

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П. Королева

ЛИТЕЙНЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Методическая разработка

Куйбышев
1990

Составитель доцент Г.З.Бунова

УДК 669.715.018.29

Литейные алюминиевые сплавы: Метод. разработка /Куйбышев. авиац. ин-т. Сост. Г.З.Бунова. Куйбышев, 1990. 40 с.

Приведены данные по химическому составу, режимам термической обработки, свойствам и области применения литейных алюминиевых сплавов, включенных в ГОСТы, ОСТы и другую нормативно-техническую документацию и справочники.

Методическая разработка предназначена для студентов металлургической и механической специальностей авиационного профиля при выполнении ими домашних заданий, курсовых и дипломных работ и проектов, а также при проведении практических занятий. Работа выполнена на кафедре технологии металлов и авиаматериаловедения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института им. академика С.П.Королева

Рецензенты: А.В.Синельников, М.А.Петровичев

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ
И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

| | |
|--|--|
| Модуль нормальной упругости при растяжении, определяемый статическим методом | E , кгс/мм ² |
| Модуль упругости при сдвиге | G , кгс/мм ² |
| Предел пропорциональности при растяжении | $\sigma_{пц}$, кгс/мм ² |
| Предел текучести при растяжении, условный (с допуском на остаточную деформацию 0,2%) | $\sigma_{0,2}$, кгс/мм ² |
| Предел прочности: | |
| при растяжении | σ_B , кгс/мм ² |
| при сжатии | $\sigma_{B, сж}$, кгс/мм ² |
| Сопротивление срезу | $\tau_{ср}$, кгс/мм ² |
| Коэффициент концентрации напряжений, теоретический | K |
| Коэффициент интенсивности напряжений | K_{10} |
| Удлинение относительное после разрыва: | |
| на длине $\ell_0 = 5d$, $\ell_0 = 10d$ | δ_5, δ_{10} , % |
| Сужение относительное после разрыва | ψ , % |
| Ударная вязкость при изгибе образца размером 10x10x55 мм с полукруглым надрезом глубиной 2 мм и радиусом 1 мм | α_H , кгс·м/см ² |
| Работа разрушения (удельная) при ударном изгибе образца с трещиной | $A_{т,ч}$, кгс·м/см ² |
| Предел выносливости гладкого образца при симметричном цикле | |
| без надреза | σ_{-1} , кгс/мм ² |
| с надрезом | σ_{-1}^H , кгс/мм ² |
| Напряжение цикла максимальное при испытании на усталость | σ_{max} , кгс/мм ² |
| Число циклов до разрушения при испытании на усталость | N , цикл |
| Предел длительной прочности при высоких температурах (напряжение, вызывающее разрушение образца при заданном времени действия температуры и нагрузки: 100, 300 ч и т.д.) | σ_{100} , σ_{300} , кгс/мм ² |

Предел ползучести при высоких температурах (напряжение, вызывающее деформацию 0,2% за 100, 300 ч и т.д.)

Твердость по Бринеллю (шарик = 10 мм, нагрузка P для мягких алюминиевых сплавов 500 кг, для прочных алюминиевых сплавов 1000 кг)

Плотность

Теплоемкость удельная

Коэффициент теплопроводности

Температурный коэффициент линейного расширения

Электросопротивление удельное

$\sigma_{0,2/100}$,
 $\sigma_{0,2/300}$, кгс/мм²

HB , кгс/мм²
 d , кг/м³
 C , кДж/кг·град
 λ , Вт/м·град
 α , 1/град
 ρ , Ом·см

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Алюминиевые сплавы, предназначенные для литых деталей, обладают низкой плотностью ($2500-2800 \text{ кг/м}^3$) и высокой удельной прочностью, что позволяет в ряде случаев применять отливки взамен поковок и штамповок. По назначению литейные алюминиевые сплавы можно разделить на четыре основные группы:

герметичные с хорошими литейными свойствами для изготовления деталей всеми видами литья (АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ9-І, АЛ34);

высокопрочные (ВЛ24, ВЛ18, ВЛ9, ВАЛ10);

жаропрочные (АЛ3, АЛ5, АЛ5-І, АЛ33, АЛ19, ВАЛ4);

коррозионно-стойкие (АЛ8, АЛ22).

