]

г) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

д) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

е) Коэффициент линейного расширения α [2]

ж) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

з) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

и) Коэффициент линейного расширения α [2]

к) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

л) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

м) Коэффициент линейного расширения α [2]

н) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

о) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

п) Коэффициент линейного расширения α [2]

р) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

с) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

т) Коэффициент линейного расширения α [2]

у) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

ф) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

х) Коэффициент линейного расширения α [2]

ц) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

ч) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

ш) Коэффициент линейного расширения α [2]

щ) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

ш) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

щ) Коэффициент линейного расширения α [2]

ъ) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

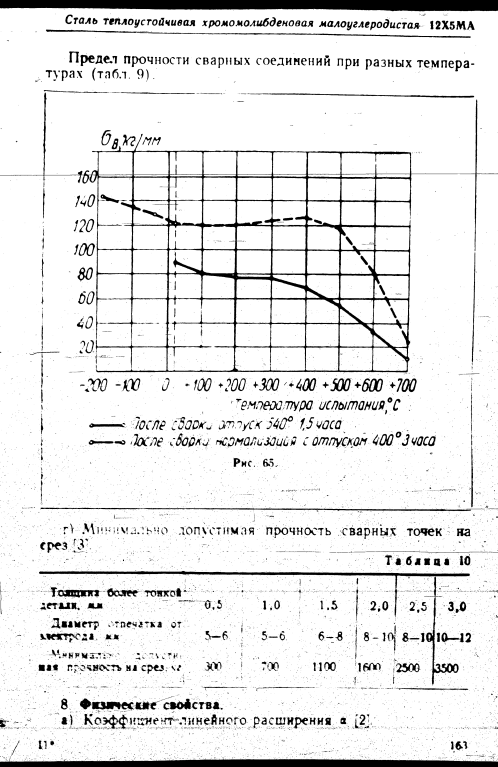
ы) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

ь) Коэффициент линейного расширения α [2]

э) Максимальное значение сварных соединений при повышенный и пониженной температу-
ратуре [3]

я) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

я) Коэффициент линейного расширения α [2]



3. Сталь с особыми свойствами

7. Механические свойства сварных соединений

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала [3]

Таблица 7

Термическое состояние до и после сварки	Расчетный коэффициент	
	для стыковых соединений	для нахлесточных соединений
До сварки отжиг. После сварки нормализация с отпуском	0,97	0,65
До сварки нормализация с отпуском. После сварки отжиг на $R_{\text{ср}} = 22-28$	0,8	0,65
До сварки нормализация с отпуском 400°C 3 час. После сварки отжиг 400°C 3 час.	0,75	0,65

* Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании трех вертикальных испытаний сварных соединений

Сталь теплоустойчивая хромолибденовая малоуглеродистая 12Х5МА

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре [3]

Термическое состояние до и после сварки	Ручная дуговая сварка		Автоматическая сварка под слоем флюса		Арконо-дуговая сварка (без присадки)	
	$\sigma_{\text{т}}$ миним. / $\sigma_{\text{т}}$ макс. без ударной вязкости*	$\sigma_{\text{т}}$ макс. / $\sigma_{\text{т}}$ макс. с ударной вязкостью*	$\sigma_{\text{т}}$ миним. / $\sigma_{\text{т}}$ макс. без ударной вязкости*	$\sigma_{\text{т}}$ макс. / $\sigma_{\text{т}}$ макс. с ударной вязкостью*	$\sigma_{\text{т}}$ миним. / $\sigma_{\text{т}}$ макс. / $\sigma_{\text{т}}$ макс. с ударной вязкостью*	надеж. ка
До сварки отжиг. После сварки нормализация с отпуском на $R_{\text{ср}} = 22-28$	88,6 / 92,4 / 94,9	72,2 / 75,6 / 8,4	81,8 / 83,7 / 82,9	7,8 / 9,0 / 8,65	83,9 / 80,0 / 85,8	63,2-77,0 / 68,4
До сварки нормализация с отпуском на $R_{\text{ср}} = 22-28$. После сварки отжиг на $R_{\text{ср}} = 22-28$	78,8 / 81,6 / 79,9	7,65 / 10,0 / 8,7	75,1 / 76,3 / 76,0	4,19 / 5,76 / 5,76	—	—
До сварки отжиг. После сварки нормализация с отпуском 400°C 3 час.	109,6 / 112,0 / 110,9	6,54 / 7,88 / 7,35	109,4 / 113,0 / 111,4	5,6 / 6,0 / 5,83	—	—
До сварки нормализация с отпуском 400°C 3 час.	81,1 / 86,7 / 84,1	6,37 / 7,88 / 7,0	91,9 / 97,2 / 94,4	3,1 / 4,2 / 3,85	—	—

* Образцы сварных электродов КЭ-1
** Образцы сварных электродов КЭ-2

3. Сталь с особыми свойствами

4. Влияние содержания углерода на твердость [3].

Таблица 6

Содержание углерода, %	Твердость по Роквеллу C ₄₅	Температура отпуска с выдержкой 1,5 часа							
		540	550	560	570	580	590	Твердость после отпуска	
0,06	29	29-30	28-29	28-29	28-29	28-26	22	17	
0,08	33-34	33	32-33	33	33	28-29	24	17-18	
0,10	35	35	34-35	34	34	31	27	28-20-21	
0,11	35-36	36-37	35-36	35	35	32	27	28-21-22	
0,15	34-35	34-36	32-33	31-32	30	27	25-19-20		
0,17	37	37	36-37	36	32-34	27	25	23	



Рис. 62

Сталь теплоустойчивая хромолибденовая малоуглеродистая 12Х5МА

5. Влияние времени выдержки при отпуске на твердость [3].

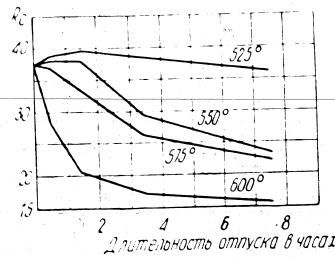


Рис. 63

6. Изотермический распад аустенита [3].

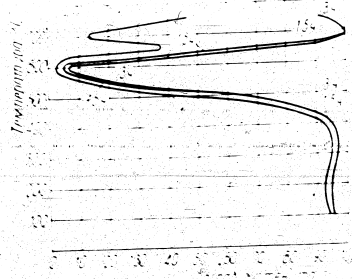


Рис. 64

3. Сталь с особыми свойствами

2. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [3]

Таблица 4

Термообработка	H_b	$\sigma_{0.2}$	σ_s	δ_{10}	a_k
Отжиг 900° 1 час, охлаждение с печью	154	20,6	49,3	27,4	—
Нормализация 900°	350	85,3	122,1	7,8	10,35
Нормализация 900° 1 час, отпуск 400°	353	89,2	117,8	9,0	11,1
• 450°	373	101,7	120,7	11,1	10,6
• 500°	378	88,7	122,3	11,4	11,1
• 550°	386	105,1	124,5	10,1	11,5
• 580°	378	106,4	127,0	8,9	11,0
• 620°	354	104,1	108,1	8,1	12,25
• 680°	283	73,3	80,1	11,2	13,6
• 700°	187	49,5	61,2	17,7	14,9

Примечание 1: Химический состав: C — 0,10, Mn — 0,50, Cr — 4,82, Ni — 0,36, Si — 0,25, Nb — 0,19, S — 0,012, P — 0,018.
 2. Механические свойства определялись на плоские образцы.
 3. Ударные свойства определялись на стандартных образцах.

Сталь теплоустойчивая хромомolibденовая малоуглеродистая 12X5MA

Механические свойства нормализованной стали 12X5MA в зависимости от температуры отпуска (табл. 4).

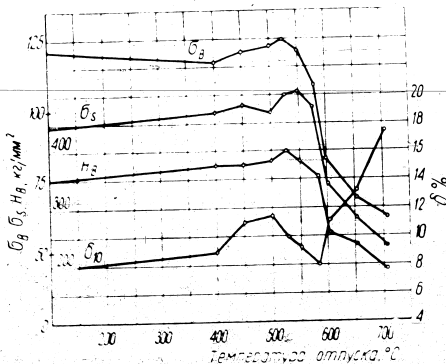


Рис. 61.

3. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [3]

Таблица 5

Температура, °C	-193	-100	-50	+20	+200	+300	+350	+400	+450	+500	
E	10-2	23,0	22,3	21,8	21,1	20,3	19,6	19,3	19,2	18,7	18,35

Примечание: Модуль определен на стали химического состава: C — 0,11, Mn — 0,36, Si — 0,25, Nb — 0,19, Cr — 4,82, P — 0,018, S — 0,012.

3. Сталь с особыми свойствами

II ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

— при вхождении в эту группу

1. Механические свойства при разных температурах (кратковременные испытания) [3]

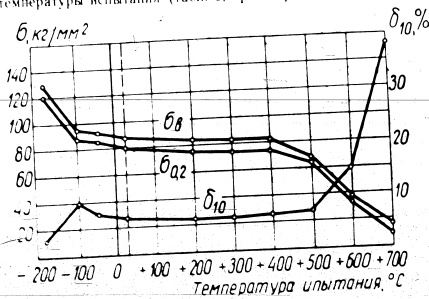
Таблица 3

Температура испытаний, °С	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.1}$	σ_B	σ_{10}	δ_{10}	δ_5	δ_2
а) нормализация с 900° отпуском 500° (с _к = 100)							
193	125,2	129,4	4,4	23,0	141,2	154,1	5,0
100	91,0	99,9	10,7	22,3	—	—	—
74	—	—	—	—	107,8	126,4	11,8
50	89,1	98,0	9,7	21,8	—	—	—
0	—	—	—	—	104,6	123,2	10,9
-20	81,4	89,7	8,3	21,1	99,0	117,3	11,5
+200	77,9	86,4	7,6	20,3	101,8	117,3	9,7
+300	—	—	—	—	93,0	110,8	10,3
+400	—	—	—	—	—	—	10,9
+500	—	—	—	—	—	—	10,0
+600	78,2	84,2	7,4	19,3	89,0	105,7	7,9
+700	—	—	—	—	88,0	99,6	7,2
+800	67,1	70,2	7,4	18,2	82,5	90,5	7,4
+900	—	—	—	—	68,7	73,2	7,4
+1000	—	—	—	—	—	—	9,3
+1100	55,1	57,0	5,0	18,7	38,7	57,5	14,1
+1200	7,6	10,6	28,3	18,25	9,1	10,4	34,7

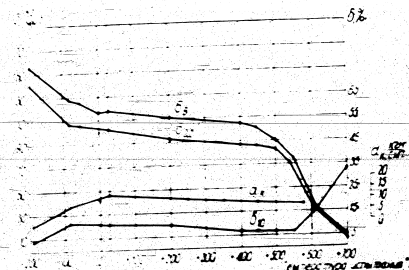
Примечание: Химический состав: сталь 12Х5НМ, С = 0,11, Mn = 0,28, Si = 0,26, Ni = 0,19, Cr = 4,62, P = 0,016, S = 0,012, Nb = 0,02.

Сталь теплоустойчивая хромокобальденая малоуглеродистая 12Х5НМ.

Механические свойства стали 12Х5НМ в зависимости от температуры испытания (табл. 3, при отпуске 565°).



Механические свойства стали 12Х5НМ в зависимости от температуры испытания (табл. 3, при отпуске 530°).



**СТАЛЬ ТЕРМОУСТОЙЧИВАЯ ХРОМОМОЛИБДЕНОВАЯ
МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ, ПОВЫШЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ
СТОЙКОСТИ 12Х5МА**

Основное назначение — для изготовления сварных емкостей и для работы при температуре до 500°. После сварки обязательна термическая обработка.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

Таблица 1

Источник	Содержание элементов, %						
	C	Cr	Mo	Mn	Si	Ni	S P
	не более						
ЧМТУ 3697-53	0,09—0,15	4,5—6,0	0,50—0,60	0,60	50,5	0,03	0,030
ТУ 788-50	не более 0,15	4,0—6,0	0,45—0,65	0,50	50,3	0,035	0,035
МПТУ 4179-53	0,09—0,15	4,5—6,0	0,50—0,60	0,60	50,5	0,030	0,030

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	%		
			σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ_5
			не менее		
Тонкий лист горячекатаный и холоднокатаный	отожжен.	ЧМТУ 3697-53	—	40—60	18
Бесшовные трубы	отожжен. или горячекатаные	МПТУ 4179-53	—	40	15
Заготовки	горячекатаные	ТУ 788-50	25	45	20
Сварочный металл	отожжен.	ТУ 788-50	25	45	20

Все механические свойства на отожженных образцах.

3. СТАЛИ С ОСОБЫМИ
СВОЙСТВАМИ

При ручной электродуговой, газовой и атомно-водородной сварке, а также прихватке сложных конструкций при толщине материала более 2,5 мм необходим местный подогрев до 280—300°С.

Контактную (точечную) сварку необходимо производить на мягких режимах с предварительным подогревом до 250—300°. После сварки, не позднее чем через 8—10 час, сварные швы и конструкции необходимо подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

- а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/85, ВНИО-4/101/7 по ГО 518-55;
- б) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-18ХМА по ГОСТ 2246-54, флюс АН-348 или АН-348А;
- в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-18ХМА по ГОСТ 2246-54;
- г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-18ХМА ГОСТ 2246-54, аргон I состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам круглый НМО.081.612.

Примечание. При автоматической, газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сварке конструкций в узлах с пределом прочности 90 кг/мм² и выше — применять сварочную проволоку Св-08А по ГОСТ 2246-54, а при ручной дуговой сварке — электродом ВНИО-4/101/7 со стержнем Св-08А, УОНИ-13/85, УОНИ-13/55, УОНИ-13/84.

4. Термическая обработка. Температура высокого отпуска, нормализации, закалки 800±10°.

Температура нормализации и закалки сварных конструкций при применении присадочной проволоки Св-18ХМА—910±10°.

Для перекристаллизации закаленного металла рекомендуется перед закалкой применить нормализацию.

Отпуск после закалки производится в масле и воде (для крупных изделий).

Для снятия напряжений применяется неполный отпуск при температуре 400—450°, осуществляемый с печью до 600°.

Для снятия напряжений до 600° (при нормальной выдержке) применяется закалка.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применение ограничено для изготовления сварных узлов конструкций, работающих в условиях обработки на прочность до

$\sigma_s = 110—130$ кг/мм² путем обычной закалки с отпуском и до 160 кг/мм² путем изотермической закалки.

Емкости, работающие под давлением, рекомендуется обрабатывать на прочность не выше $\sigma_s = 130$ кг/мм².

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Т. I. Оборонгиз, 1950.
- [2] Справочник по авиационным материалам. Вып. I. Т. I. Оборонгиз, 1947.
- [3] А. А. Шимков. Справочник термиста. Машгиз, 1952.
- [4] «Автомобильные конструкционные стали». Справочник Машгиз, 1951.
- [5] «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. III. Машгиз, 1947.
- [6] В. Д. Сидловский. Превращения переохлажденного аустенита (атлас диаграмм). Металлургия, 1947.
- [7] М. В. Поплаво. Сварка в самолетостроении. Оборонгиз, 1947.
- [8] Данные НИИ. Л/к 989.

6. Прокаливаемость.

По методу горчичной закалки [3].

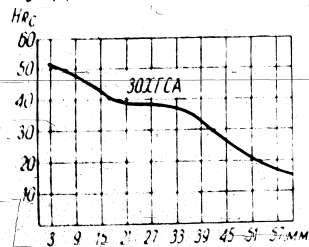


Рис. 57. Расстояние от торца

Изотермическая закалка [2].

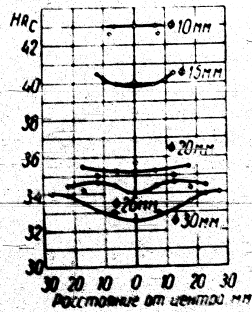


Рис. 58.

7. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь склонна к отпускной хрупкости.

8. Физические свойства:

а) Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ при $20-100^\circ = 11,0$ [1].

б) Теплопроводность λ при $+20^\circ = 0,09 \frac{\text{ккал}}{\text{см. сек. град}}$ [1].

в) Удельный вес $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$ [1].

г) Критические точки $A_{c1} - 760^\circ$; $A_{r1} - 670^\circ$; $A_{c2} - 830^\circ$; $A_{r2} - 705^\circ$ [4].

9. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях сталь малоустойчива. Коррозионная стойкость ее ниже, чем у среднеуглеродистой стали. Применяется при дополнительной защите по НО 273-54 (цинкование), НО 274-54 (кадмирование), НО 269-54 (оксидирование), НО 270-54 (фосфатирование) и НО 544-55 (лакообразные покрытия).

В кислотах неустойчива.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских и электрических печах. Деформируемость (ковка, прокат, штамповка) в горячем состоянии хорошая, штампуемость в холодном состоянии — нормальная.

Пластичность в отожженном состоянии удовлетворительная, доступны гибка и выколотка.

Температурный интервал горячей механической обработки $1150-850^\circ$. Изготавливаемые полуфабрикаты: горячекатаные листы, сортовой прокат, трубы, поковки, холоднокатаные листы, калиброванные прутки.

2. Обрабатываемость резанием. (см. 25 ХГСА).

3. Свариваемость. Сталь можно сваривать всеми видами сварки. При содержании углерода до 0,30% сталь обладает удовлетворительной свариваемостью.

При содержании углерода более 0,30% наблюдается большая склонность к образованию трещин при сварке.

При газовой и атомно-водородной сварке сложных узлов и конструкций сталь склонна к образованию трещин.

г) Механические свойства в зависимости от режимов изотермической обработки и толщины материала [1].

Таблица 9

Максимальная толщина (для сплошного цилиндра), мм	Т-ра изотермической выдержки		Примечание
	$\sigma_s = 110-145$ кг/мм ²	$\sigma_s = 120-150$ кг/мм ²	
До 4,0	400	390	Охлаждающая среда (щелоч-солятра) интенсивно перемешивается.
4,1-8,0	390	380	
8,1-10,0	380	370	Температура нагрева над закалку $880 \pm 10^\circ$
10,1-15,0	370	360	

Примечание. Максимально допустимые сечения: при изотермической закалке сплошного цилиндра 15 мм, для пластин и для труб (толщина стенки) — 8 мм.

Рекомендуется для повышения предела пропорциональности, предела текучести и ударной вязкости — после изотермической заковки производить выжиг отпуску при температурах до $300-350^\circ \text{C}$.

5. Изотермический распад аустенита [6].

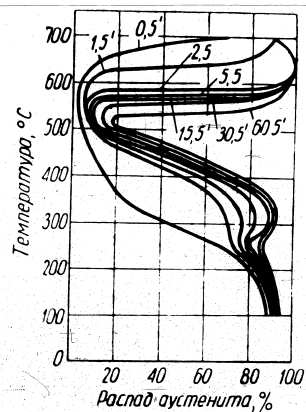


Рис. 68

Состав стали в %: С — 0,35; Мн — 1,00; Si — 1,30; Cr — 1,31.

б) Изменение механических свойств стержней в зависимости от температуры отпуска [4].

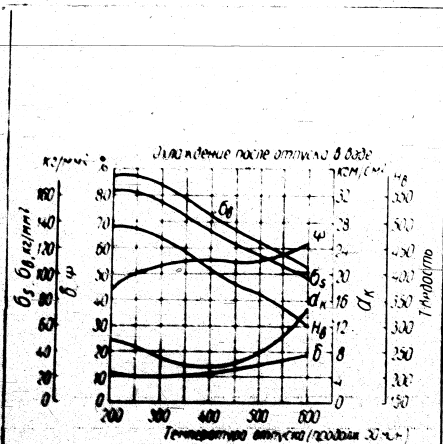


Рис. 54.

в) Изменение механических свойств при изотермической закалке в зависимости от температуры изотермической выдержки [2].

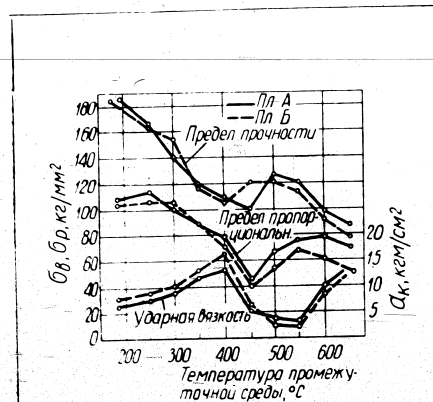


Рис. 55.

Выдержка производилась в соляной ванне в течение 30 мин с последующим охлаждением в воде. Химический состав в %:
 плавка А С — 0,34; Мп — 1,02; Сг — 0,26; Si — 0,90;
 плавка Б С — 0,27; Мп — 0,88; Сг — 0,82; Si — 1,08.