Механические и технологические свойства литейных алюминиевых сплавов зависят от чистоты исходных материалов (ГОСТ 1583-89Е).

Коррозионная стойкость сплавов зависит не только от их химического состава, но и от плотности литья. С увеличением пористости прочность отливок снижается.

Для защиты от коррозии сплавов удовлетворительной и повышенной коррозионной стойкости применяют покрытия, полученные анодным окислением, или химические окисные пленки с последующим нанесением лакокрасочных покрытий. Защита от коррозии деталей из литейных алюминиевых сплавов с пониженной коррозионной стойкостью осуществляется сернокислотным анодным окислением с наполнением пленки в хромпике с последующим нанесением лакокрасочных покрытий.

Литейные алюминиевые сплавы (кроме сплавов с содержанием 9-12% *Si*) хорошо обрабатываются резанием, а поверхность отливок из сплавов АЛ8, АЛ22, АЛ24 может подвергаться полировке.

При заварке дефектов в отливках из алюминиевых сплавов рекомендуют применять:

аргонно-дуговую, электродуговую или газовую сварку для сплавов АЛ2, АЛ4, АЛ4М, АЛ5, АЛ5-Г, АЛ9, АЛ9-Г, АЛ32, АЛ34;

аргонно-дуговую или газовую сварку для сплавов АЛ3, АЛ9, АЛ24, АЛ33, АЦР1У, В124;

аргонно-дуговую сварку для сплавов АЛ8, АЛ22, ВАЛ8, ВАЛ10, ВАЛ14.

Гарантируемые механические свойства сплавов достигаются термической обработкой, виды которой имеют следующие условные обозначения: Т1, Т2-Г - искусственное старение (без предварительной закалки) Т2 - отжиг, Т4 - закалка, Т5 - закалка и кратковременное (неполное) искусственное старение, Т6 - закалка и полное искусственное старение, Т7, Т8 - закалка и стабилизирующее старение.

В таблицах приняты следующие обозначения способов литья :

З - в песчаные формы (в землю),

О - в оболочковые формы,

В - по выплавляемым моделям,

Д - под давлением,

К - в кокиль,

ЖШ - жидкая штамповка,

ПЖШ - полужидкая штамповка.

При проведении термической обработки следует руководствоваться требованиями ОСТ 1 90088-80.

АЛЮМИНИЕВЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ САМОЛЕТОВ, ВЕРТОЛЕТОВ

| Группа | Марка сплава | Рекомендуемая максимальная температура эксплуатации, °С | Виды литья | Основное назначение |
|----------------------------|---------------------------------|---|---|---|
| Высокопрочные сплавы | ВАЛ10 | 250 | В песчаные формы, в кокиль (для деталей простой конфигурации) | Нагруженные детали в клепаных конструкциях |
| Конструкционные сплавы | ВАЛ4 | 300 | То же | То же |
| | АЛ9 АЛ9-1 АЛ34 (ВАЛ15) | 200 | В песчаные формы и кокиль | Детали сложной конфигурации средней прочности |
| Коррозионно-стойкие сплавы | АЛ8-Т4 | 200 | То же | Нагруженные детали сложной конфигурации |
| | | 80 | В песчаные формы | Детали, к которым предъявляются повышенные требования по коррозионной стойкости |

АЛЮМИНИЕВЫЕ ЛЕГКИЕ СПЛАВЫ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ И АГРЕГАТОВ ДВИГАТЕЛЕЙ, САМОЛЕТОВ, ВЕРТОЛЕТОВ

| Группа | Марка сплава | Рекомендуемая максимальная температура эксплуатации, °С | Виды литья | Основное назначение |
|--|---|---|---|---|
| Высокопрочные сплавы | ВАЛ10 ВАЛ14 | 250 300 | В песчаные формы, в кокиль (для деталей простой конфигурации). То же | Нагруженные детали агрегатов, в которых предъявляются повышенные требования по термостойкости То же |
| Термелучные сплавы с хорошими литейными свойствами | АЛ9, АЛ9-1 АЛ34 (ВАЛ5) ВАЛ8 | 200 200 250 | В песчаные формы и кокиль То же Все виды литья | Корпуса и крышки сложных конфигураций агрегатов низкого давления Корпуса насосов высокого давления Корпуса гидро- и пневмоагрегатов |
| Жаропрочные сплавы | АЛ5 АЛ33 (ВАЛ1) АЛ11 | 250 350 400 | В песчаные формы и кокиль То же " " | Детали поршневых двигателей Детали двигателей, корпусов реакторов Детали топливно- и воздухо-регулирующей аппаратуры |
| Коррозионно-стойкие сплавы | АЛВ-Т4 АЛ22 | 80 80 | В песчаные формы Литье под давлением | Детали, к которым предъявлены повышенные требования по коррозионной стойкости |

МАРКИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

| Марка сплава | Стандарт | Колический состав | | | | | | | | Прочие примеси | |
|--------------|---------------|-------------------|-----------|---------|----------|---------|---------|-----------|-----------|----------------|------|
| | | Al | Mg | Si | Mn | Cu | Zn | Ti | Fe | | |
| ВА10 | ОСТУ 9004-79 | Основа | 0,05 | 0,2 | 0,35-0,8 | 1,5-1,9 | - | 0,15-0,35 | 0,07-0,25 | 0,15 | 0,32 |
| ВА11 | ТУ-92-58-79 | Основа | 0,05 | 0,2 | 0,5-0,9 | 4,5-5,0 | 0,1 | 0,15-0,35 | 0,04-0,12 | 0,05-0,25 | 0,2 |
| А19 | ГОСТ 1583-89Е | Основа | 0,2-0,4 | 6,0-8,0 | 0,5 | 0,20 | 0,30 | 0,01 | 0,1 | 71+22 | 2,0 |
| А19-1 | ГОСТ 1583-89Е | Основа | 0,2-0,4 | 7,0-8,0 | 0,10 | 0,10 | 0,20 | 0,10 | 0,1 | 71+22 | 0,6 |
| А134 (ВА15) | ГОСТ 1583-89Е | Основа | 0,35-0,55 | 6,5-8,5 | 0,10 | 0,30 | 0,30 | 0,10 | 0,10 | 0,15-0,4 | 1,0 |
| ВА18 | ОСТ 190004-79 | Основа | 0,2-0,45 | 7,0-8,5 | 0,15 | 2,5-3,5 | 0,5-1,0 | 0,1-0,25 | 0,05-0,25 | 0,15 | 0,2 |
| А15 | ГОСТ 1583-89Е | Основа | 0,33-0,6 | 5-5,5 | 0,50 | 1,0-1,5 | 0,30 | 0,01 | 0,10 | 72+22 | 1,0 |
| А133 (ВА11) | ГОСТ 1583-89Е | Основа | 0,5 | 0,3 | 0,6-1,0 | 5,5-6,2 | 1,2 | - | 0,1-0,3 | 0,05-0,2 | 0,5 |
| А111 | ОСТ 19037-76 | Основа | 0,1-0,4 | 1,2-2,0 | 0,7-1,1 | 2,5-3,5 | - | 0,3 | 0,5-0,8 | 0,10-0,35 | 0,4 |
| А18 | ГОСТ 1583-89Е | Основа | 9,3-10,0 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,07 | 0,07 | 0,15 | 0,3 |
| А122 | ГОСТ 1583-89Е | Основа | 10,5-13,0 | 0,8-1,2 | - | 0,1 | 0,1 | 0,05-0,15 | 0,03-0,07 | 0,2 | 1,1 |

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ
(ГОСТ 1583-89Е)