Х. Конструкционные легированные стали

свойства сварных соединений при повышенной и пониженной температуре

Таблица 8

Температура испытания, °С	Температура отпуска, °С									
	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400	+500	+600	+700
σ_B	105,5	105,5	114,9	111,4	110,2	104,2	94,2	73,2	58,1	41,9
$\sigma_{0,2}$	105,5	105,5	117,7	112,2	112,2	104,7	94,9	74,9	58,4	41,9
δ_5	105,5	105,5	106,6	111,6	111,5	111,5	91,5	72,7	54,5	41,9

Примечание. Образцы с усилением сварных соединений автоматической сваркой: марка стали Сп-18ХМА

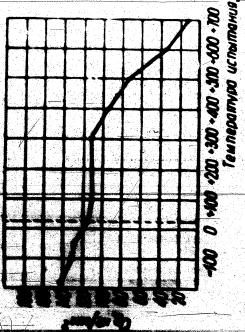


Рис. 82.

Хромокремнемарганцовистая сталь 30ХГСА

4. Механические свойства в зависимости от термообработки.
 а) Изменение механических свойств листов, труб и профилей в зависимости от температуры отпуска [1].

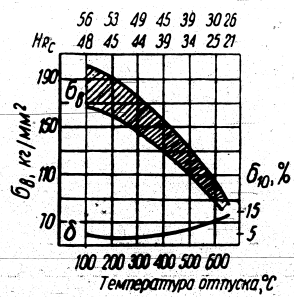


Рис. 83.

Штриховкой показан разбег в зависимости от химического состава.

2 Конструкционные легированные стали

2. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [8].

Таблица 4

Температура, °C	-193	-100	-50	+90	+200	+300	+350	+400	+450	+500
E · 10 ⁻⁴	21,6	20,5	20,5	20,2	18,6	17,75	17,5	17,7	17,25	16,4

Примечания. Химический состав стали, %: С=0,35; Mn=0,84; Si=1,08; Cr=0,83; S=0,020; P=0,020; Ni=0,35; (σ_s = 120 кг/мм²).

3. Механические свойства сварных соединений.

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавящимся по отношению к минимальной прочности основного материала.

Таблица 5

Термическое состояние до и после сварки	Расчетный коэффициент		Источник
	для стыковых соединений с усилением	для нахлесточных соединений	
До сварки отпуск, после сварки нормализация или закалка с отпуском	0,9	0,85*	[8]
До сварки закалка с отпуском	0,7	—	[7]
До сварки закалка с отпуском	0,85	—	[7]
До сварки закалка с отпуском	0,9	—	[7]

* Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений задается в 2-м столбце таблицы, если не указывается на основании данных испытаний соединений.

Хромокремнемарганцовистая сталь

30ХГСА

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре.

Таблица 6

Термообработка до и после сварки	Вид сварки и присадочный материал	Предел прочности стыкового соединения с усилением (мин.-макс./средн.)	Ударная вязкость (мин.-макс./средн.)	Источник
До сварки отпуск. После сварки нормализация, закалка с отпуском на прочность 120 + 10 кг/мм ²	Автоматическая сварка под слоем флюса, проволока Св-18ХМА по ГОСТ 2246-54	116,6—124,5 121	6,03—9,4 8,14	[8]
До сварки закалка на прочность 120+10 кг/мм ² . После сварки отпуск	Ручная дуговая сварка. Электрод ВИ-10-6 (101) со стержнем Св-08А по ГОСТ 2246-54	100—110 105	—	[7]
До сварки закалка с отпуском на прочность 75±5 кг/мм ² . После сварки отпуск	То же	70—80 75	—	[7]

в) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез (после отпуска при 600—650°) [8].

Таблица 7

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5—6	5—6	6—8	8—10	8—10	10—12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	300	700	1100	1600	2000	3000

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства основного металла: та при повышенных и пониженных температурах (в) :

Температура испытания, °С	Таблица 3											
	-190	-100	-74	-50	0	+20	+100	+200	+300	+400	+500	+600	+700

а) Закалка с 850° в масле + отпуск 520°, 1 час

$\sigma_{0.2}$	147,0	121,2	113,2	—	110,4	103,3	98,4	95,0	89,6	83,9	14,4	7,4	—
σ_b	176,0	134,2	129,1	—	120,8	114,2	117,0	113,4	96,5	72,7	21,1	10,8	—
δ_5	11,7	10,4	—	10,4	—	8,4	7,7	9,6	13,3	11,5	18,5	53,0	58,9

б) Закалка с 850° в масле + отпуск 420°, 1 час

$\sigma_{0.2}$	164,5	153,0	—	137,5	—	137,4	130,5	112,9	107,5	93,5	62,1	21,4	5,6
σ_b	181,3	167,8	—	155,6	—	153,8	150,4	149,3	134,5	102,7	71,4	27,6	9,0
δ_5	9,6	7,6	—	7,6	—	6,5	5,0	7,7	11,4	6,2	15,7	36,6	35,8

Хромокремнемарганцовистая сталь 30ХГСА

Таблица 3 (продолжение)

Температура испытания, °С	Таблица 3 (продолжение)											
	193	-100	74	50	0	+20	+100	+200	+300	+400	+500	+600	+700

в) Закалка с 880° в масле + отпуск 225°

$\sigma_{0.2}$	1,15	3,25	4,53	5,08	5,19	5,77	6,35	—	—	—	—	—	—
----------------	------	------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---

г) Термообработка (закалка + отпуск) на КТ-60

$\sigma_{0.2}$	96,5	70,4	—	55,5	—	59,7	51,8	49,5	47,9	44,1	37,3	23,7	9,1
σ_b	109,3	84,5	—	79,4	—	72,8	69,8	67,8	72,5	61,3	42,9	26,1	11,3
δ_5	21,6	21,1	—	18,1	—	20,6	16,0	15,7	19,6	23,4	32,7	38,2	50,3

Примечания: 1. Различные образцы испытаны в пункте «в» и «б» толщиной 1 мм, 4-15 мм, 50 мм в пункте «в» толщиной 2 мм, 10 мм, 50 мм. Ударные образцы Маламе.
2. Химический состав образцов в пунктах «а» и «б», %: С=0,35; Мп=0,84; Si=1,05; Cr=0,03; S=0,02; P=0,02; Ni=0,36.
3. Химический состав образцов в пункте «в», %: С=0,33; Мп=1,00; Si=1,10; Cr=0,98; S=0,018; P=0,024; Ni=0,08.
4. Химический состав ударных образцов, %: С=0,28; Мп=0,94; Si=0,97; Cr=0,88; S=0,018; P=0,024.

2 Конструкционные легированные стали

2 Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее					$\sigma_{0.2}$
			σ_b	σ_s	σ_{10}	ψ	a_k	
Сортовой прокат горячекатаный	Отпущенный или отожженный	ГОСТ 4543-48					не менее 4,0	
	Нормализованный	То же				то же		
	Без термообработки					по ТУ на поставку		
	То же*		85-110	10		45-4,5		
Горелка, трубки на сварочные аппараты и котельные котлы	Отожженные или отпущенные	МЧМТУ 3290-52					4,8-4,0	
	Калиброванные, в нагартованном состоянии	То же						
	То же**		85-110	10		45,0	3,5-3,2	
Поковки	Нормализованные с выдержкой	МНТУ 2332-49					4,8-4,0	
	То же**	То же	85-110	10		45,0	3,5-3,2	
	То же***		160			40,5	0,8-2,9	

* Механические свойства приведены после термообработки заготовок для обработки по режиму закалки с 800° в масле, отпуск 520° — вода для поковки (ГОСТ 4543-48)
 ** То же, что примечание* но отпуск в интервале 510—570° (МЧМТУ 3290-52)
 *** То же, что примечание*, но отпуск 200—230° (МНТУ 2332-49).

Хромокремнемарганцевистая сталь 30ХГСА

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Характеристика поставки	Источник	σ_b	σ_s	σ_{10}	ψ	a_k	$d_{отп}$
			не менее					
Трубы бесшовные холоднотянутые (толщина стенок до 12 мм)	Отожженные	ГОСТ 301-50	50	18				не менее 4
	То же	ТУ 1078-49	50	18				
	Нормализованные или высокоотпущенные	То же	70-95	11				
Лист холоднокатаный и горячекатаный	Отожженный или высокоотпущенный, толщиной до 4 мм	ГОСТ 2672-52	55-75	16				
	То же, толщиной свыше 4 мм	То же	55-75	15				4,85-4,07
	То же****		110	10				5,0

**** То же, что примечание*, но отпуск в интервале 510—570° (ГОСТ 2672-52)

2 Конструкционные легированные стали

ГОСТ 2246-54, аргоп I состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам прутковый НИО 021.612

Примечание. При автоматической, газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сварке конструкций с пределом прочности 90 кг/мм² и менее — применять сварочную проволоку Св-06А по ГОСТ 2246-54, а при ручной дуговой сварке — электроды ВПД-6 (101) со стержнем Св-06А, УОНИ-13/45, УОНИ-13/35, УОНИ-13/65.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Рекомендуется применять для изготовления ответственных деталей и сварных узлов, обрабатываемых на диапазон прочности σ_s — 100—130 кг/мм² ($\sigma_s > 85$ кг/мм²).

Особенно рекомендуется применять в тех случаях, когда требуется хорошая свариваемость и значительная пластичность (взамен стали 30ХГСА).

ИСТОЧНИКИ

- (1) М. В. Попова. Сварка в самолетостроении. Оборонгиз, 1947.
- (2) Технический отчет НИИТ, 1952.
- (3) Данные завода ПЛ 5.
- (4) Справочник по авиационным материалам Т. I, Оборонгиз, 1947.
- (5) Справочник по авиационным материалам. Вып. 1, т. I, Оборонгиз, 1950.
- (6) «Машиностроение». Энциклопедический справочник Т. III. Машигиз, 1947.
- (7) Данные МММ. ПЛ 980.

ХРОМОКРЕМНЕМАРГАНЦОВИСТАЯ СТАЛЬ 30ХГСА

Основное назначение — изготовление штампованных и механически обрабатываемых деталей и сварных конструкций ответственного назначения повышенной прочности.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав:

Таблица 1

ГОСТ или ТУ	Содержание элементов, %						
	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
	не более						
ГОСТ 4543-48 и МЧМТУ 3290-52	0,28—0,35	0,9—1,2	0,8—1,10	0,8—1,10	0,030	0,035	0,40
ГОСТ 2672-52	то же	то же	то же	то же	то же	0,030	то же
МЧМТУ 2332-49	0,28—0,35	.	.	.	.	0,030	.
ТУ 1078-49	то же	.	.	.	.	0,035	0,30

- Примечания. 1. Содержание остаточной меди не должно превышать 0,25%.
 2. По ГОСТ 4543-48 может производиться поставка отборной стали:
 а) с суженными пределами по углероду, но не более чем до 0,05% между верхним и нижним содержанием его;
 б) с пониженным содержанием серы и фосфора до 0,025% каждого элемента;
 в) с пониженным содержанием меди до 0,2%.

в) Изменение механических свойств (минимальные значения) прутков в зависимости от температуры отпуска [4]. Закалка с 880° в масле

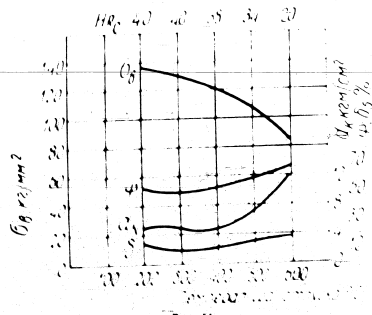


Рис. 51

- 5. Склонность к отпускной хрупкости (см. 30 ХГСА)
- 6. Физические свойства:
 - а) Температурность $\lambda = 0,09 \frac{1}{\text{мм}^2 \cdot \text{град}} [5]$
 - б) Коэффициент линейного расширения $\alpha = 10^{-6}$ при 20-100° — 11,0 [5]
 - в) Удельный вес $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3 [5]$
 - г) Критические точки: $\theta^* \text{ А} = 750^\circ \text{ С}, \theta^* \text{ А} = 835^\circ \text{ С}, \theta^* \text{ А} = 680^\circ \text{ С}$
 - 7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях сталь малоустойчива.
- Требует дополнительной защиты по НО 274-54 (защитное покрытие), НО 269-54 (оксидирование), НО 270-54 (фосфатирование) и НО 544-55 (лакокрасочные покрытия).
- В азотной неустойчива.

III ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных марганцевых и электрических печах. Деформируемость (ковка, прокат, штамповка) в горячем со-

стоянии хорошая, штампуемость в холодном состоянии нормальная.

Пластичность в отожженном состоянии хорошая, допустима сложная гибка, выколотка.

Температурный интервал горячей механической обработки 1240—800°.

Изготавливаемые полуфабрикаты: горячекатаные листы, сортовой прокат, трубы, поковки, холоднокатаные листы, калиброванные прутки.

2. Обрабатываемость резанием. Относительная обрабатываемость в холодном состоянии, при H_v не более 212, составляет 42% по отношению к стали А-12 [6].

3. Термическая обработка. Температура нормализации, закалки, высокого отжига $890 \pm 10^\circ$.

Температура нормализации и закалки сварных конструкций, при применении присадочной проволоки Св-18 ХМА $910 \pm 10^\circ$.

Для перекристаллизации наплавленного металла рекомендуется перед закалкой применять нормализацию.

Для смягчения стали применяется низкий отжиг при температуре 780—10°, охлаждение с печью до 650°. Охлаждение после закалки производится в масле или в воде (для крупных сечений).

4. Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. При газовой сварке сложных узлов и конструкций сталь склонна к образованию трещин.

При ручной электродуговой, газовой, атомно-водородной сварке, а также прихватке сложных конструкций при толщине материала 2,5 мм и более необходим местный подогрев до 250—300° С. Контактную (точечную) сварку необходимо производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до температуры 250—300°.

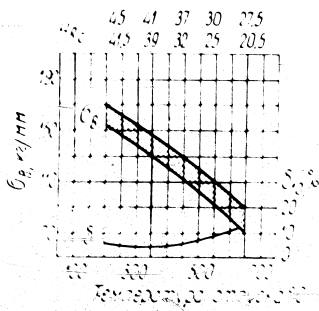
После сварки, не позднее чем через 8—10 час., сварные узлы и конструкции необходимо подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

- а) при ручной дуговой сварке — электроды УОНИ-13/85, ВИ10-6 (101) по НО 518-55;
- б) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-18 ХМА по ГОСТ 2246-54, флюс АН-348 или АН-348А;
- в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-18 ХМА по ГОСТ 2246-54;
- г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-18 ХМА

2. Конструкционные легированные стали

а) Изменение механических свойств тонких листов и тонкостенных труб (толщина стенки до 4 мм) в зависимости от температуры отпуска после закалки [4]. Закалка с 880° в масле.



Хромокремнемарганцевистая сталь 25ХГСА

б) Изменение механических свойств (минимальные значения) толстых листов (4—10 мм), в зависимости от температуры отпуска [4]. Закалка с 890° в масле.

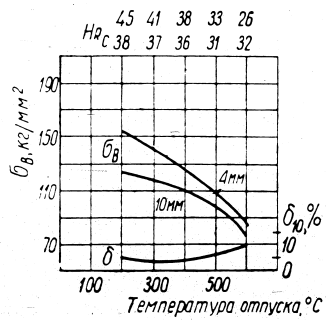


Рис. 50.

2. Конструкционные легированные стали

Таблица 4 (продолжение)

Термическая обработка после сварки	Тип сварочного процесса и сварочный материал	Предел прочности сварного соединения с учетом миним. макс. средн.	Ударная вязкость с учетом миним. макс. средн.	Источ. ник.
После сварки отпуски при 600—650°С	Автоматическая сварка под давлением Флюс АН-648 Проволока Св-08А	61,2—68,6 64,9	7,7—11,8 10,1	121
	Газовая сварка Электродами ЭСМЭ-12			131

Примечание: Ударные испытания по ГОСТ 3240-46

3. Механические свойства сварных соединений при пониженной и повышенной температуре (3)

Таблица 5

Механические свойства	Температура испытаний, °С						
	180	0	100	300	500—600		
σ _к	максимум	121,9	85	77,5	66,8	41,5	24,2
	среднее	112,4	88,2	80,9	71,0	58,4	28,1
	минимум	104,1	80,0	69,1	59,4	51,0	20,1
δ	максимум	0,47	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	среднее	0,37	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	минимум	0,27	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Испытания проводились на образцах автоматической сварки под давлением. Ударные испытания по ГОСТ 3240-46. Проволока Св-08А. Диаметр стержня 12 мм. Сварка при 180°С. Ударные испытания по ГОСТ 3240-46. Метод С. № 123.

Хромокремнемарганцовистая сталь

25ХГСА

Механические свойства сварных соединений при пониженной и повышенной температуре (по средним значениям табл. 5).

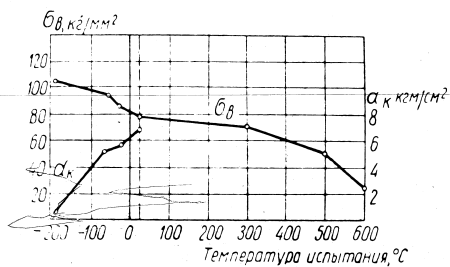


Рис. 4б.

3. Минимальная допустимая прочность сварных точек на срез после отпуска при 600—650°С (7).

Таблица 6

Температура испытаний, °С	σ _{ср} , кг/см²		δ, %	
	максимум	среднее	максимум	среднее
180	100	85	0,47	0,5
0	85	75	0,5	0,5
100	75	65	0,5	0,5
300	65	55	0,5	0,5
500	55	45	0,5	0,5
600	45	35	0,5	0,5

4. Механические свойства в зависимости от термической обработки

2. Конструкционные легированные стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_{10} не менее	δ_{gt}
Сортной прокат горячекатаный	Нормализованный	ГОСТ 4543-48	—	—	—	Не менее по ТУ на поставку
	Без термической обработки	То же	—	—	—	—
Тонкий и толстый лист доводочный и горячекатаный	Отпущенный или отпущенный	ГОСТ 2672-52	50—70	—	18	4,85—4,15
	Нормализованный	То же	50—75	То же	То же	То же
Лист горячекатаный толщиной 0,5 мм	Отпущенный	МПУ 4132-53	50—70	То же	То же	То же
	То же*	То же*	То же*	не менее 105	85	6

* При механических испытаниях образцы по Эриксону должны быть отпущены.

Таблица выкалывания по Эриксону должна быть для листов толщиной 0,5 мм не менее 5,0 мм

для листов толщиной 1,0 мм — не менее 8,2 мм

для листов толщиной 1,5 мм — не менее 10,5 мм

II ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства основного металла при повышенной и возможной температуре (см. соответствующий раздел для стали 30ХГСА)

2. Модуль нормальной упругости (см. соответствующий раздел для стали 30ХГСА)

3. Механические свойства сварных соединений.

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного металла

* Механические свойства сварных соединений устанавливаются на основании предварительных испытаний сварных соединений.

Хромокремнемарганцовистая сталь

25ХГСА

Таблица 3

Термическое состояние до и после сварки	Расчетный коэффициент		Источник
	для стыковых соединений с уснащением	для нахлесточных соединений	
До сварки отжиг. После сварки нормализация или закалка с отпуском	0,9	0,65*	[7]
После сварки отпуск**	До сварки закалка с отпуском на прочность 120+10 кг/мм ²	0,7	[1]
	До сварки закалка с отпуском на прочность 100±5 кг/мм ²	0,85	[1]
	До сварки закалка с отпуском на прочность 75±5 кг/мм ²	0,9	[1]

* Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

** Отпуск после сварки производится при температуре на 30—50° ниже температуры отпуска после закалки, производившейся до сварки.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре.

Таблица 4

Термическая обработка после сварки	Вид сварки и присадочный материал	Предел прочности стыкового соединения с уснащением	Ударная вязкость		Источник
			миним.-макс.	средн.	
Нормализация, закалка с отпуском на прочность 120±10 кг/мм ²	Автоматическая, ручная дуговая, атомарная по ГОСТ 1551-52	см. 30ХГСА	—	—	—

Автоматическая сварочная сталь

Рекомендуемые режимы термической обработки готовых изделий

Таблица 11

Режим термической обработки	Т	
	°С	°F
Нормализация при 650-680	68-80	17-20
Закалка при 820-880 в масле или в воде при 600	90-100	12-15

В зависимости от сечения закалка производится в масле или в воде.

Нормальная температура ЦМД доводится признаки перетрени.

Свариваемость. Сталь успешно сваривается сваривается всеми видами сварки. Толщина разнотипных листов, листов, автоматической сварки, а также прихватки сложных узлов (сварка в труднодоступных местах) производится при длительном межэлектродном расстоянии до 750-800.

Сварные швы и конструкции не подлежат закалке, а также не подлежат закалке.

Применение. Автоматическая сварочная сталь применяется в конструкциях, работающих в условиях ударных нагрузок, в конструкциях, работающих в условиях ударных нагрузок, в конструкциях, работающих в условиях ударных нагрузок.

Условия поставки. Автоматическая сварочная сталь поставляется в виде листов, толщиной 1,5-15 мм, шириной 1250-2000 мм, длиной 3000-6000 мм.

Сортамент. Автоматическая сварочная сталь производится в соответствии с требованиями стандартов ГОСТ 4543-48, ГОСТ 2246-81, в соответствии с требованиями стандартов ФЭММ АН-348 или АН-348А.