| Марка сплава | Способ литья | Вид термической обработки | Механические свойства | | |
|--------------|---------------|---------------------------|---------------------------------|--------------|-----|
| | | | σ_B , кг/мм ² | δ , % | НВ |
| | | | не менее | | |
| ВАЛ10 | К | T4 | 32 | 12 | 80 |
| | З, В | - | 30 | 10 | 70 |
| | К | T5 | 44 | 8 | 100 |
| | З, В | - | 40 | 7 | 90 |
| | К | T6 | 50 | 4 | 120 |
| | З, В | - | 43 | 4 | 110 |
| ВАЛ14 | К | T4 | 34 | 14 | 80 |
| | З, В | - | 30 | 12 | 70 |
| | К | T5 | 44 | 10 | 100 |
| | З, В | - | 40 | 7 | 90 |
| | К | T6 | 50 | 4 | 120 |
| | З, В | - | 43 | 4 | 110 |
| АЛ9 | З, О, В, К | - | 16 | 2 | 50 |
| | Д | - | 17 | 1 | 50 |
| | З, О, В, К, Д | T2 | 14 | 2 | 45 |
| | К, М | T4 | 19 | 4 | 50 |
| | З, О, В | T4 | 18 | 4 | 50 |
| | К, КМ | T5 | 21 | 2 | 60 |
| | З, О, В | T5 | 20 | 2 | 60 |
| | ЗМ, ОМ, ЦМ | T5 | 20 | 2 | 60 |
| | ЗМ, ОМ, ВМ | T6 | 23 | 1 | 70 |
| | ЗМ, ОМ, ВМ | T7 | 20 | 3 | 60 |
| | ЗМ, ОМ, ВМ | T8 | 16 | 3 | 56 |
| | АЛ9-1 | З, О, В | T4 | 20 | 5 |
| З, КМ | | T4 | 23 | 5 | 50 |
| З, О, В | | T5 | 24 | 4 | 60 |
| ЗМ, ОМ, ВМ | | T5 | 24 | 4 | 60 |
| К, КМ | | T5 | 27 | 4 | 60 |
| ЗМ, ОМ, ВМ | | T6 | 28 | 2 | 70 |

| Марка сплава | Способ литья | Вид термической обработки | Механические свойства | | |
|--------------|--------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------|-----|
| | | | $\sigma_{B, 2}$ кг/мм ² | $\delta, \%$ | HB |
| | | | не менее | | |
| АЛ9-1 | К, КМ | T6 | 30 | 3 | 70 |
| | Д | - | 20 | 1 | 50 |
| | Д | T2 | 17 | 2 | 45 |
| | ЗМ, ОМ, ВМ | T7 | 20 | 2 | 60 |
| | ЗМ, ОМ, ВМ | T8 | 17 | 3 | 55 |
| АЛ34 (ВАЛ5) | З | T5 | 30 | 2 | 85 |
| | З | T4 | 26 | 4 | 70 |
| | К | T5 | 34 | 4 | 90 |
| | К | T4 | 28 | 6 | 80 |
| ВАЛ8 | Д | - | 30 | 2 | - |
| | Д | T2 | 22 | 1,5 | 60 |
| | К | T4 | 35 | 5 | 90 |
| | Д | T4-1 | 34 | 4 | - |
| | З | T5 | 35 | 1 | 90 |
| | К | - | 40 | 4 | 110 |
| | ЖIII | - | 40 | 4 | 110 |
| | В | - | 35 | 2 | 100 |
| | Д | - | 35 | 2 | 90 |
| | Д | T5-1 | 38 | 2 | - |
| | З | T7 | 27 | 1 | 80 |
| | К | - | 30 | 2,5 | 8,5 |
| | АЛ5 | З, О, В, К | T1 | 16 | 0,5 |
| З, О, В | | T5 | 20 | 0,5 | 70 |
| К | | T6 | 22 | 0,5 | 70 |
| З, О, В | | T6 | 23 | 0,5 | 70 |
| З, О, В, К | | T7 | 18 | 1 | 65 |
| АЛ33(ВАЛ1) | З, К | T4 | 23 | 2,5 | 80 |
| | З, К | T5 | 26 | 1,5 | 85 |
| АЛРЦ | З, К | - | 16 | 1 | 65 |
| | З, К | T1 | 18 | 1 | 70 |
| | ЖIII | T1 | 23 | 2 | - |

Окончание

| Марка сплава | Способ литья | Вид термической обработки | Механические свойства | | |
|--------------|--------------|---------------------------|--|--------------|----|
| | | | σ_B, σ_2 кг/мм ² | $\delta, \%$ | НВ |
| | | | не менее | | |
| АЛ8 | З, О, В, К | T4 | 29 | 9 | 60 |
| АЛ22 | З, О, В, К | - | 18 | I | 90 |
| | З, О, В, К | T4 | 23 | I,5 | 90 |
| | Д | - | 20 | I | 90 |
| | Д | - | 2I | 3 | 60 |