Виды поставки. Автоматическая сварочная сталь производится в соответствии с требованиями стандартов ГОСТ 4543-48, ГОСТ 2246-81, в соответствии с требованиями стандартов ФЭММ АН-348 или АН-348А.

Сортамент. Автоматическая сварочная сталь производится в соответствии с требованиями стандартов ГОСТ 4543-48, ГОСТ 2246-81, в соответствии с требованиями стандартов ФЭММ АН-348 или АН-348А.

Условия поставки. Автоматическая сварочная сталь поставляется в виде листов, толщиной 1,5-15 мм, шириной 1250-2000 мм, длиной 3000-6000 мм.

II. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Автоматическая сварочная сталь применяется в конструкциях, работающих в условиях ударных нагрузок, в конструкциях, работающих в условиях ударных нагрузок, в конструкциях, работающих в условиях ударных нагрузок.

Источники

ГОСТ 4543-48

ГОСТ 2246-81

ФЭММ АН-348

ФЭММ АН-348А

ГОСТ 4543-48

ГОСТ 2246-81

ФЭММ АН-348

ФЭММ АН-348А

ХРОМОКРЕМНЕМАРГАНЦОВИСТАЯ СТАЛЬ 25 ХГСА

Основное назначение — изготовление штампованных и механически обрабатываемых деталей и сварных конструкций ответственного назначения.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав:

Таблица 1

ГОСТ или ТУ	Содержание элементов, %						
	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
ГОСТ 4543-48	0,22-0,29	0,9-1,2	0,8-1,1	0,8-1,1	0,030	0,035	0,4
ГОСТ 2672-52	То же	То же	То же	То же	То же	0,030	То же
МПУ 4132-53	.	.	.	.	.	.	.

Примечание 1. Содержание остаточной меди не должно превышать 0,25%.

Примечание 2. ГОСТ 4543-48 может производиться поставка отборной стали.

Примечание 3. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 4. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 5. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 6. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 7. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 8. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 9. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 10. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 11. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 12. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 13. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 14. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 15. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 16. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 17. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 18. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 19. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 20. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 21. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 22. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 23. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 24. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 25. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 26. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 27. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 28. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 29. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 30. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 31. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 32. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 33. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 34. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Примечание 35. В табличных пределах по отношению не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием его.

Конструктивные испытания стали

б) Механические свойства сварных соединений при повышенной и пониженной температуре (по средним значениям табл. 6).

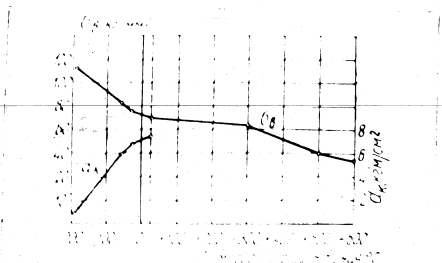


Рис. 45

4. Механические свойства в зависимости от термообработки

А. Изменение механических свойств в зависимости от температуры отпуска при нормализации (по средним значениям табл. 7)

Температура отпуска, °С	σ _s	σ _b	δ	ψ	К _{CV}
100	104	101	102	100	100
120	83,5	79	82	81	—
13	13	13	14	14	—
45	45	—	45	46	—

Б. После отпуска с 800° в масле

σ _s	σ _b	δ	ψ	К _{CV}
104	101	102	100	100
83,5	79	82	81	—
13	13	14	14	—
45	—	45	46	—

Хромомагнитованадиевая сталь 25ХГФА

б) После нормализации с 900°

σ _s	σ _b	δ	ψ
104	101	102	100
83,5	79	82	81
13	13	14	14
45	—	45	46

Примечания: 1. Механические испытания и термообработка производились на гадаринских образцах Ø 6 мм и ударных типа Менаже.
2. Химический состав стали: в % С=0,27; Mn=1,2; Si=0,29; Cr=0,82; V=0,3; S=0,027; P=0,015; Ni=0,17.

Б. Изменение механических свойств в зависимости от времени выдержки при отпуске нормализованной стали [4].

Таблица 8

Температура после нормализации с 900°	640°			680°			
	1 ч	2 ч	4 ч	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч
σ _s	75	69	69	72	68	64	61
σ _b	66	60	59	62	58	54	49
δ	16	19	19	17	26	17	20

Примечание: Механические испытания и термообработка производились на плоских образцах толщиной 30 мм.

2 Конструкционные легированные стали

Таблица 3

Температура испытания, °С	σ _{0,2}			σ _{0,1}		
	σ _{0,2}	δ _{0,2}	δ ₁₀	σ _{0,2}	δ _{0,2}	δ ₁₀
-193	103,6		19,8	+300	63,1	44,9
0	77,1		18,4	+400	53,5	41,2
+50	74,5	54,6	17,0	+500	37,9	34,6
+200	62,9	52,0	14,4	+600	21,6	20,5
+400	57,7	49,0	16,0	+700	9,0	7,3
+200	61,7	48,0	12,7			46,6

Примечания 1. Образцы плоские, толщиной 2 мм, s = 10 мм, l = 60 мм. Испытаны после нормализации с 900° и отпуска 690° — 3 час.

2. Состав стали: C=0,27, Mn=1,2, Si=0,29, Cr=0,82, Ni=0,17, V=0,3, S=0,025, P=0,015.

3. Модуль нормальной упругости E, кг/мм². Ориентировочно может быть принят по марке 30ХГСА.

4. Механические свойства сварных соединений.

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением, по отношению к минимальной прочности основного металла, для стыковых соединений с усилением 0,9; для нахлесточных 0,85.

б) Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом отдельном случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

в) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре [1].

Таблица 4

Термическая обработка после сварки	Вид сварки и присадочного материала	Предел прочности стыкового соединения без усиления		Ударная вязкость	
		миним. макс.	среднее	миним. макс.	среднее
Отпуск 600-650°	Резьба дуговой электродной проволокой АН-355	64,6-70,3	6,33-10,18		
		68,1	9,0		
	Автоматическая под слоем флюса АН-348	65,3-69,7	5,58-6,09		
		68,2	5,8		

Примечание. Ударные образцы по ГОСТ 3242-46.

Хромомарганцевованадиевая сталь 25ХГФА

в) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез (после высокого отпуска) [4].

Таблица 5

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	300	700	1100	1600	2500	3500

г) Механические свойства сварных соединений при повышенной и пониженной температуре [2].

Таблица 6

Температура испытания, °С	-196	-60	-30	+20	
σ _{0,2}	миним. макс.	111,0-114,0	77,6-88,5	74,6-76,1	68,1-71,4
	среднее	113,8	81,2	75,5	70,1
σ _{0,1}	миним. макс.	0,73-1,23	5,0-6,8	6,3-7,8	5,7-8,8
	среднее	0,97	6,0	6,9	7,4

Таблица 6 (продолжение)

Температура испытания, °С	+300	-500	+600	
σ _{0,2}	миним. макс.	58,0-65,6	34,6-46,5	28,9-31,3
	среднее	62,3	40,0	30,1
σ _{0,1}	миним. макс.			
	среднее			

Примечания 1. Образцы сварены автоматической сваркой с усилением. Проволока Св-18ХМА по ГОСТ 2246-84. Ударные образцы по ГОСТ 3242-46.
2. После сварки образцы отпущены при t = 500°.
3. Химический состав стали: C = 0,25, Mn = 1,18, Cr = 0,85, V = 0,25, S = 0,023, P = 0,020.

2. Конструкционные легированные стали

Точечную сварку рекомендуется производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до 250—350°С.

После сварки не позднее чем через 8—10 час сварные узлы и конструкции необходимо подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ 13/65; УОНИ 13/85 по ПО 518.55, в зависимости от требований к конструкции.

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св 08А (ГОСТ 2246-54); флюс АН-348, АН-348А и ОЦЦ-45.

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-15 или Св-18ХМА, в зависимости от требований к конструкции.

4. Термическая обработка.

Таблица 8

Режимы термообработки		
Операция	Температура °С	Охлаждение
Нормализация	850—870	На воздухе
Высокий отпуск	630—700	На воздухе
Отжиг	625—645	С печью
Закалка	850—880	В воде или в масле
Отпуск	Не требуется	То же

Сталь склонна к отпускной хрупкости.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Конструкционная сталь применяется для изготовления деталей с категорией прочности до КТ-76 и осеннем затовки до 60 мм.

ИСТОЧНИКИ

1. Металл. Удобр. АСМ 1980.
2. «Конструкционные стали». Серия 11. Т. 1. 1947.
3. Данные НИИ 11 и 621.
4. Директорат реф. «Металлургия». № 2/15. 1940.
5. «Металлургический Энциклопедический словарь». Т. III. Машин. 1947.
6. Данные НИИ 11 и 621.

ХРОМОМАНГАНЦЕВОНАДИЕВАЯ
СТАЛЬ 25ХГФА

Основное назначение — изготовление штампованных деталей и сварных конструкций ответственного назначения.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав:

Таблица 1

Источники	Содержание элементов, %							
	C	Si	Mn	Cr	V	S		Ni
						не более	не более	
МПТУ 3057-52	0,23—0,17— —0,30	0,17— —0,37	1,0— —1,3	0,6— —0,9	0,08— —0,20	0,03	0,035	0,30

2. Механические свойства (в состоянии поставки):

Таблица 2

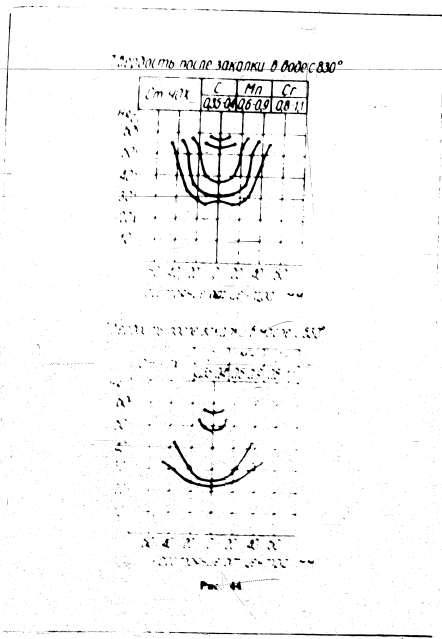
Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	σ _т	σ _{0,2} не менее	δ ₅
Лист горячекатаный толщиной 3—6 мм	Отожженный	МПТУ 3057-52	50—70	18	4,85—4,15

Рекомендуемые механические свойства в изделии см. в табл. 11.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы

1. Механические свойства основного металла при повышенных и пониженных температурах 4.

10. Прокаливаемость [2].



11. Физические свойства:

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$ [2];

Таблица 6

Температура, °C	100	200	300	400
λ	0,110	0,101	0,093	0,085

б) Коэффициент линейного расширения α [3];

Таблица 7

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—400	20—600
$\alpha \cdot 10^6$	13,4	13,3	14,8	14,8

в) Критические точки: $A_{c1} - 743^\circ$; $A_c - 782^\circ$; $A_{r1} - 693^\circ$; $A_{r2} - 730^\circ$ [1].

г) Удельный вес $\gamma = 7,817 \text{ г/см}^3$ [5].

12. Коррозионная стойкость. Сталь имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ или красками и эмальями (НО 270-54 и НО 544-55) или гальваническими покрытиями цинком и кадмием.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных и кислых мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки 1200—800°. Послековки охлаждение для профилей более 60 мм — медленное, для меньших размеров — на воздухе.

2. Обрабатываемость резанием [5]. Относительная обрабатываемость при $H_v = 174-229$ по сравнению со сталью А-12 составляет 60%.

3. Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку и прихватку сложных узлов и конструкций рекомендуется производить с предварительным подогревом до 250—350°С.

Хромистая конструкционная сталь

40 X

6. Механические свойства после термообработки в зависимости от массы

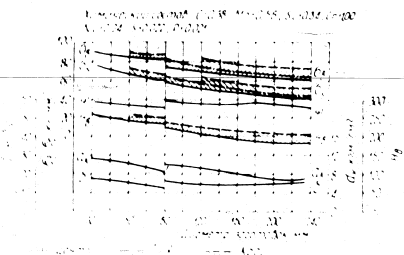


Рис. 42.

Модуль нормальной упругости E , кг/см²

Температура, °С	N	100	200	500
		21,8	21,5	20,1
				17,9

8. Предел выносливости σ_{-1} , кг/см²

№ плавки	Термообработка	1	2	3	4
1	850	85,5	86,2	14,0	60,5
2	850	85,5	86,2	14,0	60,5
3	850	85,5	86,2	14,0	60,5
4	850	85,5	86,2	14,0	60,5

Хромистая конструкционная сталь

Таблица 5

Химический состав плавки 1 и 2

№ плавки	C	Si	Mn	S	P	Cr
1	0,38	0,23	0,64	0,019	0,040	1,16
2	0,44	0,24	0,48	0,030	0,036	1,08

Примечание. Испытания на усталость производились на машине Шенка растяжением-сжатием при симметричном нагружении, число циклов $> 10^6$.

9. Изотермическое превращение аустенита [3].

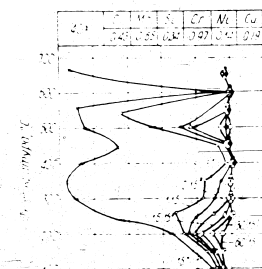


Рис. 43.

4. Механические свойства при повышенных температурах (в улучшенном состоянии) [6]

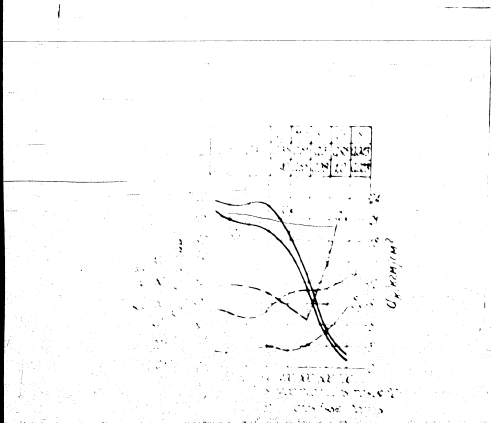


Рис. 40

5. Механические свойства при низких температурах (в улучшенном состоянии) [3].

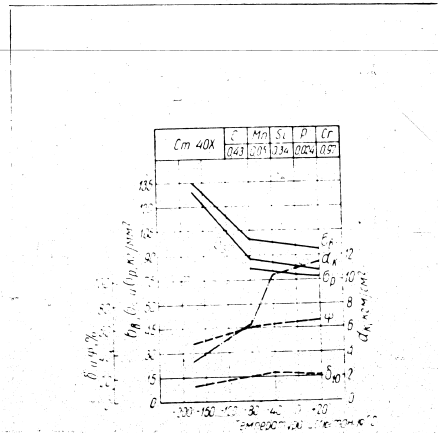


Рис. 41

2. Конструктивные испытательные стали

Примечания 1 При испытании стали диаметром 60 мм допускается положение удлиненой на одну единицу и суженой на пять единиц против указанных норм.
2 Нормы механических свойств горячекатаных труб устанавливаются по обоим сторонам.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [1]

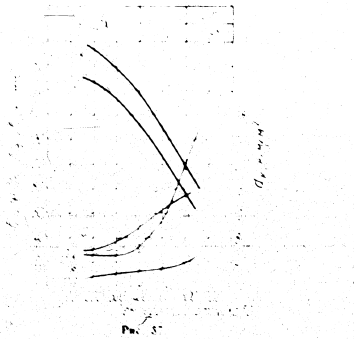


Рис. 37

Хромистая конструкционная сталь

40 X

2. Механические свойства при повышенных температурах (в нормализованном состоянии) [2].

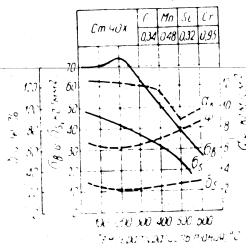


Рис. 38

3. Механические свойства при низких температурах (в ударенном состоянии) [6].

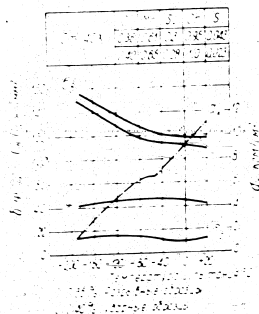


Рис. 39

107

Конструкционные легированные стали

4. Термическая обработка

Температура нормализации	800 ± 10°
Температура закалки	860 ± 10°, охлаждение в масле
Температура полного отпуска	850—800°
Температура рекристаллизационного отпуска	550—600°, выдержка 1,5—3 час
Максимальная температура отпуска (при нагреве выше 450° и охлаждении на воздухе происходит отпуск)	650—600°

Признаки перегрева появляются при нагреве на 1100—1200°. Холодно- и горячекатаные листы отпускаются в печах светлого отпуска при температурах ниже 450°. Нагрев для нормализации листов производится в конвейерных печах без защитной атмосферы.

Получение качественной поверхности на нормализованных листах представляет значительную трудность.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления штампов, листов толщиной до 3 мм, деталей с малыми требованиями к прочности.

Применяется сварка всех видов. Рекомендуется назначать ИТГА II также на ответственные детали повышенной прочности.

Для малопрочных деталей рекомендуется применять сталь ИТГА (1012).

Типовые примеры применения: детали каркаса, обшивка самолета, телья крепления.

ИСПОЛНЕНИЕ

1. С. В. Кривошеин, Институт Металлов, Ленинград.
2. А. М. Заварзин, Институт Металлов, Ленинград.
3. М. В. Кривошеин, Институт Металлов, Ленинград.
4. А. М. Заварзин, Институт Металлов, Ленинград.
5. Д. М. Заварзин, Институт Металлов, Ленинград.

ХРОМИСТАЯ КОНСТРУКЦИОННАЯ СТАЛЬ 40 X

Основное назначение — конструкционная сталь для поковок, штампов, калиброванных прутков, бесшовных труб, идущих для изготовления деталей повышенной прочности.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 4543-48).

Таблица 1

Содержание элементов, %							
C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	
не более							
0,35—0,45	0,2—0,4	0,17—0,37	0,8—1,1	0,040	0,040	0,40	

Примечание. Содержание остаточной меди не более 0,30%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полноразмерной заготовки	Состояние поставки	Источник	Испытание				
			σ_s	σ_b	δ_5	ψ	$\sigma_{отп}$
и м е н е е							
Сталь сортовая горячекатаная	Отпущенная дисперсионная	ГОСТ 4543-48	—	—	—	—	4,1
То же	Закалка 760° масло, отпуск 500°, извлечение в масле	10 А	5	10	9	45	6
Трубы сортовые горячие	Без отпуска	10 А	—	—	—	—	3,7
Трубы сортовые холодные	Стойкие	10 А	—	—	—	—	4,1

Конструкционные легированные стали

Таблица 11 (продолжение)

Объемная %	Механические свойства	
	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,2}$
12,0	66,1	7,5
17,0	67,7	6,85
21,2	71,2	7,1
27,0	74,4	6,2
33,8	76,1	6,5
37,0	81,6	4,1
49,0	85,5	5,6

10. Физические свойства.

а) Теплопроводность — при $t = 20^\circ$ (ориентировочно) см. сталь 08кп.

б) Коэффициент линейного расширения λ , 10^{-6} .

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Таблица 12			
	20	100	200	500-600
λ	12,3	13,2	14,8	16,5

11. Механические свойства. Данные механических свойств определены на стали 35, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 800, 1000.

а) Удельный вес — 7,816 г/см³.
б) Критические точки: $A_1 = 730^\circ\text{C}$, $A_{cm} = 850^\circ\text{C}$.

12. Коррозионная стойкость. Стали с содержанием углерода не более 0,25% (стали 35, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 800, 1000) и стали с содержанием углерода более 0,25% (стали 120, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 800, 1000) обладают хорошей стойкостью к коррозии.

III ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Стали хорошо прокатываются в календарных или мартеновских печах.

2. Легко свариваются дуговой сваркой (ручной и автоматической) и газовой сваркой (кислородно-ацетиленовой).

Сталь марганцовистая науглеродистая

12Г2А

Температурный интервал горячей деформации 1200–800°. Сталь удовлетворительно катается в холодном состоянии (с промежуточными отжигами) на лист и ленту.

Для прокатки стали требуется дефицитный низкоуглеродистый ферромарганец. Сталь значительно снижает производительность станов холодной прокатки из-за быстрой нагартовки. В холодном состоянии штампуется удовлетворительно при сравнительно малых вытяжках.

Для сложных штамповок необходимо применять промежуточные низкотемпературные отжи (при 550–600°).

2. Обрабатываемость резанием — высокая.

3. Свариваемость. Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки. При содержании углерода выше 0,17% сталь склонна к образованию трещин при ручной дуговой, газовой и атомно-водородной сварке, а при точечной сварке точки обладают повышенной хрупкостью.

Поэтому ручную дуговую, газовую, атомно-водородную и точечную сварку сложных узлов и конструкций из стали с содержанием углерода более 0,17%, при толщине материала 2,5 мм и более, следует производить с предварительным местным подогревом до 250–300°. Точечную сварку следует производить на «мягких» режимах.

Для снятия внутренних напряжений сварные узлы и конструкции, сваренные из стали с содержанием углерода более 0,17%, после сварки, не позднее чем через 8–10 час, целесообразно подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — 12Г2А-0 — электроды УОНИ-13/45 по ГО 518-55, 12Г2А-Н — электроды УОНИ-13/45, или УОНИ-13/55, или УОНИ-13/65 по ГО 518-55, в зависимости от требований к конструкции;

б) при автоматической сварке под флюсом — проволока Св-08А по ГОСТ 2246-54, флюс АН-348 или АН-348А;

в) при газовой и атомно-водородной сварке — 12Г2А-0 проволока Св-08А по ГОСТ 2246-54, 12Г2А-Н проволока Св-08ГА по ГОСТ 2246-54;

г) при аргонодуговой сварке — проволока Св-10ГС или Св-10ГМ по ГОСТ 2246-54, аргон — 1 состав по ТУ МХП 4315-54, частота 90,7–92,5 кГц. Применение тепла рекомендуется при сварке материалов толщиной $S \leq 2$ мм, в остальных случаях — НИИ-221/62.

6. Изотермический распад аустенита [5]

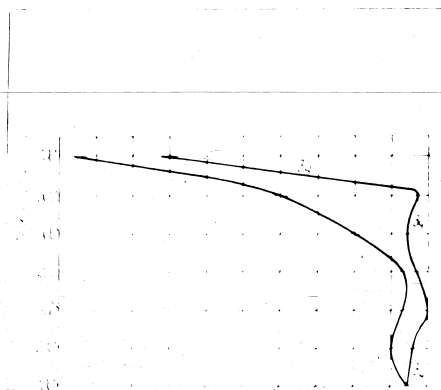


Рис. 35

7. Прокаливаемость.

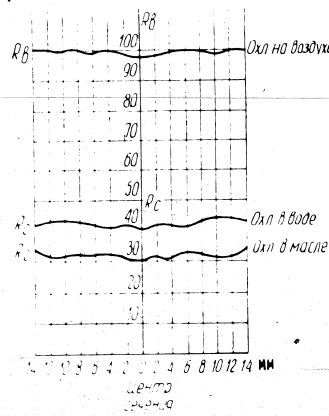


Рис. 36

8. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь практически не подвержена отпускной хрупкости.

9. Нагартовка при холодной деформации [2].

Объем деформации, %	Металлические свойства	
	σ_s	σ_{10}
Исходное состояние (горячекатаное)	50,2	28,1
100%	60,4	15,5

Конструкционные легированные стали

Таблица 9

Температура испытания, °С	+20	+400	+650
Прочность, т/см ² на разрыв	525-730	520-750	300-360
Прочность, т/см ² на срез	631	640	318
Прочность, т/см ² на срез	2240-2560	2030	740-870
	2750	2800	2800

Прочность сварных швов при повышенных температурах (по средним и крайним значениям) — табл. 9а

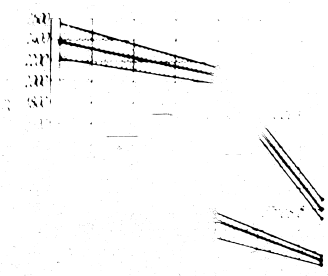


Рис. 33

88

Термообработка

Свойства в зависимости от температуры отпуска

Температура отпуска, °С	20	50	100	150	200	250
σ_B , кг/см ²	54	54	51	48	47	45
$\sigma_{0.2}$, кг/см ²	57	57	54	51	49	47

Сталь марганцевистая малоуглеродистая

1212А

Таблица 10 (продолжение)

Температура отпуска, °С	200	300	400	500	550	600	650
δ_5	17,5	17,0	16,5	22,5	22,0	26,0	—
a_5	7,4	9,1	8,9	19,4	21,3	23,9	25,6
ψ	56,0	63,5	63,0	67,0	67,5	77,0	—

Примечания 1. Химический состав стали, %: разрывные образцы — С = 0,14; Мп = 2,23; Si = 0,21; S = 0,029; P = 0,026; ударные образцы — С = 0,17; Мп = 2,31; Si = 0,32; S = 0,013; P = 0,021; Ni = 0,18; Cr = 0,07

2. Испытание на разрыв производилось на гадаринских образцах, ударные испытания — на образцах Менаже.

6) Изменение механических свойств в зависимости от температуры отпуска после закалки с 890° [1]. Разрывные образцы — гадаринские, ударные — Менаже. Состав стали в %: С = 0,13; Мп = 2,37; Si = 0,40; S = 0,014; P = 0,026.

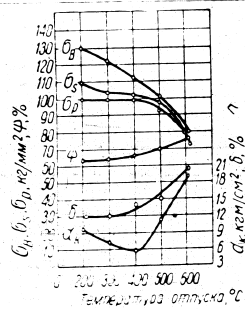


Рис. 34

2. Конструкционные легированные стали

Таблица 7

Толщина δ , мм в поперечнике	Температура испытания, °С	Температура испытания, °С										
		-200	-100	0	+100	+200	+300	+400	+500	+600	+700	
10	мин	148,2	183,5	78,3	69,8	65,2	59,5	69,3	56,2	40,6	20,8	10,7
	макс	199,3	89,5	80,7	70,5	66,4	62,6	65,0	62,3	43,3	22,1	10,9
	сред	166,8	87,1	79,6	70,2	65,9	61,4	64,4	59,5	41,5	21,5	10,8

Примечания: 1. Образцы сварены дуговой сваркой, электрод ЭМ11Н-13/45.
2. Испытания проводились на образцах с усилением.

Сталь марганцовистая малоуглеродистая 12Г2А

2. Сварных соединений стали 12Г2А-Н при разных температурах (по средним значениям табл. 6).

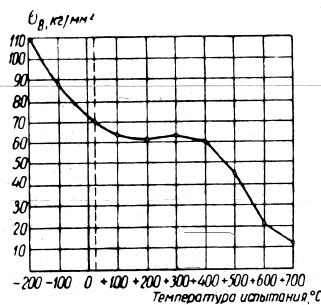


Рис. 32

1) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [5].

Таблица 8

Толщина наиболее тонкой детали в соединении, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр стержня электрода, мм	5-6	5-6	5-6	6-8	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность точек на срез, кг	340	550	700	1100	1600	2500

2) Прочность сварных точек при повышенных температурах для толщины 2-3 мм (в числителе - крайние значения, в знаменателе - среднее из 10 образцов)

2. Концентрационные легированные стали

Температура, °С	100		200		300		400		500		600	
	σ _{0,2}	σ _{0,01}	σ _{0,2}	σ _{0,01}	σ _{0,2}	σ _{0,01}	σ _{0,2}	σ _{0,01}	σ _{0,2}	σ _{0,01}	σ _{0,2}	σ _{0,01}
0	26,5	12,0	31,3	14,2	37,7	17,7	44,6	20,5	51,5	22,4	59,5	26,9
50	31,3	14,5	37,5	17,5	44,6	20,5	51,5	22,4	59,5	26,9	65,5	29,9
100	37,5	17,5	44,6	20,5	51,5	22,4	59,5	26,9	65,5	29,9	72,5	32,8
150	44,6	20,5	51,5	22,4	59,5	26,9	65,5	29,9	72,5	32,8	77,5	35,0
200	51,5	22,4	59,5	26,9	65,5	29,9	72,5	32,8	77,5	35,0	81,5	37,0
250	59,5	26,9	65,5	29,9	72,5	32,8	77,5	35,0	81,5	37,0	85,5	39,0
300	65,5	29,9	72,5	32,8	77,5	35,0	81,5	37,0	85,5	39,0	89,5	41,0
350	72,5	32,8	77,5	35,0	81,5	37,0	85,5	39,0	89,5	41,0	93,5	43,0
400	77,5	35,0	81,5	37,0	85,5	39,0	89,5	41,0	93,5	43,0	97,5	45,0
450	81,5	37,0	85,5	39,0	89,5	41,0	93,5	43,0	97,5	45,0	101,5	47,0
500	85,5	39,0	89,5	41,0	93,5	43,0	97,5	45,0	101,5	47,0	105,5	49,0
600	89,5	41,0	93,5	43,0	97,5	45,0	101,5	47,0	105,5	49,0	109,5	51,0

Примечания: 1. Разрушение образцов размером 15 мм х 15 мм производилось из центра поперечного направления химический состав стали: C — 0,14; Mn — 2,20; Si — 0,02; P — 0,005; S — 0,005. 2. Ударная вязкость определена на образцах Маркзе (разрушение химического состава: C — 0,11; Mn — 1,76; Si — 0,29; S — 0,022; P — 0,027).

3. Сталь марганцовистая малоуглеродистая 12Г2А

3. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [5].

Температура, °С	-193	-100	-50	+20	+200	+300	+350	+400	+450	+500
E · 10 ⁻³	22,7	21,4	21,4	20,85	19,9	18,7	18,2	18,1	17,6	16,7

Модуль определен на стали состава, %: C — 0,14; Mn — 2,4; Si — 0,42; Ni — 0,14; Cr — 0,10; P — 0,032; S — 0,020; γ_н — исходный — 52,0 кг/мм².

4. Механические свойства сварных соединений:

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала: для стыковых соединений — 0,9; для нахлесточных — 0,65.

Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре [5].

Термическое состояние до и после сварки	σ _{0,2}		σ _{0,01}	α _к (миним. макс. среднее)	Марка электрода	
	миним.	макс. среднее				
До сварки отжиг. После сварки без термической обработки	56	22—24	9	9,7	9,9	УОНИ-1345
	57	2		9,8		
После сварки отжиг. После сварки без термической обработки	56	21—22	9	10,1	11,9	УОНИ-1345
	57	2		10,7		
То же	91	81—81	7	7,8	8,9	УОНИ-1365
	91	3		8,3		
До сварки нормализация. После сварки без термической обработки	82	1—85	7	8,1	11,1	УОНИ-1345
	92	3		8,9		

Примечание. Химический состав стали: C — 0,14; Mn — 2,27; Si — 0,02; P — 0,004; S — 0,005.

7. Конструкционные легированные стали

7. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид поставки	Состояние поставки	Источ- ник	σ _т		σ _в		K _{сч}	H _в	Примечание
			не менее	не менее	не менее	не менее			
Точный вид до возможности по норме 0,5-2 мм	Стойкий 12Г2А 0	МНТУ 4144 53	30,50	65	18				
			10 же	38,57	23	18			
Чистый металл такой же марки	Стойкий 12Г2А 0	МНТУ 4144 53	30,50	65	15				
			10 же	30,50	65	15			
Листа из черной катанки такой же марки	Стойкий 12Г2А 0	МНТУ 4144 53	30,50	65	15				
			10 же	40,60	75	18			
Листа из черной катанки такой же марки	Стойкий 12Г2А 0	МНТУ 4144 53	30,50	65	15				
			10 же	40,60	82	18			
Штабы	Стойкий 12Г2А 0	МНТУ 4144 53	30,50	65	15				
			10 же	40,60	82	18			
Стойкий 12Г2А 0	Стойкий 12Г2А 0	МНТУ 4144 53	30,50	65	15				
			10 же	40,60	82	18			
Стойкий 12Г2А 0	Стойкий 12Г2А 0	МНТУ 4144 53	30,50	65	15				
			10 же	40,60	82	18			
Стойкий 12Г2А 0	Стойкий 12Г2А 0	МНТУ 4144 53	30,50	65	15				
			10 же	40,60	82	18			
Стойкий 12Г2А 0	Стойкий 12Г2А 0	МНТУ 4144 53	30,50	65	15				
			10 же	40,60	82	18			

1. Механические свойства основного металла при повышенных и пониженных температурах (5) в) Сталь нормализована, с отпуском.

Сталь марганцевистая низкоуглеродистая 12Г2А

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства основного металла при повышенных и пониженных температурах (5) в) Сталь нормализована, с отпуском.

Таблица 3

Температура испытания, °C	σ _т						σ _в						K _{сч}	H _в
	193	120	-74	-70	50	+70	150	200	+250	+350	+400	+500			+600	+700
σ _т	103,0	76,2	70,7	64,6	61,4	63,2	63,3	64,5	60,3	43,2	21,8	11,0		
σ _в	80,4	54,2	48,2	49,6	40,6	39,5	38,1	38,4	36,7	30,4	18,2	8,6		
σ _с	31,7	27,4	31,3	27,9	25,7	—	—	26,9	23,5	34,8	48,4	82,1		
σ _с	0,6	1,2	4,15	5,58	7,11	—	—	—	—	—	—	—		

2. Конструкционные легированные стали

4. Термическая обработка (см. термообработку стали 12Г2А)

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для средненагруженных деталей (холодной и горячей штамповки) и сварных узлов, не подвергающихся термической обработке после сварки (детали обшивки).

ИСТОЧНИКИ

И. Д. О. Славин и Е. Б. Штейнман. Металлы и сплавы в химическом машиностроении, 1961.
2. Данные НИИ П-4 989.
3. Машиностроение. Энциклопедический справочник. Т. III. Машини-
сты, 1967.

СТАЛЬ МАРГАНЦОВИСТАЯ
МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ 12Г2А

Основное назначение — малолегированная сталь повышенной прочности для изготовления деталей холодной и горячей штамповки и сварных конструкций, не требующая обязательной термообработки после сварки.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав.

Таблица 1

Источник	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	S	P	S-P	Cr Ni
	не более						
МПУ 4144-53	0,11—0,18	2,0—2,4	0,17—0,37	0,030	0,030	—	0,30; 0,40
МПУ 4143-53	0,11—0,18	2,0—2,4	0,17—0,37	0,030	0,030	—	0,30; 0,40
МПУ 4145-53	0,11—0,18	2,0—2,4	0,17—0,37	0,040	0,040	—	0,30; 0,40
ТУ МОП 19-54	0,11—0,18	2,0—2,4	0,17—0,37	0,030	0,030	—	0,30; 0,40
ТУ 981	0,12—0,20	2,0—2,4	0,17—0,37	0,040	0,040; 0,07	—	0,30
ТУ 762	0,12—0,20	2,0—2,4	0,17—0,37	0,040	0,040	—	0,30
ЧМТУ 4721-54	0,12—0,20	2,0—2,4	0,17—0,37	0,040	0,040	—	0,30; 0,40

6. Нагартовка при холодной деформации. Изменение механических свойств листа 15Г1А-Н в зависимости от степени обжатия [2]. Образцы продольные, лист толщиной 1 мм. Содержание С — 0,011%, Mn — 1,37%.

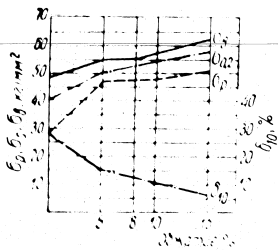


Рис. 30

Изотермический распад аустенита [2]

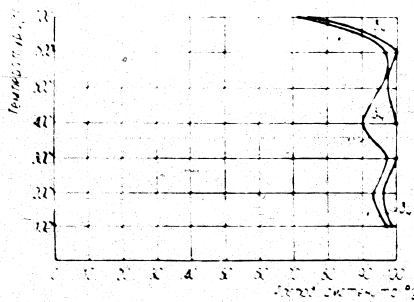


Рис. 31

8. Физические свойства:

а) Теплопроводность λ при 20° ориентировочно может быть принята по марке 08 кп.

б) Удельный вес = 7,801 г/см³ [1].

в) Критические точки: A_{c1} — 720°; A_{r1} — 620°; A_{c2} — 830°; A_{r2} — 710° [1].

9. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях сталь малоустойчива, требует дополнительной защиты неорганическими и органическими покрытиями по НО 273-54 (цинкование), НО 274-54 (кадмирование), НО 269-54 (оксидирование), НО 270-54 (фосфатирование) и НО 544-55 (лакокрасочные покрытия).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в кислородных или мартеновских печах. Удовлетворительно работает в холодном состоянии (с промежуточными отжигами) на лист и децгу. Температурный интервал горячей механической обработки 1200—750°.

Сталь хорошо штампуется в горячем и холодном состоянии. Для деталей с глубокой вытяжкой рекомендуется применять промежуточный отжиг при температуре 600°.

Для выплавки стали необходим дефицитный малоуглеродистый ферромарганец. Производительность станов холодной прокатки понижается из-за быстрой нагартовки стали.

2. Обрабатываемость резанием. Относительная обрабатываемость для стали 15Г (при $H_{RC} = 131-176$) ниже 50% [3].

3. Свариваемость. Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке — электроды УОНИ-13-45 по НО 518-55;

б) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-5А по ГОСТ 2246-54, флюс АН-45 или АН-318А;

в) при газовой и вакуумно-дуговой сварке — проволока Св-5А по ГОСТ 2246-54;

г) при газоплазменной сварке — проволока Св-10ГС или Св-10М по ГОСТ 2246-54; флюс АН-45 по ТУ МХП 4285-54. Для предотвращения образования трещин рекомендуется применять при сварке материал в виде стержней диаметром 10 мм (применять НН60-021-012).

2 Конструкционные легированные стали

б) при содержании углерода 0,18%, марганца 1,38%.

Таблица 6

Температура отпуска, °С	200	300	400	500	550	600	650
σ_s	61,3	63,06	63,13	60,1	60,56	56,6	53,3
$\sigma_{0,2}$	39,1	41,23	41,66	40,96	42,66	39,2	38,03
δ_{10}	18,2	16,7	14,6	19,8	19,0	20,9	25,2

Примечание. Испытания проводились на плоских образцах, вырезанных из листа толщиной 2,5 мм вдоль волокон.

4. Механические свойства сварных соединений без термообработки после сварки

а) расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стальных соединений с усилением — 0,9; для наклепанных — 0,65.

Примечание. Расчетный коэффициент для наклепанных соединений является ориентировочным и в каждом отдельном случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре 2.

Таблица 7

Предел прочности	Ударная вязкость	
	миним.-макс. средн.	миним.-макс. средн.
сталь с усилением	известна	известна
60-2-20,8	10,5-11,7	9,32-11,78
37	11,1	10,74

Примечание. Образцы сварных соединений УОНИ-13/45 вырезаны из металла УОНИ-13/45.

Сталь марганцевистая малоуглеродистая 15Г1А (10Г2)

в) Предел прочности (σ_s) сварных соединений при повышенной и повышенной температуре [2].

Таблица 8

Температура испытания, °С	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400	+500	+600	+700
миним.	74,0	62,0	57,0	49,2	45,4	43,0	44,4	43,6	29,9	18,4	8,9
макс.	79,9	62,8	58,4	50,8	46,4	45,2	45,7	46,4	32,8	20,0	9,7
средн.	74,4	62,5	57,6	50,0	45,8	44,0	45,2	44,6	30,9	19,0	9,2

Примечание. Образцы сварны электродами УОНИ-13/45 с усилением. Изменение σ_s — сварных соединений в зависимости от температуры (по средним значениям табл. 8).

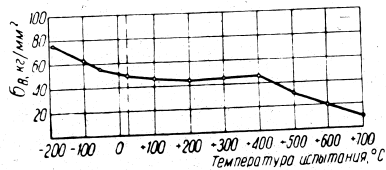


Рис. 29.

г) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [2].

Таблица 9

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Диаметр отрезка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	250	600	900	1300	3000

5. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь практически не подвержена отпускной хрупкости.

2. Конструкционные легированные стали

Таблица 2 (продолжение)

Имя полуфабриката	Состояние поставки	Источник	δ_{10}		
			σ_s	σ_b	не менее
Лента колдочкатая толщиной до 1,3 мм	Отожженная 15Г1А-0	ТУ МОП 19-54	30	40	21
	Нормализованная с отпуском 15Г1А Н	То же	30	45-61	21

Примечание 1. Угол загиба поперечного образца (ось образца перпендикулярна направлению волокон) на оправке равной толщине листа, должен быть не менее 90°.

2. Глубина взламывания по Эриксену должна быть для листов толщиной 0,5 мм не менее 7 мм, для листов толщиной 1 мм — не менее 8,2 мм.

3. По ТУ МОП 19-54 нормы по пределу текучести и результатам испытаний по Эриксену факультативны.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ

1. Механические свойства основного металла при повышенных и пониженных температурах [2]

Таблица 3

Температура испытания, °С	-193	-100	-74	-50	+20	+100	+150	+200
σ_s	81,5	—	84,3	82,2	86,7	82,8	81,9	81,7
σ_b	72,0	—	83,5	81,3	88,4	83,7	83,4	82,0
δ_{10}	27,1	—	31,3	32,2	31,0	27,0	—	25,9

Таблица 3 (продолжение)

Температура испытания, °С	30	-30	-40	-40	-50	-60	-70
σ_s	44,9	43,8	40,0	38,9	29,7	18,6	7,1
σ_b	23,3	24,1	23,2	20,3	18,3	12,4	5,0
δ_{10}	—	25,8	27,5	30,3	—	36,3	64,0

Сталь марганцовистая малоуглеродистая 15Г1А (10Г2)

Примечание. Разрывные образцы размером $s = 15$ мм, $l = 55$ мм вырезались из листа толщиной 3,0 мм в продольном направлении. Химический состав стали, %: С = 0,10; Mn = 1,37; Si = 0,27; S = 0,028; P = 0,032.