Сплав средней прочности АЛ9

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Вид термической обработки | Способ литья | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | $\delta_5,$ | $\sigma_{ср}$ | σ_{τ} | НВ |
|--|---------------------------|--------------|---------------------|----------------|------------|-------------|---------------------|-----------------|----|
| | | | кгс/мм ² | | | % | кгс/мм ² | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | T2 | З, О, В | - | I2 | I7 | 2 | - | - | 60 |
| | T4 | З, О, В | 7000 | II | 20 | 4 | I5 | 4,5 | 55 |
| | T5 | ЗМ, ОМ, ВМ | - | I2 | 22 | 4 | - | - | 65 |
| | | К, КМ | - | I4 | 23 | 4 | - | - | 70 |
| | T6 | ЗМ, ОМ, ВМ | - | 20 | 23 | 2 | - | - | 75 |
| | | К, КМ | - | 2I | 24 | 2 | - | - | 75 |
| | T7 | ЗМ, ОМ, ВМ | - | I6 | 2I | 3 | - | - | 65 |

* На базе $5 \cdot 10^6$ циклов

Механические свойства при различных температурах

| Вид полуфабриката | Вид термической обработки | Способ литья | Температура испытания, °С | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | $\delta, \%$ |
|--|---------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|------------|--------------|
| | | | | кгс/мм ² | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 10 мм | Т4 | З | 20 | 11 | 20 | 5 |
| | | | 100 | - | 18 | 9 |
| | | | 150 | - | 16 | 18 |
| | | | 200 | - | 16 | 19 |
| | | | 250 | - | 15 | 23 |
| | | ЗМ | 100 | - | 18 | 8 |
| | | | 150 | - | 17 | 17 |
| | | | 200 | - | 15 | 25 |
| | | | 250 | - | 13 | 36 |
| | | | Т5 | ЗМ | -196 | 15 |
| | - 70 | 13 | | | 22 | 3,5 |
| | Т6 | ЗМ | -196 | 23 | 25 | 1 |
| | | | - 70 | 21 | 23 | 1,5 |

Сплав обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Сплав обладает достаточно высокими литейными свойствами, высокой герметичностью, не склонен к образованию горячих трещин. Сплав подвергается газовой и аргоно-дуговой сварке, удовлетворительно обрабатывается резанием.

Технология литья

| Способ литья деталей | Температура, °С | | Жидкотекучесть, мм | Усадка линейная, % |
|----------------------|---------------------------------------|------------|--------------------|--------------------|
| | плавления | заливки | | |
| З | 610 (ликвидус) 577 (солидус) | (680-750)* | 350 | I |

* В зависимости от размеров деталей и толщины стенок

Термическая обработка

| Обозначение режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, °С | Выдержка, ч | Условия охлаждения |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|----------------------------|
| T2 | Отжиг | 300 \pm 10 | 2-4 | На воздухе или в печи |
| T4 | Закалка | 535 \pm 5 | 2-6 | В воде при 20 или 80-100°С |
| T5 | Закалка | 535 \pm 5 | 2-6 | В воде при 20-100°С |
| | Старение: | | | |
| | одноступенчатое | 150 \pm 5 | 1-3 | На воздухе |
| | двухступенчатое: | | | |
| | I ступень | 190 \pm 10 | 0,5 | То же |
| | II ступень | 150 \pm 5 | 2 | То же |
| T6 | Закалка | 535 \pm 5 | 2-6 | В воде при 20-100°С |
| | Старение | 200 \pm 5 | 2-5 | На воздухе |
| T7 | Закалка | 535 \pm 5 | 2-6 | В воде при 80-100°С |
| | Старение | 225 \pm 10 | 3-5 | На воздухе |
| T8 | Закалка | 535 \pm 5 | 2-6 | В воде при 80-100°С |
| | Старение | 250 \pm 10 | 3-5 | На воздухе |

П р и м е н е н и е: для деталей (в агрегатах и приборах) сложной конфигурации средней нагруженности, длительно работающих при температурах 200°С.