2. Модуль нормальной упругости E , $\frac{кг}{мм^2}$

Таблица 4

Температура, °С	-193	-100	-74	+20	+200	+300	+350	+400	+450	+500
$E \cdot 10^{-3}$	21,67	20,81	20,41	19,67	18,9	17,8	17,8	17,6	16,9	15,8

Примечание. Химический состав стали, %: С = 0,15; Mn = 1,2; Si = 0,28; S = 0,020; P = 0,024; Cr = 0,03; Ni = 0,08. Сталь отожженная.

3. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска после нормализации [2]

а) при содержании углерода 0,14%, марганца 1,26%.

Таблица 5

Температура отпуска, °С	200	300	400	500	550	600	650
σ_s	47,3	47,07	49,7	48,23	48,47	46,6	44,47
σ_b	31,6	31,8	32,9	33,0	32,6	32,1	30,66
δ_{10}	24,5	26,7	23,5	22,26	27,13	28,43	29,53

Примечание. Испытания производились на плоских образцах вырезанных из листа толщиной 2,5 мм вдоль волокон.

**СТАЛЬ МАРГАНЦОВИСТАЯ МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ
15Г1А (10Г2)***

Основное назначение: сталь повышенной прочности для изготовления деталей холодной и горячей штамповки и сварных конструкций, не требующая термообработки после сварки.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав.

Таблица 1

Источ- ник	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
				не более			
МПУ 4144-53	0,11—0,20	1,1—1,4	0,17—0,37	0,030	0,035	0,3	0,4
ТУ МОП 19-84	0,11—0,20	1,1—1,4	0,17—0,37	0,030	0,035	0,3	0,4

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_b	δ_{10}
			не менее		
Толстый лист согласно каталогной толщине 0,8—3 мм	Отожженный 15Г1А-О	МПУ-4144- 53	30	40	22
	Нормализован- ный с отпус- ком 15Г1А-Н	То же	30	45	21

* Старое название марки стали — 10Г2 (ТУ 1008-46). Название измене-
но взамен совпадения с маркой 10Г2 по ГОСТ 1050-52. имеющей другой
состав

9 1 Конструкционные легированные стали

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления винтов всех видов, болтов, шпилек, гаек, малоответственных цементуемых и штампуемых деталей.

ИСТОЧНИКИ

1. Конструкционные стали. Справочник. Т. I. 1947.
2. В. П. Давыдов. Физические свойства черных металлов. Металлургиздат. 1947.
3. Техническая энциклопедия. Справочник физических величин. Т. II. 1929.
4. Металл. Хандбук. А. М. 1928 и 1939.
5. И. А. Славин. Производство металлов. 1937.
6. А. Д. Александров. Термическая обработка деталей автомобилей. 1948.

**2. КОНСТРУКЦИОННЫЕ
ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ**

1. Конструкционные углеродистые стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Модуль нормальной упругости E при 20°C — $20\,000 \text{ кг/мм}^2$ [5].
 2. Физические свойства.

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [2]

Таблица 3

Интервал температур, $^\circ\text{C}$	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,115	0,128	0,136

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [2]

Таблица 4

Температура, $^\circ\text{C}$	100	200	400	500
λ	0,186	0,159	0,114	0,100

в) Коэффициент линейного расширения α [3]

Таблица 5

Интервал температур, $^\circ\text{C}$	20-100	20-200	20-400	20-600
α , 10^{-6}	11,1	12,1	13,4	14,4

Контрольные точки: A_1 — 785; A_2 — 843; A_3 — 679; A_4 — 820; A_5 — 820.

д) Удельный вес γ — $7,82 \text{ г/см}^3$

3. Коррозионная стойкость. Сталь имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФП1, красками и эмальями (ГО 270 54 и ГО 844 55 — для цинкования; ГО 273 54).

Автоматная сталь

A-20

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах и бессемеровских конвертерах.

Горячая прокатка прутков различных профилей и ковка не вызывает затруднений.

Температурный интервал горячей механической обработки $1200-960^\circ$. Выше 1200° проявляется белоломкость, ниже 950° — краснеломкость.

Прокатка слитков производится небольшими обжатиями. Охлаждение после горячей механической обработки — на воздухе.

2. Характерные виды брака. Повышенное содержание серы в кипящей автоматной стали обуславливает наличие волосных трещин на поверхности обрабатываемых деталей, а также цепочкообразное расположение сульфидов по границам зерен, что в некоторых случаях вызывает рванины при прокатке и снижает пластические свойства при испытании.

3. Свариваемость. Сталь для сварных конструкций применять не рекомендуется.

4. Обрабатываемость резанием — $80-90\%$ (по сравнению с эталонной сталью А-12) [5].

5. Термическая обработка [6; 1]. Сталь мало склонна к перегреву, к отпускной хрупкости склонности не имеет. Применяется в горячекатаном и холоднотянутом состоянии, а также после закалки с отпуском.

Таблица 6

Режимы термообработки		
Операция	Температура, $^\circ\text{C}$	Охлаждение
Нормализация	880-900	На воздухе
Отжиг	840-860	Медленное
Закалка	870-890	В воде
Отпуск	На требуемую твердость	На воздухе

Сталь хорошо цинкуется и цементуется.

1. Конструкционные углеродистые стали

Сталь цианируется так же хорошо, как и стали марок 10 и 20. При температуре цианирования 850° и выдержке в течение 1 часа глубина слоя достигает около 0,35 мм, при поверхностной твердости около 760 Н_с.

Сталь хорошо цементуется. Глубина цементованного слоя получается несколько меньшая, чем у стали марок 10 и 20.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Автоматная сталь применяется для изготовления винтов всех видов, болтов, шпильек, гаек, малоответственных цементуемых и цианируемых деталей.

ИСТОЧНИКИ

1. Автомобильные и конструкционные стали. Справочник, 1951.
2. Конструкционные стали. Справочник. Т. 1, 1947.
3. И. К. Ивочкин. Сталь № 3, 4, 1942.
4. В. П. Давыдов. Физические свойства черных металлов. Металлургия, 1947.
5. Металлы. Хартманн, Г. М., 1938 и 1939.
6. Машиностроение. Т. 3. Справочник, 1947.

АВТОМАТНАЯ СТАЛЬ А-20

Основное назначение — изготовление деталей на винторезных станках и автоматах.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1414-54).

Таблица 1

Содержание элементов, %				
C	Mn	Si	S	P
0,15—0,25	0,60—0,90	0,15—0,35	0,08—0,15	Не более 0,06

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ _s	δ ₅		ψ	Н _с
					не менее	не более		
Сортовой прокат горячекатаный	Без термообработки	ГОСТ-1414-54	—	46—61	20	30	—	168
Сортовой прокат холоднокатаный*	Без термообработки	То же	до 20	62—80	7	—	—	167—217
			20—30	57—76	7	—	—	167—217
			свыше 30	54—73	7	—	—	167—217

* Механические свойства определяются по требованию заказчика.

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [5].

Таблица 3

Температура, °С	20	100	300	450
$E \cdot 10^{-3}$	20,2	18,7	17,0	15,7

4. Физические свойства:

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [4].

Таблица 4

Интервал температур, °С	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,114	0,123	0,136

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [4].

Таблица 5

Температура, °С	100	200	400	500
λ	0,185	0,159	0,113	0,098

в) Коэффициент линейного расширения α [5].

Таблица 6

Интервал температур, °С	20-100	20-200	20-400	20-500
$\alpha \cdot 10^{-6}$	11,9	12,5	13,6	14,2

г) Критические точки [5]: $A_1 = 735^\circ$; $A_2 = 866^\circ$; $A_3 = 685^\circ$; $A_4 = 840^\circ$.д) Удельный вес $\gamma = 7,832 \text{ г/см}^3$ [4].

5. Коррозионная стойкость. Сталь имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ, красками и эмалью (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация [3]. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах и бессемеровских конвертерах. Горячая прокатка прутков различных профилей и ковки не вызывает затруднений.

Температурный интервал горячей механической обработки 1200—950°. Горячая деформация при температуре выше 1200° вызывает белоломкость, а при температуре ниже 950° — краснеломкость.

Прокатка слитков рекомендуется с небольшими обжатиями. Охлаждение заготовок после прокатки иликовки производится на воздухе.

Сталь удовлетворительно катается в холодном состоянии. Высокое содержание в стали серы и фосфора уменьшает ее пластичность в холодном состоянии и повышает чувствительность стали к напряжениям ударного характера.

2. Характерные виды брака. Повышенное содержание серы в кипящей автоматной стали обуславливает наличие волочных трещин на поверхности обрабатываемых деталей и петлюобразное расположение сульфидов по границам зерен, что в некоторых случаях вызывает рванины при прокатке и снижает пластические свойства при испытании.

3. Обрабатываемость резанием [6]. По ГОСТ 2625-44 в нормализованном состоянии сталь является эталоном обрабатываемости.

Относительная обрабатываемость у этой стали принимается за 100% при $H_v = 179-229$.

4. Свариваемость. Сталь для сварных конструкций применять не рекомендуется из-за значительной склонности к образованию трещин, вызванной повышенным содержанием серы и фосфора.

5. Термическая обработка [1]. Сталь мало склонна к перегреву. Из-за малой прокаливаемости применяется в нормализованном или отожженном состоянии, а также без термической обработки. Отпусковой хрупкости сталь не подвержена.

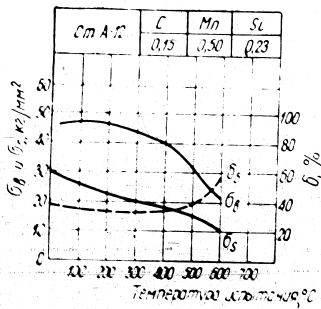
Таблица 7

Операция	Режимы термообработки	
	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	900	на воздухе
Отжиг	840	с печью

Г. Конструкционные углеродистые стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

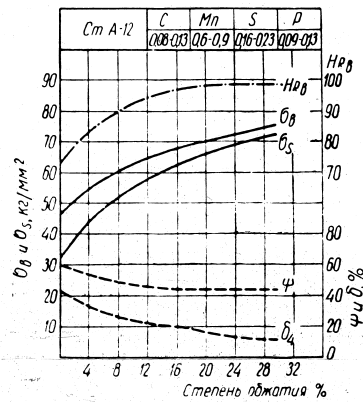
1. Механические свойства при повышенных температурах [1].



Автоматная сталь

A-12

2. Механические свойства в зависимости от степени холодной деформации [2]



1. Конструкционные углеродистые стали

Рекомендуемые материалы:
 а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УОНИ-13/65, УОНИ-13/85 по ПО 518-55, в зависимости от требований к конструкции;
 б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348, АН-348А, ОСЦ-45;
 в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А, Св-15, Св-15 Г, в зависимости от требований и конструкции.
 4. Термическая обработка. Сталь мало склонна к перегреву, отпускной хрупкости не подвержена.

Режимы термообработки Таблица 7

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	850—870	На воздухе
Высокий отпуск	680—720	На воздухе
Отпуск	780—800	С печью
Закалка	830—840	В масле или в нагретой воде
Отпуск	400—650 в зависимости от требуемых свойств	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь для деталей повышенной прочности. Применяется для изготовления деталей крепления и инструментов: рычагов, ключей, шарниров, цапф, опор и др.

ИСТОЧНИКИ

- 1. Конструкционные стали. Справочник Т. 1. Металлургиздат, 1947.
- 2. С. И. Волынский и М. П. Мельков. Вестник металлургического института № 17, 1937.
- 3. А. М. Мельников. Энциклопедический справочник Т. III. Машгиз, 1947.
- 4. С. С. Поддерибора. Сталь, 1933, стр. 461, 465.
- 5. Справочник ВИАМ по легированным материалам Т. I, 1950.
- 6. И. Д. Мирский и А. Розанов. Труды МИС, вып. 1935.
- 7. Н. П. Давыдов. Физические свойства сталей, 1946.
- 8. Металл. Хандбук ASM, Кларк, 1950.
- 9. Справочные данные НИИ ПМ (8).

АВТОМАТНАЯ СТАЛЬ А-12

Основное назначение — изготовление деталей на винторезных станках и автоматах.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1414-54).

Таблица 1

Содержание элементов, %				
C	Mn	Si	S	P
0,08—0,16	0,6—0,9	0,15—0,35	0,08—0,20	0,08—0,15

Примечания: 1. По требованию потребителя, оговоренному в заказе, сталь марки А-12 может поставляться с содержанием серы 0,08—0,15%.
 2. В стали марки А-12, при содержании фосфора менее 0,1%, серы должно быть 0,1—0,2%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ _т	σ _в		Н _в
					φ	не менее	
Сортовой прокат горячекатаный	Без термообработки	ГОСТ 1414-54	—	42—57	22	36	не более 160
Сортовой прокат холоднотянутый	Без термообработки	ГОСТ 1414-54	до 20	60—80	7,0	—	167—217
То же	То же	То же	20—30	55—75	7,0	—	167—217
То же	То же	То же	свыше 30	52—70	7,0	—	167—217

9 Прокляиваемость [1].

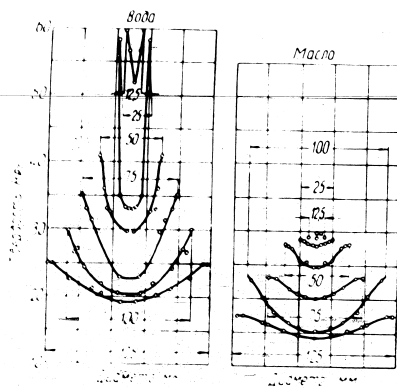


Рис. 26

10 Физические свойства.

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$

Таблица 5

Интервал температуры, °С	0-100	0-200	0-400	0-600
λ	0,162	0,132	0,125	0,127

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$ [7].

Таблица 6

Температура, °С	100	200	400	500
λ	0,162	0,132	0,085	0,075

в) Коэффициент линейного расширения (в интервале 20—100°):

$$\alpha \cdot 10^6 = 11,649 [8].$$

г) Критические точки: $A_{c1} - 725^\circ$; $A_{c2} - 770^\circ$; $A_{r1} - 690^\circ$; $A_{r2} - 720^\circ$ [8].

д) Удельный вес $\gamma = 7,814 \text{ г/см}^3$ [7].

11. Коррозионная стойкость. Сталь в окислителях не стойка. Сталь имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ, красками и эмалями (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных или кислых мартеновских печах. Горячая прокатка различных профилей и ковка не вызывают затруднений. Температурный интервал горячей механической обработки 1250—800°. Сталь удовлетворительно катается в холодном состоянии.

2. Обрабатываемость резанием [3]. Относительная обрабатываемость при $H_v = 179-229$ по сравнению со сталью А-12 составляет 60%.

3. Свариваемость. Сталь обладает ограниченной свариваемостью при всех видах сварки. Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку и прихватку сложных узлов в конструкциях рекомендуется производить с подогревом до 250—350° С. Точечную сварку рекомендуется производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до 250—300° С.

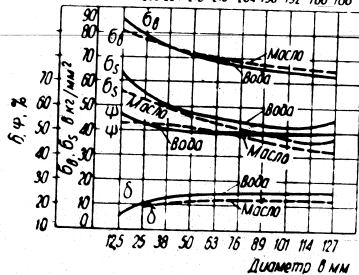
После сварки, не позднее чем через 8—10 часов, сварные узлы и конструкции необходимо подвергать высокому отпуску.

1. Конструкционные углеродистые стали

5. Механические свойства в зависимости от массы после термической обработки [9].

Отпуск 540°C

H_B после закалки в масле 299 227 222 216 210 207 203 197 185 193
 H_B после закалки в воде 245 232 224 218 210 204 196 192 188 188



Отпуск 650°C

H_B после закалки в масле 216 210 206 206 204 202 200 200 200
 H_B после закалки в воде 242 231 204 202 198 192 189 188 184 182

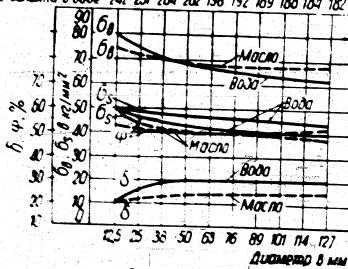


Рис. 24

Сталь среднеуглеродистая

6. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

Таблица 3

Температура, °С	+20	+100	+200	+300	+400	+450
$E \cdot 10^{-4}$	20,4	20,5	19,7	19,4	17,5	16,1

7. Предел выносливости (усталости) [4].

Таблица 4

Предел выносливости при изгибе σ_{-1} , кг/мм ²	Механические свойства				Состояние стали
	σ_B	σ_S	δ	ψ	
23,6	28,1	53,2	32,5	49,3	Отжиг
23,8	49,0	68,2	23,2	57,8	Нормализация, закалка+отпуск

Химический состав (%):

- Для отожженной стали: C = 0,42; Mn = 0,60;
- Для закаленной и отпущенной стали C = 0,45; Mn = 0,46.

8. Изотермическое превращение аустенита [1].

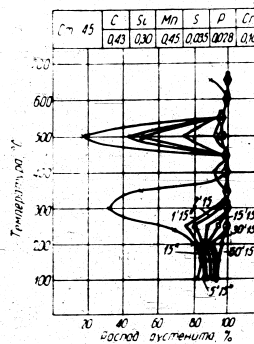


Рис. 25

3. Механические свойства при низких температурах (в нормализованном состоянии) [9].

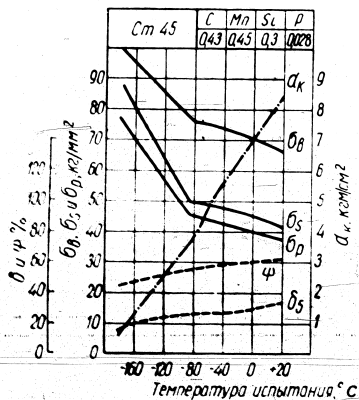


Рис. 22.

4. Механические свойства при низких температурах (в улучшенном состоянии) [5].

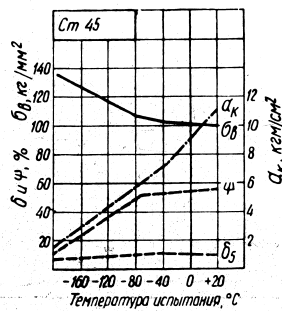


Рис. 23.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [9]. (См. Введение, раздел II, абзац 3).

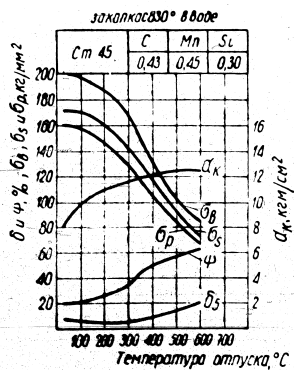


Рис. 20

2. Механические свойства при повышенных температурах [2].

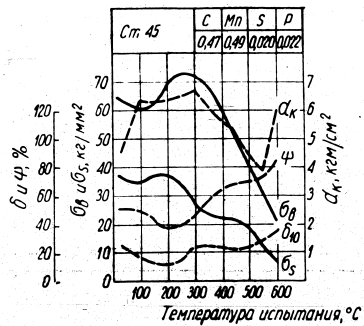


Рис. 21

СТАЛЬ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТАЯ 45

Основное назначение: конструкционная сталь для сортопроката, листов, полос, труб и проволоки, идущих для изготовления деталей повышенной прочности.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52).

Таблица 1

Содержание элементов, в %

C	Mn	Si	S	P	NI	Cr
			не более			
0,42—0,50	0,30—0,80	0,17—0,37	0,045	0,040	0,30	0,30

Примечания: 1. Допускается отклонение по содержанию углерода $\pm 0,01\%$.

2. Для производства легированной проволоки поставляется сталь с содержанием марганца 0,3—0,6%, хрома не более 0,10%, никеля не более 0,15% и меди не более 0,30%.

3. Сталь для холодной высадки, по требованию заказчика, должна содержать марганца не более 0,60%, кремния 0,20% и серы 0,002%.

Сталь среднеуглеродистая

45

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_b	δ_5	ψ	Н _к не более
			не менее				
Сортовой прокат горячекатаный (прутки, полосы)	отожженный	ГОСТ 1050-52	—	—	—	—	207
	нормализованный	то же	34	60	16	40	—
Сортовой прокат холоднотянутый (прутки) и холоднкатаный (полосы)	нагартованный	ГОСТ 1051-50	—	65	6,0	30	241
	отожженный	то же	—	55	13,0	40	207
	отожженный для холодной высадки	—	не более 60	15,0	50	163	60
Проволока круглая холоднотянутая	нагартованная	ГОСТ 1982-50	—	110—70	—	число перегибов 5—1	—
Трубы бесшовные горячекатаные	без отжига	ГОСТ 301-50	—	60	14	—	187
Трубы бесшовные холоднотянутые	отожженные	то же	—	60	14	—	187

Примечания: 1. По требованию заказчика сталь диаметром более 16 мм и другие профили толщиной более 12 мм испытываются на ударную вязкость по нормам, установленным специальными ТУ.

2. Проволока холоднотянутая изготавливается диаметром 0,3—7 мм. По мере увеличения диаметра σ_s и число перегибов снижаются в указанных пределах.

81

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см. сек. град}}$ [1].

Таблица 5

Температура, °С	100	200	300	400	500
λ	0,180	0,154	0,125	0,105	0,090

в) Коэффициент линейного расширения α [4].

Таблица 6

Интервал температур, °С	20—100	20—200	20—400	20—500	20—600
$\alpha \cdot 10^6$	11,09	11,89	13,42	14,02	14,43

г) Критические точки A_1 — 730°; A_2 — 802°; A_3 — 691°; A_{r_1} — 791° [4].

д) Удельный вес $\gamma = 7,817 \text{ г/см}^3$ [5].

8. Коррозионная стойкость. Сталь в окислителях не стойка. Имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии.

Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ, красками и эмалью (НО 270-54, НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Горячая прокатка и ковка не вызывают затруднений. Температурный интервал горячей механической обработки 1250—800°. Сталь удовлетворительно катается в холодном состоянии.

2. **Обрабатываемость резанием.** Относительная обрабатываемость при $H_v = 174$ —217 по сравнению со сталью А-12 составляет 65%.

3. **Свариваемость.** Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку и прихватку сложных узлов и конструкций при толщине более 2,5 мм рекомендуется производить с предварительным местным подогревом до 250—350° С. Точечную сварку

рекомендуется производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до 250—350° С. Сварные узлы и конструкции не позднее чем через 8—10 час после сварки целесообразно подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/55, УОНИ-13/65 и УОНИ-13/85 по НО 518-55, в зависимости от требований к конструкции;

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволоки Св-08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348, АН-348А и ОСЦ-45;

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А.

4. **Термическая обработка.** Сталь к перегреву не склонна, отпускной хрупкости не подвержена.

Таблица 7

Режимы термообработки		
Операция	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	860—880	На воздухе
Высокий отпуск	680—720	На воздухе
Отжиг	850—890	С печью
Закалка	840—860	В воде или в масле
Отпуск	На требуемую твердость	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь для деталей, не испытывающих больших напряжений. Применяется, главным образом, в нормализованном состоянии, а также после термической обработки, для изготовления штуцеров, корпусов, фиксаторов и др.

ИСТОЧНИКИ

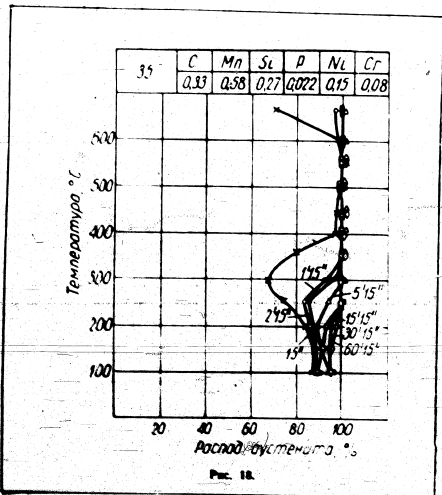
1. «Конструкционные стали». Справочник. Т. 1. Металлургия, 1947.
2. С. И. Вольфсон и М. П. Мягков. Вестник металлургической промышленности, № 17, 18, 1937.
3. Кривос и Квиуел. Трансакции оф Американ Института оф Металс, 126, 1937.
4. Металс Хандбук АСМ, 1939.
5. Б. Г. Лившиц. Физические свойства черных металлов, 1946.
6. М. А. Квасд. Аэрон ЕНДЖ. № 16, 1-8, 1938.
7. «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III. Машиностроение, 1947.
8. Данные НИИ, П/л 621.

4. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

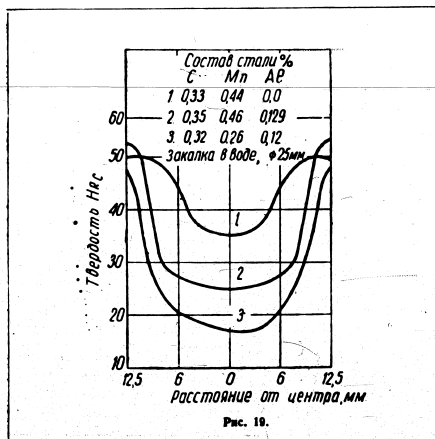
Таблица 3

Температура, °C	20	100	200	300	400	450
$E \cdot 10^{-3}$	20,1	20,1	19,0	17,9	17,1	15,7

5. Изотермическое превращение аустенита [8].



6. Прокаливаемость [6].



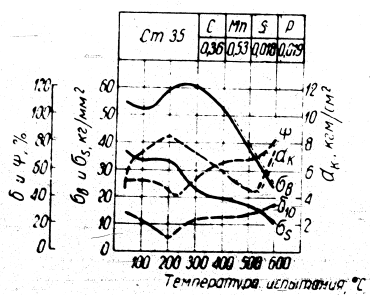
7. Физические свойства.

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г. град}}$ [5].

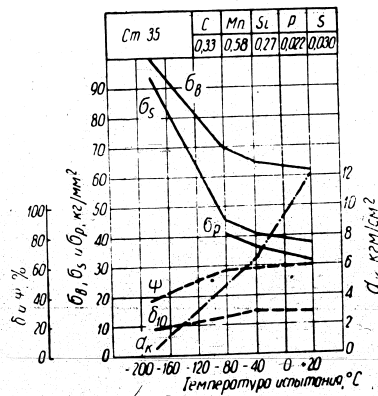
Таблица 4

Интервал температур, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,115	0,125	0,138

2. Механические свойства при повышенных температурах [2].



3. Механические свойства при низких температурах (в нормализованном состоянии) [6].



1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	н е м е н с е			
			σ_s	σ_b	δ_5	ψ $d_{отг}$
Трубы бесшовные горячекатаные	без отжига	ГОСТ 301-50	—	52	17,0	— 4,4
Трубы бесшовные холоднокатаные	отожженные	то же	—	52	17,0	— 4,4
Проволока	нагартованная	ГОСТ 1983-50	—	100-60	перегибов от 6 до 2	—
			толщ. на, мм	δ_0		
Лист горячекатаный	термообработанный	ГОСТ 2672-52	до 1,5	50-65	16	—
			1,5-2,0	то же	17	—
			св. 2,0	.	18	—
			св. 4,0	.	18	5,05-4,45

Примечания: 1. По требованию заказчика круглая сталь диаметром более 16 мм и другие профили толщиной более 12 мм испытывают на ударную вязкость по нормам, установленным специальными ТУ.

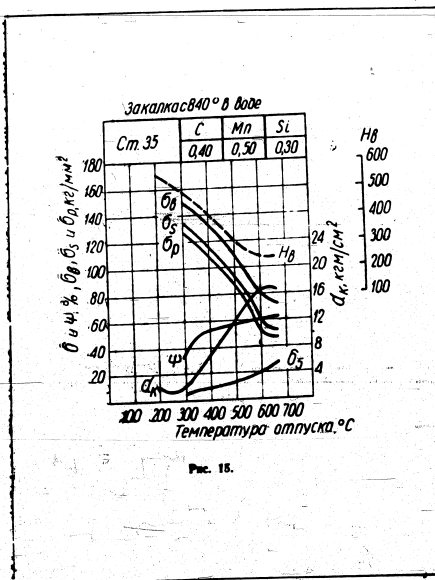
2. Проволока изготавливается диаметром от 0,3 до 7,0 мм, предельный предел прочности (100 мм²) относится к малым сечениям и равен 100 кг/мм² — к большим сечениям.

Сталь среднеуглеродистая

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [1]. (См. Введение, раздел II, абзац 3).



1. Конструкционные легированные стали

Рекомендуемые материалы:
 а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 по НО 518-55;
 б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08А (ГОСТ 2246-54); флюс АН-348, АН-348А и ОСЦ-45;
 в) при газовой атомно-водородной сварке — проволока Св-08А.

4. Термическая обработка. Сталь к перегреву не склонна. Отпускной хрупкости не подвержена. Для цементации рекомендуется выбирать сталь с нижним содержанием по углероду, а для цианирования с верхним.

Режимы термической обработки Таблица 7

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	880—900	На воздухе
Низкий отпуск	700±10	На воздухе
Закалка	860—890	В воде
Отпуск	на требуемую твердость	На воздухе

Режим цианирования такой же, как и у стали 20.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь предназначена для деталей, не испытывающих больших напряжений. Применяется в нормализованном состоянии и после термической обработки, для изготовления колец, шлангоутов, фланцев, крышек и т. д.

ИСТОЧНИКИ

- 1) С. А. Е. Хавабук, 1939
- 2) С. М. Вельфсон и М. П. Мягков. Вестник металлургического завода № 17—18, 1947
- 3) Вестник НКМ, № 2, 1948
- 4) Г. И. Лившиц. Физические свойства черных металлов, 1947
- 5) Вестник Харьковского АСМ, 1939
- 6) Вестник Харьковского металлургического завода, 1947
- 7) Конструкционные стали. Справочник. Т. III, Машгосиздат, 1949, Гиб 621.

СТАЛЬ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТАЯ 35

Основное назначение: конструкционная сталь для поковок, штампов, сортопроката, листов, проволоки и бесшовных труб, идущих для изготовления малонагруженных деталей.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52)

Таблица 1

C	Mn	Si	не более			
			S	P	Ni	Cr
0,32—0,40	0,36—0,80	0,17—0,37	0,045	0,040	0,30	0,30

Примечание. При поставке стали по ГОСТ 2672-52 содержание серы не должно превышать 0,040%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее				
			σ_s	σ_b	δ_5	ψ	Кем
Сортовой прокат горячекатаный (прутки и полосы)	без термообработки	ГОСТ 1050-52	—	—	—	—	4,4
	нормализованный	то же	31	52	20,0	45	—
Сортовой прокат холоднокатаный (прутки) и холоднокатаный (полосы)	загартованный	ГОСТ 1051-50	—	60	16,5	35	4,0
	отожженный	то же	—	46	15,0	45	4,4

6. Прокаливаемость [7].

Твердость после закалки в воде HRC_{925}°

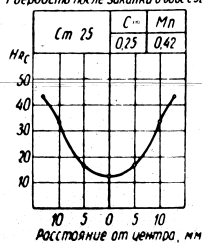


Рис. 14

7. Физические свойства.

а) Теплоемкость C , $\frac{ккал}{г \cdot град}$ [4].

Таблица 4

Интервал температур, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,115	0,124	0,136

б) Теплопроводность λ , $\frac{ккал}{см \cdot сек \cdot град}$ [4].

Таблица 5

Температура, °C	100	200	300	400	500
λ	0,180	0,154	—	0,105	0,090

в) Коэффициент линейного расширения α [6].

Таблица 6

Интервал температур, °C	25-100	25-200	25-400	25-600
$\alpha \cdot 10^6$	11,1	12,3	13,3	14,3

г) Критические точки: $A_{c1} - 735^{\circ}$; $A_{c2} - 840^{\circ}$; $A_{r1} - 680^{\circ}$; $A_{r2} - 824^{\circ}$ [5].

д) Удельный вес $\gamma = 7,82 \text{ г/см}^3$ [4].

8. Коррозионная стойкость. Сталь в окислителях не стойка. Имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ, красками и эмалью (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и удовлетворительно в холодном состоянии. Температурный интервал горячей механической обработки 1270—800°. Сталь хорошо штампуется в горячем и удовлетворительно в холодном состоянии.

Изготавливаемые полуфабрикаты: листы горячекатаные и холоднокатаные, сортовой прокат горячекатаный и холоднокатаный, ленты холоднокатаные, поковок, проволока, трубы и т. п.

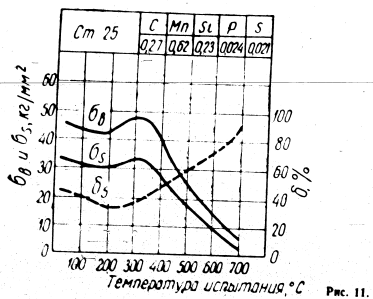
2. Обрабатываемость резанием [6]. Относительная обрабатываемость при $H_v=174-217$ по сравнению со сталью А-12 составляет 65%.

3. Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку и прихватки сложных узлов и конструкций при толщине более 2,5 мм рекомендуется производить с предварительным местным подогревом до 250—350°C. Точечную сварку рекомендуется производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до 250—350°C.

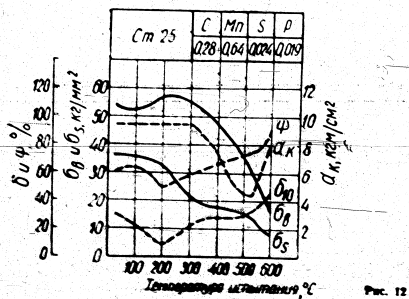
Сварные узлы и конструкции не позднее чем через 8—10 часов после сварки целесообразно подвергать высокому отпуску при температуре 600—650°C.

1. Конструкционные углеродистые стали

2. Механические свойства при повышенных температурах (в нормализованном состоянии) [8].

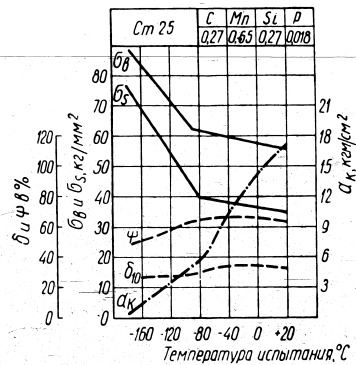


3. Механические свойства при повышенных температурах [2].



Сталь среднеуглеродистая

4. Механические свойства при низких температурах (в нормализованном состоянии) [8].



5. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [2].

Таблица 3

Температура, °C	20	100	200	300	400	450
$E \cdot 10^{-4}$	20,2	20,0	19,5	18,9	16,7	15,2

1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 2

Вид нагрузки	Состояние поставки	Источники	Размер, мм	Т, %				d, см
				1	2	3	4	
Средней прочности прутки, шпильки, болты, винты	Нормализованная	ГОСТ 1021-70	26	44	23	50	-	
				55	7	40		
Средней прочности сварочные шпильки, шпильки, болты	Спокоенный	ГОСТ 1021-70	-	42	19	50	4,1	
				42	19	50	4,6	
Круглая прокатная шпилька	Нормализованная	ГОСТ 1802-50	2,2-5,0	70	-	-	по требованию заказчика	
				55-90	2	-		
Листа холоднокатаные, то же	Нормализованная	ГОСТ 2284-43	до 3,0	35	60	18	-	
				45	26	-		
Листы горячекатаные, то же	Нормализованная	ГОСТ 2284-43	до 3,0	45	26	-	-	
				40-55	22-24	-		
Листы холоднокатаные и горячекатаные, то же	Термически обработанные, глубоководный, нормальный, выжженный	ГОСТ 1577-53	4-60	40-55	22-24	-	-	
				40	22-24	-		
Листы холоднокатаные, то же	Нормализованная	ГОСТ 914-56	0,2-4,0	40	22-24	-	-	
				40	22-24	-		

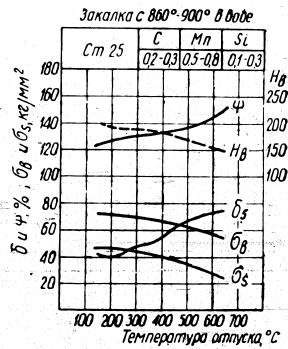
Примечания: 1. Листы испытываются на образцах, изготовленных по ГОСТ 803-41.
2. Листы испытываются на изгиб (см. ГОСТ 914-56 и ГОСТ 1577-53).

Сталь среднесуглеродистая

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [1]. (См. Введение, раздел II, абзац 3).



I. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 8 (продолжение)

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Цементация	910-920	
Закалка	780-800	В воде
Отпуск	140-180	На воздухе
Цианирование	850-10	
Закалка	840	В воде
Отпуск	140-180	На воздухе
Закалка	870-900	В воде
Отпуск	На требуемую твердость	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь предназначена для сварных и штампованных деталей невысокой прочности, а также для цементируемых и цианируемых деталей, не требующих повышенной прочности сердцевины.

ИСТОЧНИКИ

- 1) Г. В. Акимов и К. И. Акимова. Единая спецификация материалов машиностроения. Ч. I и II, 1945.
- 2) С. С. Подопригора. Сталь (сборник), 1933.
- 3) Данные НИИ. П/л 989.
- 4) В. Г. Ляпин и др. Физические свойства черных металлов, 1946.
- 5) «Конструкционные стали». Справочник. Т. I, 1947.
- 6) Металл. Хандбук АСМ, 1939.
- 7) «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III, Машгиз, 1947.
- 8) Данные НИИ. П/л 621.

СТАЛЬ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТАЯ 25

Основное назначение: конструкционная сталь для поковок, листов, лент, проволоки и труб, идущих на изготовление малонагруженных деталей.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52).

Таблица 1

Содержание элементов, %

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
			не более			
0,22-0,30	0,50-0,80	0,17-0,37	0,045	0,040	0,30	0,30

4. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [3].

Таблица 4

Температура, °С	-193	-100	-50	+20	+200	+300	+350	+400	+450	+500
E · 10 ⁻⁴	21,5	20,79	20,8	20,4	19,4	18,9	18,7	18,0	17,8	16,6

5. Физические свойства.

а) Теплоемкость C, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$ [4].

Таблица 5

Интервал температур, °С	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,115	0,128	0,136

б) Теплопроводность λ , $\frac{ккал}{см \cdot сек \cdot град}$ [4].

Таблица 6

Температура, °С	100	200	400	500
λ	0,166	0,159	0,114	0,100

в) Коэффициент линейного расширения α [5].

Таблица 7

Интервал температур, °С	20-100	20-200	20-400	20-600
$\alpha \cdot 10^6$	11,1	12,1	13,4	14,4

г) Удельный вес $\gamma = 7,82 \text{ г/см}^3$ [4].

д) Критические точки: A_{с1} - 735°; A_{с2} - 854°; A_г - 682°; A_{г2} - 835° [6].

е) Коррозионная стойкость. В окислителях сталь не стойка.

Сопротивление атмосферной коррозии весьма низкое. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ, красками и эмальями (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и удовлетворительно в холодном состоянии.

Температурный интервал горячей механической обработки 1270-800°. Сталь хорошо штапуется в горячем и холодном состоянии. Изготавливаемые полуфабрикаты: листы горячекатаные и холоднокатаные, ленты холоднокатаные, сортовая сталь горячекатаная, проволока и трубы.

2. **Обработываемость резанием** [7]. Относительная обрабатываемость при H_в = 137-174 по сравнению со сталью А-12 составляет 65%.

3. **Свариваемость.** Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Точечную сварку рекомендуется производить на «мягких» режимах. Для снятия внутренних напряжений сварные узлы и конструкции весьма сложной конфигурации после сварки не позднее чем через 8-10 часов целесообразно подвергать высокому отпуску при температуре 600-650°С.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке - электроды УОНИ-13/45 или УОНИ-13/55 по НО 518-55;

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса - проволока Св-08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348, АН-348А и ОСЦ-45;

в) при газовой и атомно-водородной сварке - проволока Св-08А.

4. **Термическая и химико-термическая обработка.** Сталь не склонна к перегреву. Склонности к отпускной хрупкости не имеет.

Режимы обработки

Таблица 8

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	890-920	На воздухе
Высокий отпуск	680-720	На воздухе

1. Конструкционные углеродистые стали

2. Механические свойства при повышенных температурах [1].

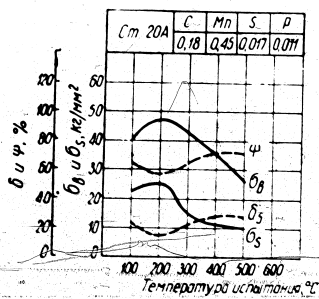


Рис. 8.

Сталь малоуглеродистая

20, 20А

3. Механические свойства при низких температурах (в нормализованном состоянии) [8].

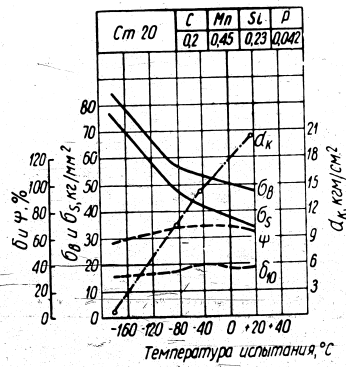


Рис. 9.

1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ_s	δ_{10}	Число перегибов не менее
Листы горячекатаные	Термически обработанные	ГОСТ 2672-52	4,0-6,0	40-55	24	—
Ленты холоднокатаные	Нагартованные (Г)	ГОСТ 2284-43	0,3	50-85	2	—
То же	После низкого отжига	То же	0,3	32-55	20	—
Круглая холоднокатаная проволока	Нагартованная	ГОСТ 1798-49	0,8-2,5	55	—	6
			2,8-3,5	50	—	5
			4,0-5,0	50	—	4

Примечания: 1. Листы по ГОСТ 914-56 нормальной вытяжки толщиной более 2,0 мм, а также листы, поставляемые без термической обработки подвергаются испытанию механических свойств только по требованию заказчика.
 2. Листы толщиной до 2 мм испытываются на изгиб на 180° до соприкосновения сторон. Листы толщиной более 2 мм испытываются на изгиб с прокладкой, равной толщине листа. На сгибе не должно быть трещин, расколов и надрывов.
 3. Пробы по Эриксену производятся для листов «Г» и «ВГ» толщиной до 1 мм.
 4. Образцы для испытания лент изготавливаются по ГОСТ 503-41.

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s			δ_{10}	ψ	$\alpha_{кт}$
			σ_s	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,01}$			
Трубы холоднокатаные	После отжига	ГОСТ 301-50	40	20	—	—	4,8	
	После отжига	ТУ 1078	40	20	—	—	—	
Трубы горячекатаные	Без отжига	ГОСТ 301-50	40	20	—	—	4,8	
	Без отжига	ТУ 1078-49	40	20	50	—	3,8	
Сортной прокат	Нормализация (образцы)	ГОСТ 1050-52	41	25	55	—	$\alpha_{кт} \geq 25$	

Примечание. Испытание на твердость производится только по требованию заказчика и при толщине стенки более 10 мм.

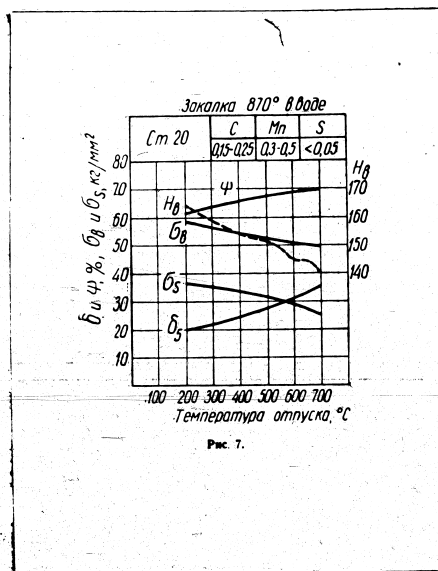
Сталь малоуглеродистая

20, 20А

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [2]. (См. Введение, раздел II, абзац 3).



1. Конструкционные углеродистые стали

2. **Обработываемость резанием** [5]. Относительная обработываемость при $H_v = 131-170$ по сравнению со сталью А-12 составляет 50%.

3. **Свариваемость**. Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки. Точечную сварку конструкций, в которых точки работают на отрыв, рекомендуется производить на «мягких» режимах.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 по НО 518-55.

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348, АН-348А, ОСЦ-45;

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А.

4. **Термическая обработка**. Сталь не склонна к перегреву. Склонности к отпускной хрупкости не имеет.

Рекомендуемая температура нормализации 900—920°. Закалка от температуры 900—920° в воде рекомендуется для улучшения обработываемости.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Цементируемая или цинкируемая сталь для деталей, не требующих повышенной прочности сердцевины.

Применяется для изготовления болтов, гаек, заклепок, рычагов, ключей и др.

Для цементируемых деталей рекомендуется применять сталь 15А.

ИСТОЧНИКИ

- 1) Конструкционные стали. Справочник. 1947.
- 2) С. И. Вольфсон и М. П. Мягков. Вестник металлопромышленности 17, № 8, 1937.
- 3) Б. Г. Давыдов. Физические свойства черных металлов. Металлургия, 1946.
- 4) Металл Халдбух АСМ, 1939.
- 5) «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III, Машгиз, 1947.

СТАЛЬ МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ 20, 20А

Основное назначение — изготовление листов, лент, проволоки и труб.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52).

Таблица 1

Содержание элементов, %						
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
			не более			
0,17—0,25	0,35—0,65	0,17—0,37	0,045	0,040	0,30	0,30

Примечания: 1. Для стали марки 20А по ТУ 1078 допускается не более 0,035% серы.

2. При поставке стали по ГОСТ 2672-52 содержание серы не должно превышать 0,040%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ_s	δ_{10}	Число перегибов
Листы холоднокатаные	Термически обработанные, разной штамповки (выпуска ВГ, Г и Н)...	ГОСТ 914-56	0,2—4,0	35—51	24—26	—

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Механические свойства при повышенных температурах [2].

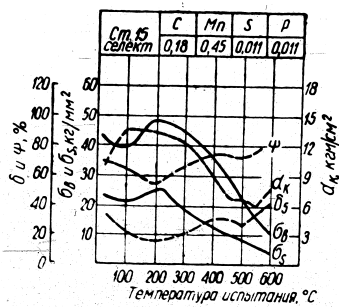


Рис. 6.

2. Модуль нормальной упругости E , кгс/мм² [2].
(Химический состав, %: C=0,18, Mn=0,45).

Таблица 3

Температура, °C	20	100	200	300	400	450
$E \cdot 10^{-3}$	20,2	18,7	17,9	17,0	16,1	15,7

3. Физические свойства:

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ [3].

Таблица 4

Интервал температур, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,114	0,123	0,136

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [3].

Таблица 5

Температура, °C	100	200	400	500
λ	0,185	0,159	0,113	0,086

в) Коэффициент линейного расширения α [4].

Таблица 6

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-400	20-500
$\alpha \cdot 10^6$	11,9	12,5	13,6	14,2

г) критические точки: $A_{c1} - 735$; $A_{r1} - 685$; $A_{c2} - 863$; $A_{r2} - 840$ [4].

д) Удельный вес $\gamma = 7,82 \text{ г/см}^3$ [3].

4. Коррозионная стойкость. Сопротивление атмосферной коррозии весьма низкое.

Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ или красками и эмалями (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и холодном состоянии. Температурный интервал горячей механической обработки — 1280 — 800°.

Сталь хорошо штампуются в горячем и холодном состоянии. Изготавливаемые полуфабрикаты: листы горячекатаные и холоднокатаные, ленты холоднокатаные, прутки, проволока, сортовая сталь горячекатаная и холоднокатаная.

1. Конструкционные углеродистые стали

вместь при $H_v = 131-170$ по сравнению со сталью А-12 составляет 50%.

5. Свариваемость. Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45; УОНИ-13/55 по ГОСТ 518-55;

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08 А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348; АН-348 А; ОСЦ-45;

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08 А.

6. Термическая и химико-термическая обработка. Сталь не склонна к перегреву. Склонности к отпускной хрупкости не имеет.

Режимы обработки Таблица 8

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	900—950	На воздухе
Высокий отпуск	680—720	На воздухе
Цементация	910	
Закалка	780—800	В воде
Отпуск	140—180	На воздухе
Цинкование	850±10	
Закалка	840	В воде
Отпуск	140—180	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Малоуглеродистая сталь применяется для деталей, изготовляемых в холодном состоянии г.д. глубокой вытяжкой. Применяется также для деталей и узлов, подвергающихся сварке.

ИСТОЧНИКИ

1. С. И. Вольфсон и М. П. Мягков. Вестник металлопромышленности, 17, № 4, 1937.
- 2) Кудрявцев. Журнал технической физики, Т. VII, вып. 3, 1937.
- 3) Конструктивные стали. Т. I. Справочник, 1947.
- 4) Г. В. Акимов и К. И. Акимов. Единая спецификация металлургических материалов машиностроения, 1945.
- 5) Б. Г. Лавшин. Физические свойства черных металлов. Металлургия, 1946.
- 6) «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. III. Машин, 1947.

СТАЛЬ МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ 15, 15А (селект)

Основное назначение — изготовление листов, лент, проволоки, сортового проката.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52 для стали 15).

Таблица 1

Марка	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni
15	0,12 - 0,20	0,35 - 0,65	0,17 - 0,37	0,30	0,045	0,040	0,30
15А	0,15 - 0,20	0,35 - 0,65	0,17 - 0,37	0,20	0,035	0,035	0,30

2. Механические свойства (в состоянии поставки). Сталь 15.

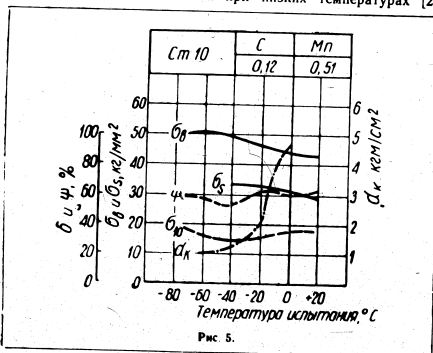
Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ _т , кг/мм ²	
				σ _т	σ _с
Проволока	нагартованная	ГОСТ 1798-49	0,8—5,0	см. сталь 20	
Лист горячекатаный	нормализованная	ГОСТ 1577-53	от 4,0	38	50
Прокат сортовой горячекатаный	то же	ГОСТ 1050-52		37	27

Примечание. Готовые заклепки (после отпуска) должны иметь сопротивление срезу не менее 34 кг/мм² при испытании с помощью пластин и не менее 32 кг/мм² при испытании в муфте.

1. Конструкционные углеродистые стали

2. Механические свойства при низких температурах [2].



3. Модуль нормальной упругости E_n , кг/мм² [1, 4].

Таблица 4

°C	-180	-80	-40	+15	+20	+100	+200	+300	+400	+450
E_{10}	21,2	21,0	21,2	19,8	20,7	21,0	18,6	15,6	14,4	13,6

4. Физические свойства.

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{ккал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [5].

Таблица 5

Интервал температур, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,110	0,114	0,122	0,135

Сталь малоуглеродистая 10, 10 кп

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [5].

Таблица 6

Температура, °C	100	200	400	500
λ	0,193	0,165	0,123	0,109

в) Коэффициент линейного расширения α [3].

Таблица 7

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-400	20-600
$\alpha \cdot 10^6$	11,6	12,6	13,0	14,6

г) Критические точки: $A_{c1} - 732^\circ$; $A_{c3} - 874^\circ$; $A_{r1} - 680^\circ$; $A_{r3} - 854^\circ$ [3].

д) Удельный вес $\gamma = 7,83 \text{ г/см}^3$ [5].

5. Коррозионная стойкость. Сталь в окислителях не стойка. Сопротивление атмосферной коррозии весьма низкое. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом, красками и эмальями (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и холодном состоянии. Температурный интервал горячей механической обработки 1300—800°. Сталь хорошо штампуется в горячем и холодном состоянии, допускает глубокую вытяжку, сложную гибку, выколотку. Изготавливаемые полуфабрикаты: листы горячекатаные и холоднокатаные, ленты холоднокатаные, сортовая сталь горячекатаная и холоднокатаная, прутки, проволоки, поковки, трубы.

2. Неоднородность строения. Для марки 10 кп то же, что и для марки 08 кп.

Сталь 10 (спокойная) имеет более однородное строение.

3. Склонность к старению. Сталь склонна к старению аналогично стали 08 кп (см. соответствующий раздел). Сталь марки 10 кп (кипящая) более подвержена старению, чем спокойная с добавкой алюминия, предварительно хорошо раскисленная сталь марки 10.

4. Обрабатываемость резанием [6]. Относительная обрабаты-

1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ_s	σ_b	δ_5	ψ	$d_{отв}$
Листы доводнокатаные (10 кп)	Термически обработанные, нормальной вытяжки (Н)		0,2-4,0	28-42	28	-	-	-
Листы горячекатаные (10 кп)	Термически обработанные, легкой глубокой вытяжки (ВГ)	ГОСТ 914-56	0,2-4,0	28-40	28	-	-	-
	Термически обработанные, глубокой вытяжки (Г)	То же	0,2-4,0	28-42	27	-	-	-
	Термически обработанные, нормальной вытяжки (Н)		0,2-4,0	28-42	25	-	-	-
Круглая холоднотянутая проволока	Нагартованная	ГОСТ 1798-49	0,8-2,5	50	6	-	-	-
			2,8-3,5	45	6	-	-	-
			4,0-5,0	45	5	-	-	-

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_b	δ_5	ψ	$d_{отв}$
Круглые горячекатаные прутки	Без термической обработки	МНМТУ 3290-52	32	18	30	55	6,0-5,0
Круглые горячекатаные прутки	Без термической обработки	ГОСТ 1050-52	-	-	-	-	5,1
Круглые холоднотянутые прутки	Нагартованные	МНМТУ 3290-52	-	-	-	-	4,4

Сталь малоуглеродистая

10, 10 кп

Таблица 3 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_b	δ_5	ψ	$d_{отв}$
			не менее				
Трубы бесшовные холоднотянутые	После отжига То же	ГОСТ 301-50 ТУ-1077*	32	-	24	-	5,1
			32	-	24	50	3,8

Примечания. 1. Для прутков диаметром свыше 80 мм допускается снижение удлинения на 2% и сужения площади сечения на 5% (абсолютных).
2. Испытание на твердость производится на трубах, имеющих толщину стенки более 10 мм.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства при повышенных температурах [1].

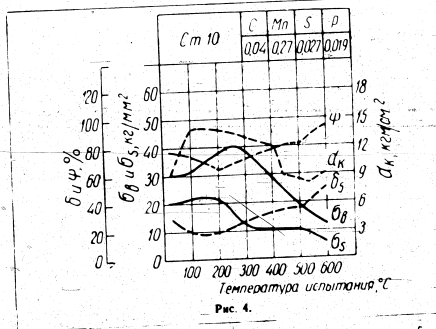


Рис. 4.

- 1961. «Автомобильные конструктивные стали». Справочник. Машин.
- 1962. «Конструктивные стали». Справочник. т. I. Металлургия. 1947.
- 1963. Энциклопедия конструктивных сталей. т. III. ОНТИ НКТП. 1937.
- 1964. А. К. Каминский. Основы сталеведения. Ленинград. 1950.
- 1965. Машиностроение. Энциклопедический справочник. т. III. Машин.
- 1966. Давыд Н.И. № 989.

ИСТОЧНИКИ

Сталь предназначена для изготовления малонагруженных деталей, требующих глубокой вытяжки при холодной штамповке и соединяющихся всеми видами сварки.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется при обжатии не менее 15%.
 * Отпуск не обязателен.

Объем	Температура, °С	Охлаждающая среда
900-980	воздух	
880-720		
920-940	воздух	
790-800	воздух	
840	воздух	
840	воздух	
140-180	воздух	

6. Термическая обработка [2]

1. Конструктивные автомобильные стали

Вид	Состояние поставки	Источник	Давле-ние, МПа	Время нагрева, мин	Температура нагрева, °С
Лист	Термически обработан	ГОСТ 914-56	2-4	0-28	42-30
Колодки	Термически обработан	ГОСТ 914-56	2-4	0-28	40-32
Трубы	Термически обработан	ГОСТ 914-56	2-4	0-28	42-30

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Марка стали	Содержание легирующих элементов, %					
	C	Mn	Si	S	P	Ni, Cr
10к	0,07-0,15	0,25-0,50	не более 0,08	0,045	0,040	0,30
10	0,07-0,15	0,35-0,65	0,17-0,27	0,045	0,040	0,30

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52)

1. СВОЙСТВА ПО ТВ И ГОСТАМ
 Основное назначение — штамповка из листов толщиной до 4 мм в холодном состоянии с глубокой вытяжкой, бесшовные трубы, проволочка и холоднокатанная лента.

СТАЛЬ МАЛЮГЛЕРПОДНСТАЯ 10, 10к

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и холодном состоянии. Температурный интервал горячей механической обработки 1300—800°.

Сталь хорошо штампуется в горячем и холодном состоянии, допускает глубокую и весьма глубокую вытяжку, гибку и выколотку.

Изготавливаемые полуфабрикаты: листы холоднокатаные и горячекатаные, ленты холоднокатаные, сортовая сталь горячекатаная и холоднотянутая, прутки, поковки, проволока, трубы.

2. **Неоднородность строения.** Макроструктура слитков из стали 08 кп характеризуется значительной неоднородностью вследствие резко выраженной зональной ликвиции вредных примесей собственной кипящей стали. В зависимости от места взятия пробы содержание фосфора и серы может быть значительно повышено по сравнению с плавочным (ковшевая проба) анализом.

В результате выгорания углерода при разливе кипящих сталей содержание его в полуфабрикате обычно на 0,02—0,03% ниже плавочного.

Микроструктура готового проката характеризуется пониженным содержанием перлита на поверхности и повышенным содержанием неметаллических включений в средней части сечения.

3. **Склонность к старению.** Сталь 08 кп склонна к старению в результате наклепа, получаемого при холодной деформации (примерно ниже 600°). Эта склонность особенно велика у холоднокатаных листов, лент и т. п. профилей.

Старение приводит к повышению твердости и снижению ударной вязкости стали и сопровождается образованием площадки текучести на диаграмме растяжения.

Изменение механических свойств при старении наблюдается после длительного хранения при обычной температуре (естественное старение) или кратковременной (1—2 ч) выдержки при 150—200° (искусственное старение).

Старение возможно также после резкой закалки с температуры 650—720°.

При холодной штамповке состарившейся холоднокатаной стали на поверхности деталей образуются «полосы скольжения». Поэтому во избежание брака состаренный лист слегка обжимают, пропуская перед холодной штамповкой через калыш.

Такая обработка обеспечивает общее упрочнение листа («площадки текучести» на диаграмме растяжения исчезают) и устранение брака по линиям скольжения.

4. **Обработываемость резанием** [2] и [5]. Сталь плохо обрабатывается на металлорежущих станках.

Относительная обработываемость в холоднотянутом состоянии составляет 50% по отношению к стали А-12 (при $H_s = 126-163$).

5. **Свариваемость.** Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки, кроме аргоно-дуговой.

При аргоно-дуговой сварке для получения плотных швов следует употреблять раскислители, нанося их на поверхность кромок соединения с лицевой стороны шва при сварке без присадки, или применять присадочные материалы специального состава.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке электроды УОНИ-13/45 по ИО 518-55;

б) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А по ГОСТ 2246-54.

в) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08 А по ГОСТ 2246-54, флюс АН-348 или АН-348 А;

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-10ГС, Св-10ГСМ, Св-18ХМА, Св-1Х18Н9Т по ГОСТ 2246-54.

Раскислители:

1) ферроалюминий (50% Fe, 50% Al) нестандартный, в виде тонкой пудры;

2) ферросилиций СИ-45 ГОСТ 1415-49 в виде тонкой пудры.

Раскислители наносятся на связке — лак 9-32 ТУ МХП 3219-52, разбавленный растворителем РС-1 до вязкости 11—12 сек. Вольфрам прутковый по ИО.021.612, аргон 1 состава по ТУ МХП 4315-54.

Точечную сварку допускается производить как на «мягких», так и на «жестких» режимах.

Точечную и роликовую сварку, с целью повышения стойкости электродов, можно проводить с интенсивным охлаждением места сварки водой. При повышенной сегрегации вредных примесей в средней части сечения листа, возможны случаи возникновения трещин при всех видах сварки.

Поэтому рекомендуется для ответственных сварных конструкций назначать сталь групп штампваемости «Г» и «ВГ», проходящих специальный контроль по микроструктуре при изготовлении.

1. Конструкционные углеродистые стали

7. Нагартовка при холодной деформации [6]. Изменение механических свойств листа марки 08 кп толщиной 1 мм в зависимости от степени обжатия (без старения). Исходный материал в отожженном состоянии.

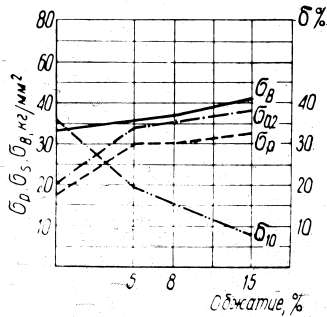


Рис. 2.

8. Ударная вязкость при разных температурах [2]. (1 — сталь нормализованная, 2 — сталь закаленная)

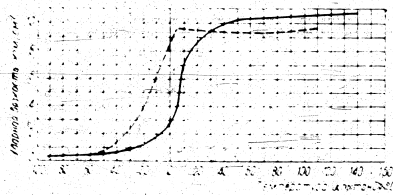


Рис. 3.

Сталь малоуглеродистая качественная конструкционная 08 кп

9. Физические свойства [5].

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$

Таблица 9

Температура, °C	100	200	400	500
λ	0,193	0,165	0,123	0,109

б) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г.град}}$

Таблица 10

Температура, °C	0—100	0—200	0—400	0—600
C	0,111	0,114	0,122	0,135

в) Температуропроводность $a = \frac{\lambda}{\gamma C}$, $\frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$

Таблица 11

Температура, °C	100	200	400	500
a	0,224	0,185	0,129	0,102

г) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 12

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—400	20—600
$\alpha \cdot 10^6$	11,6	12,6	13,0	14,6

д) Удельный вес = 7,83 г/см³.

е) Критические точки: $A_{c1} - 732^\circ$; $A_{c2} - 874^\circ$; $A_{r1} - 680^\circ$; $A_{r2} - 854^\circ$.

10. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях малоустойчива. Применяется лишь при дополнительной защите по НО 273-54 (цинкование), НО 274-54 (кадмирование), НО 269-54 (оксидирование), НО 270-84 (фосфатирование) и НО 544-55 (лакокрасочные покрытия). В кислотах неустойчива.

1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 6

Предел прочности	Ударная вязкость	
	(миним.-макс.) средн.	(миним.-макс.) средн.
ст ы к	нагрузка	
29,4—32,0	30,5—31,1	8,3—9,6
30,8	30,7	9,1

Примечания: 1. Образцы толщиной 2 мм сварены с усилением дуговой сваркой, электрод УОНИ-13/45.
2. Ударные образцы нестандартные.
3. Химический состав стали, %: С=0,05; Р=0,009; S=0,017; Mn=0,27; Si=0,03; Ni=0,16; Cr=0,04.

в) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [6].

Таблица 7

Толщина более тонкой детали в соединении, мм	0,3	0,4	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	4—5	4—5	5—6	5—6	6—8	8—10	10—12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	75	130	180	400	700	1000	1900

4. Склонность к отпускной хрупкости [1]. Сталь отпускной хрупкости не подвержена.
5. Синеломкость [4]. Сталь 08 кл свойственна синеломкостью, которая проявляется при температурах порядка 300—400°.
6. Старение. а) Изменение механических свойств при старении (искусственном) малоуглеродистой стали после холодной деформации [2].

Таблица 8

Состояние	σ_s	δ_5	ψ	a_n шар-пи	H_n
Исходное (отжиг)	42,5—42,2	31,2—31,2	68,6—65,8	—	121
» (после прокатки)	—	—	—	6,09	—

Сталь малоуглеродистая качественная конструкционная 08 кл

Таблица 8 (продолжение)

Состояние	σ_s	δ_5	ψ	a_n шар-пи	H_n
После деформирования на 9%	—	—	—	2,08	—
После деформирования и нагрева при 250° в течение 0,5 час	57,2—61,8	17,5—15,5	59,3—48,9	—	156
То же — 2,5 час	—	—	—	1,31	—

Примечание. Состав стали для разрывных образцов, %: С=0,04; Si=0,01. То же для ударных: С=0,07; Si=0,10.

б) Изменение механических свойств во времени (при комнатной температуре) закаленной от низкой температуры мягкой стали [2]. Закалка с 680° в воде, содержание углерода 0,04%.

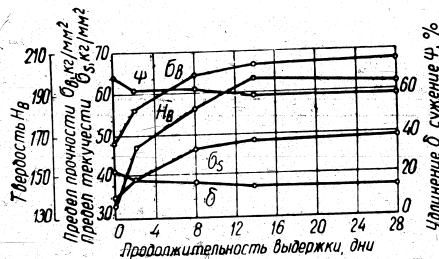


Рис. 1.

1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Толщина, мм	σ_s	δ_{10} в %
Лист тонкий горячекатаный	Отожженный или нормализованный, весьма глубокой вытяжки (ВГ)	ГОСТ 914-56	0,2-4,0	28-37	30
	То же, глубокой вытяжки (Г)	.	.	28-39	29
	То же, нормальной вытяжки (Н)	.	.	28-39	27
Лента холоднокатаная, шириной 4-300 мм	ОМ — особо мягкая	ГОСТ 503-41	0,05-3,60	28-40	30
	М — мягкая	.	0,05-3,60	33-45	20
	ПМ — полумягкая	.	0,05-3,60	38-50	10
	ПТ — пониженной твердости	.	0,05-3,60	42-55	4
	Т — твердая	.	0,05-3,60	50-80	Не перз.

Примечание. Ленту толщиной менее 0,2 мм изготавливают только ОМ и Т.

3. Глубина выдавливания по Эриксену (для листовой стали).

Таблица 3

Толщина листа, мм	Глубина выдавки, мм не менее		
	(ВГ)	(Г)	(Н)
0,5	9,0	8,4	8,0
1,0	10,5	10,1	9,9
1,5	11,5	11,2	11,0
2,0	12,1	11,9	11,8

16

Сталь малоуглеродистая качественная конструкционная 06 кп

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ГОСТЫ И ТУ)

1. Механические свойства основного металла при пониженных и повышенных температурах [6].

Таблица 4

Температура, °С	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400	+500	+600	+700
$\sigma_{0,2}$	41,9	32,2	22,7	21,1	17,8	14,7	12,7	8,9	5,7	2,7
σ_s	43,4	35,4	30,3	30,1	35,9	33,5	22,7	14,2	8,7	4,0
δ_{10}	21,4	49,3	41,9	21,8	18,5	30,1	45,5	60,4	76,4	58,7

Примечания: 1. Испытание производилось на стали состава, %: С=0,05; Мп=0,27; Si=0,03; S=0,017; P=0,009; Ni=0,16; Cr=0,04.
2. Образцы размером: $\phi = 10$ мм; $l_0 = 50$ мм вырезались из листа толщиной 2 мм.

2. Модуль нормальной упругости E кг/мм² [6] (при разных температурах).

Таблица 5

Температура, °С	-170	-100	-50	+20	+300	+400
$E \cdot 10^{-3}$	21,9	21,3	20,8	19,5	17,8	16,7

3. Механические свойства сварных соединений.

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9, для нахлесточных — 0,65.

Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальных температурах [6].

2 Заказ 553

17

**СТАЛЬ МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ КАЧЕСТВЕННАЯ
КОНСТРУКЦИОННАЯ 08 кп**

Основное назначение — изготовление деталей холодной штамповкой с глубокой вытяжкой.

1. СВОЙСТВА по ТУ и ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52).

Таблица 1

Содержание элементов, %						
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
не более						
0,05—0,12	0,25—0,50	0,03	0,040	0,040	0,15	0,30

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источ-ник	Толщи-на, мм	σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ_5 не менее
Лист тонкий холоднокатанный	Отожженный или нормализованный, — после глубокой вытяжки (ВГ)	ГОСТ 914-56	0,2—4,0	28—37	34	
	То же, глубокой вытяжки (Г)	—	—	28—39	32	
	То же, нормальной вытяжки (Н)	—	—	28—39	30	

Углеродистые стали

3. Магнитные свойства

- μ_0 начальная магнитная проницаемость $\frac{H}{эрсм}$;
- μ_{max} максимальная магнитная проницаемость $\frac{H}{эрсм}$;
- H_c коэрцитивная сила в эрстедах;
- B магнитная индукция в гауссах;
- P_h удельные магнитные потери на гистерезис в $\frac{вт}{кг}$;

4. Критические точки

- A_c1 температура превращения перлита в аустенит при медленном нагреве;
- A_c2 температура окончания растворения феррита в аустените при медленном нагреве;
- A_f1 температура превращения аустенита в перлит при медленном охлаждении;
- A_f2 температура начала выделения феррита из аустенита при медленном охлаждении.

5. Обрабатываемость резанием

При оценке обрабатываемости черных металлов приведена относительная обрабатываемость резанием, равная отношению скорости резания $V_{ср}$ используемого металла к скорости резания $V_{ср}$ азодовой стали А12 в нормализованном состоянии $V_{ср}$ — скорость резания, соответствующая 60-минутной стойкости резца при определенных условиях резания.

Для черных сталей дана только качественная оценка обрабатываемости.

При составлении справочника использованы материалы работ НИИ и я 989 и НИИ я я 621, а также литературные источники.

Справочник «Конструкционные углеродистые стали» (кроме марки 08 кп) инструментальные стали, ружейные стали, марки 4Х, 94Х, А и 3АА, а также свинец, медь и сплавы на медной основе разработаны НИИ я я 621, ответственные руководители канд. техн. наук А. С. Нехамкин и инж. К. Г. Ковалев, на остальных разделах разработаны НИИ я я 989, ответственный руководитель канд. техн. наук В. Н. Нарданский.

Справочник «Вспомогательная металлургия» канд. техн. наук В. Н. Нехамкин.

1. КОНСТРУКЦИОННЫЕ
УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В ТАБЛИЦАХ И ДИАГРАММАХ СПРАВОЧНИКА

1. Механические свойства

- 1. предел прочности в $\text{кг}/\text{мм}^2$ при растяжении;
- 2. предел прочности в $\text{кг}/\text{мм}^2$ при сжатии;
- 3. предел текучести (физический) в $\text{кг}/\text{мм}^2$;
- 4. предел текучести (условный) в $\text{кг}/\text{мм}^2$, определяемый при остаточной деформации 0,2%;
- 5. предел пропорциональности в $\text{кг}/\text{мм}^2$;
- 6. относительное удлинение в % на образцах с расчетной длиной $5,65 \sqrt{F}$;
- 7. относительное удлинение в % на образцах с расчетной длиной $10 \sqrt{F}$;
- 8. относительное сужение в % площади поперечного сечения образца;
- 9. модуль нормальной упругости в $\text{кг}/\text{мм}^2$;
- 10. модуль сдвига в $\text{кг}/\text{мм}^2$;
- 11. коэффициент Пуассона;
- 12. ударная вязкость в $\text{кг}/\text{мм}^2$, определяемая на образцах с вылетом 10 мм. Для тонких листовых материалов вылетом не менее стандартной образцов длиной 55 мм, шириной 2,5 мм и толщиной от толщины материала до 0,5 мм. Надпись на этом образце производится в вылете 2 мм для радиуса закругления 1 мм и 4 мм для радиуса вылета 6 мм;
- 13. твердость по Роквеллу в $\text{кг}/\text{мм}^2$;
- 14. предел прочности в $\text{кг}/\text{мм}^2$ при ширине образца 10 мм и нагрузке для черных металлов 3000 кг, для сплавов на медной основе 1000 кг и для легких сплавов 500 кг;

Условные обозначения

- метром 10 мм и нагрузке для черных металлов 3000 кг, для сплавов на медной основе 1000 кг и для легких сплавов 500 кг;
- R_c твердость по Роквеллу, шкалы С (алмазный конус, нагрузка 150 кг);
- R_H твердость по Роквеллу, шкалы В (стальной шарик, диаметр $\frac{1}{16}$ ", нагрузка 100 кг);
- R_V — то же, при нагрузке 60 кг;
- σ_{-1} предел выносливости (усталости) в $\text{кг}/\text{мм}^2$ при симметричных циклах (при изгибе);
- τ_{-1} — то же (при кручении);
- σ_T предел текучести (условный) в $\text{кг}/\text{мм}^2$ при кручении, определяемый при остаточной деформации 0,2%;
- σ_p предел пропорциональности в $\text{кг}/\text{мм}^2$ при кручении (условный);
- $\sigma_{\text{уп}}$ предел упругости в $\text{кг}/\text{мм}^2$ при кручении (условный);
- $\sigma_{\text{пр}}$ сопротивление сжатию в $\text{кг}/\text{мм}^2$;
- γ относительный сдвиг при кручении в %;
- N_c число скручиваний проволоки;
- N_p число перегибов проволоки.

2. Физические свойства

- С удельная теплоемкость в $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$;
- λ коэффициент теплопроводности в $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$;
- γ удельный вес в $\text{г}/\text{см}^3$;
- ρ удельное электропротивление в $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
- K относительная электропроводность в % по отношению к меди;
- α коэффициент линейного расширения в $\frac{\text{мм}}{\text{мм} \cdot \text{град}}$ при данной температуре (длинный) и средний коэффициент линейного расширения в интервале температур;
- β температурный коэффициент электропроводности в $\frac{\text{ом}}{\text{ом} \cdot \text{град}}$;
- f коэффициент трения скольжения.

Введение

об изменении механических свойств в зависимости от степени деформации.

Кроме некоторого указания на способность того или иного металла претерпевать различные степени деформации в холодном состоянии, эти данные дают в известной мере представление о возможной неоднородности механических свойств в различных участках отштампованной без нагрева детали.

Для некоторых деформируемых цветных сплавов приведены также данные о зависимости механических свойств от температуры отжига после холодной деформации.

Физические свойства

Конструирование машин требует знания ряда физических свойств материалов. Из большого разнообразия этих свойств в справочнике приведены (по литературным данным) лишь наиболее часто употребляющиеся характеристики:

- коэффициент теплопроводности,
- удельная теплоемкость,
- коэффициент линейного расширения,
- критические точки,
- удельный вес,
- удельное сопротивление,
- коэффициент относительной электропроводности,
- температурный коэффициент сопротивления,
- коэффициент трения.

По возможности приведены значения некоторых из этих характеристик при различных температурах.

Некоторые физические свойства (магнитные и др.) приведены только для стали определенных марок.

Коррозионная стойкость

Определение коррозионной стойкости материалов больше, чем какое-либо другое определение является условным, так как зависит от большого количества переменных опыта. Поэтому приведение цифровых данных, пригодных для непосредственного применения в конкретных случаях, весьма затруднительно. В справочнике даются общие характеристики коррозионной стойкости сплавов и указания на рекомендуемые покрытия при службе в различных атмосферных условиях.

Поведение металлов в специальных условиях должно определяться особо в каждом отдельном случае.

Введение**III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

В разделе дается представление о способах получения и видах полуфабрикатов, которые могут быть изготовлены из данного сплава.

Кроме того, здесь приведены сведения о специфических особенностях литья,ковки,штамповки,сварки и термообработки сплавов и рекомендуемые основные технологические параметры. Большая часть раздела составлена по данным НИИ п/я 989 и НИИ п/я 621. В раздел входят следующие основные сведения:

- а) выплавка, холодная и горячая деформация,
 - б) обрабатываемость резанием,
 - в) свариваемость,
 - г) термическая обработка.
- Остальные технологические особенности приводятся лишь в тех случаях, где они важны.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В этом разделе указывается область применения данного металла и приведены ограничения для отдельных случаев его применения.

Введение

лившейся практики поставки. При поставке полуфабрикатов в термически необработанном виде приводятся там, где это необходимо, механические свойства, которыми должны обладать образцы, термически обработанные поставщиком.

В случае производства окончательной термообработки у потребителя, требуемые механические свойства приводятся во II и III разделах справочника. Для легких литейных сплавов требования к механическим свойствам указаны в зависимости от способа отливки (в землю или кокиль) и, кроме того, приведены свойства, требуемые нормалью НГ-11 от образцов, вырезанных из деталей.

Виды термической обработки лития приняты по соответствующим ГОСТам и ТУ.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

Этот раздел является наибольшим в справочнике. В него входят краткие сведения о разнообразных характеристиках, определяющих служебные свойства металла.

Все характеристики данного раздела являются справочными и включать их в специальные ТУ можно только после уточнения в соответствии с конкретными требованиями.

Особенно осторожно следует пользоваться приведенными здесь графическими данными по механическим свойствам углеродистых сталей (марки 10-45), полученными при индивидуальной закалке мелких профилей и обычно не достигаемых в производственных условиях при обработке более крупных профилей или партий. Как уже указывалось выше, низкоуглеродистые стали практически закалке не подвергаются вообще. Полнота приводимых во II разделе данных определяется применимостью сплава и степенью его изученности.

Сведения о пластичности и усталостной прочности в справочнике, за небольшим исключением, не приводятся.

Значительное место в этом разделе уделено характеристикам кратковременной прочности материалов в условиях повышенных и пониженных температур. В большинстве случаев эти данные взяты из работ НИИ п я 989 и НИИ п я 621. В основном при температурных испытаниях определялись предел прочности (σ_b), условный предел текучести ($\sigma_{0.2}$) и относительное удлинение (δ). В некоторых случаях определялась также ударная вязкость (α_k), относительное сужение поперечного сечения (ψ) и предел пропорциональности (σ_p).

6

Введение

При определении этих характеристик выдержка образцов по достижении заданной температуры составляла 5 мин, после чего начиналось нагружение образца. Суммарное время нагрева образца составляло около 25 мин, скорость движения захвата разрывной машины — 3 мм/мин.

Для ряда марок механические свойства при повышенных и пониженных температурах заимствованы из литературных источников (с указанием в каждом случае на источник).

Модули нормальной упругости (E) и сдвига (G) в зависимости от температуры испытаний определялись НИИ п я 989 и в отдельных случаях брались из литературных источников.

Практически важным подразделом являются механические свойства сварных соединений. Трудности установления прочностных характеристик сварных соединений общезвестны. На их величины сильно влияет состав электродов, режим сварки и другие факторы. Поэтому приведенные в этом разделе данные следует рассматривать лишь как типичные, подлежащие уточнению в каждом случае практического применения.

В этом подразделе, как правило, приводятся следующие характеристики: коэффициент прочности сварного шва, выполненного различными видами сварки, прочность сварных точек на срез и сведения об изменении прочности сварных соединений в зависимости от температуры испытаний. При этом методика испытаний оставалась той же, что и для температурных испытаний основного металла, но определялся лишь предел прочности или разрушающее усилие в кг.

Изотермический распад аустенита и прокаливаемость

Для сталей, применяемых с закалкой и отпуском, в справочнике приводятся в графической форме данные по изотермическому распаду аустенита. Как правило, эти графики построены в координатах температура — процент распада, принятых В. Д. Садовским при составлении его известного атласа.

Для сталей этих же марок по возможности приводятся графические данные по прокаливаемости.

Изменение механических свойств при холодной деформации (нагартовке)

Ввиду широкого применения холодной штамповки для штамповочных конструкций, изготовляемых без последующей термообработки, сочтено необходимым включить в справочник для металлов, применяемых в листовых штамповках, данные

7

<i>Отделение</i>	
Сталь высокоуглеродистая инструментальная Х13А	227
Хромистая инструментальная сталь Х1	234
5. Пружинные стали	241
Сталь углеродистая пружинная П-I, П-II, В-I, В-II	243
Сталь качественная углеродистая пружинная 70 (ОВУ)	260
Сталь марганцевая пружинная 65Г	265
Сталь кремнистая пружинная 60С2А	274
Сталь вольфрамокремнистая пружинная 65С2ВА	286
Сталь хромованадиевая пружинная 50ХФА	298
6. Чугуны	309
Отливки из серого чугуна СЧ15-32, СЧ18-36	311
Отливки из антифрикционного серого чугуна СЧЦ1-С и СЧЦ1-С35	318

ВВЕДЕНИЕ

Сведения по каждой марке материалов в Справочнике расположены по разделам:

- I. Свойства по ТУ и ГОСТам
- II. Основные свойства (не входящие в ТУ и ГОСТы)
- III. Технологические свойства
- IV. Область применения

Ниже даются пояснения по содержанию каждого раздела.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

В этом разделе помещены требования по химическому составу и механическим или особым свойствам для различных видов поставляемых полуфабрикатов. При этом размеры полуфабрикатов отожариваются лишь в тех случаях, для которых существуют требования по механическим свойствам. Таким образом, настоящий справочник не включает в себя указаний по рекомендуемой обработке.

В тех случаях, когда технические условия или ГОСТ предусматривают условное обозначение характера термической обработки, твердости, точности размеров и т. д., эти обозначения приводятся в графе «вид полуфабриката» или «состояние поставки».

Низкоуглеродистые стали, за исключением надрезанных, поставляются обычно в термически необработанном виде, поскольку последние слабо влияют на их свойства. Остальные конструкционные стали поставляются, как правило, в отожженном или нормализованном (иногда и индукционно) состоянии, с механическими свойствами, соответствующими требованиям, приведенным в настоящем разделе. Термическая обработка этих сталей на необходимые для работы свойства осуществляется потребителем, а данные об этих свойствах и методах термической обработки приведены в разделах II и III.

Механические свойства цветных металлов в отожженном состоянии приводятся в этом разделе, в отличие от сталей, для которых термическая обработка, так и без нее, является обязательной.

Справочник предназначен для конструкторов и технологов машиностроительных заводов. В справочнике помещены основные сведения о черных и цветных металлах, главным образом, на изготовление штампованных конструкций.

В справочнике уделено особое внимание механическим свойствам металлов и сварных соединений при положительных и отрицательных температурах, а также данным по свариваемости железа угловой и другими видами сварки.

В справочнике приведен ряд новых сведений о свариваемости деформируемых алюминиево-магниевых сплавов и других легких металлов.

Редактор М. В. Тарасов
 Главный редактор В. Д. Сидоров

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Условные обозначения, принятые в таблицах и диаграммах справочника	10
1. Конструкционные углеродистые стали	13
Сталь малоуглеродистая качественная конструкционная 08Кп	13
Сталь малоуглеродистая 10, 10П	20
Сталь малоуглеродистая 15, 15А (селект)	31
Сталь малоуглеродистая 20, 20А	37
Сталь среднеуглеродистая 25	43
Сталь среднеуглеродистая 35	51
Сталь среднеуглеродистая 45	60
Автоматная сталь А12	71
Автоматная сталь А20	77
2. Конструкционные легированные стали	81
Сталь марганцовистая малоуглеродистая 15Г1А (10Г2)	81
Сталь марганцовистая малоуглеродистая 12Г2А	91
Хромистая конструкционная сталь 40Х	107
Хромомарганцеванадиевая сталь 25ХГФА	115
Хромокремнемарганцовистая сталь 25ХГСА	123
Хромокремнемарганцовистая сталь 30ХГСА	133
3. Стали с особыми свойствами	151
Сталь теплоустойчивая хромомолибденовая малоуглеродистая повышенной химической стойкости 12Х5МА	153
Сталь нержавеющая хромистая 1Х13 (ЭЖ1)	168
Сталь нержавеющая хромистая 2Х13 (ЭЖ2)	174
Сталь кислотостойкая хромоникелевая 1Х18Н9(Я1), 2Х18Н9(Я2)	179
Сталь кислотостойкая хромоникелевая с титаном 1Х18Н04(ЯН)	185
Сталь листовая электротехническая Э42 (ЭЧАА)	194
Сталь низкоуглеродистая электротехническая (железные стали Аржко А и ЭА)	200
4. Инструментальные стали	211
Сталь высокоуглеродистая инструментальная У7, У7А	215
Сталь высокоуглеродистая инструментальная У8А	221

СПРАВОЧНИК
ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ
МАТЕРИАЛАМ

ЧАСТЬ I

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

*Под общей редакцией канд. техн. наук
В. И. МОРДАНСКОГО*

ДОМ ТЕХНИКИ
МОСКВА 1952