Сплав повышенной прочности АЛ9-Г

Механические свойства отливок повышенной прочности
(ОСТ I 90180-75)

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | Класс* прочности | σв, кгс/мм ² / δ ₅ , % | |
|---|-----------------------------------|--------------|------------------|--|-----|
| | | | | не менее | |
| Образцы, отдельно отлитые ух | Термическая обработка по режимам: | З | 3 | 24 | 4 |
| | | | 3 | 27 | 4 |
| | | К | 3 | 28 | 2 |
| | | | 3 | 30 | 3 |
| Вырезанные из отливок | Т5 | З | 1 | 24 | 2,5 |
| | | | 2 | 21 | 2 |
| | | | 3 | 18 | 2 |
| | | | 1 | 27 | 3 |
| | | | 2 | 24 | 2,5 |
| | Т6 | З | 1 | 21 | 2,5 |
| | | | 2 | 26 | 2 |
| | | | 2 | 24 | 1,5 |
| | | | 3 | 21 | 1 |
| | | | 1 | 30 | 3 |
| К | З | 2 | 26 | 2 | |
| | | 3 | 22,5 | 1,5 | |
| | | | | | |

* Устанавливается в зависимости от требований, предъявляемых к отливкам или отдельным их частям: отливки 1-го и 2-го классов - повышенной прочности (по сравнению с требованиями ГОСТ 1583-89Б и ОСТ I 90021-79), 3-го класса соответствуют требованиям этой документации. В отливках 1-го и 2-го классов содержание железа меньше или равно 0,2%.

~~ух~~ Допускаются для контроля (с обязательным периодическим контролем отливок).

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | E | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | ψ |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------|----------------|----------------|------------|------------|--------|
| | | | кгс/мм ² | | | | | % |
| Образцы точеные диаметром 10 мм | Термическая обработка по режимам: | З | 7100 | 10 | 20 | 27 | 6 | 23 |
| | | К | 7200 | 19 | 24 | 32 | 8 | 22 |

| Вид полуфабрикатов | Состояние | Способ литья | $d_{лн}$ | $a_{т.ч}$ | $\tau_{ср}$ | σ_{-1}^* | σ_{-1}^{**} | $K_{тс}$ |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------|-----------|---------------------|-----------------|-----------------------|----------|
| | | | м. кгс/см ² | | кгс/мм ² | | кгс/мм ^{3/2} | |
| Образцы точеные диаметром 10 мм | Термическая обработка по режимам: | З | 0,96 | 0,46 | 19 | 7 | 6 | - |
| | | К | 0,54 | 0,32 | - | 8 | - | 80 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов (σ_{-1}^H при $K_f = 2,2$).

** Для состояний Т5 и Т6.

Пределы длительной прочности и ползучести

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | Температура испытания, °С | σ_{100} | $\sigma_{0,2/100}$ |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|--------------------|
| | | | | кгс/мм ² | |
| Образцы точеные диаметром 10 мм | Термически обработанные по режимам: | З | 200 | 8,5 | 4 |
| | | | 250 | 4,5 | 3 |
| | Т6 | К | 200 | 8,5 | - |
| | | | 250 | 4,5 | - |

Механические свойства АЛ9-І при различных температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Темпера- тура испыта- ния, °С | <i>E</i> | σ_{114} | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | ψ | $\alpha_{H,2}$ |
|---|-----------|-----------------|---|---------------------|----------------|----------------|------------|------------|--------|-------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | | | % | | с.м. ² |
| Образцы точные диаметром 10 мм | Т5 | 3 | -196 | - | - | 23 | 36 | 4 | - | 0,92 |
| | | | - 70 | - | 16 | 21 | 32 | 5 | - | 1,1 |
| | | | 20 | 7100 | 10 | 20 | 27 | 6 | 23 | 0,96 |
| | | | 150 | - | 12 | 16 | 22 | 6 | 21 | - |
| | | | 200 | - | 13 | 17 | 21 | 4 | 23 | - |
| | | | 250 | - | 11 | 14 | 14 | 3 | 33 | - |
| | Т6 | 3 | -196 | - | - | - | 34 | 1,8 | - | - |
| | | | - 70 | - | - | - | 30 | 2 | - | - |
| | | | 20 | - | - | 23 | 29 | 4 | - | 0,36 |
| | | | 100 | - | - | - | 25 | 6 | - | - |
| | | | 175 | - | - | - | 21 | 8 | - | - |
| | | К | -196 | - | - | 32 | 41 | 6 | - | 0,53 |
| | | | - 70 | - | 22 | 27 | 35 | 7 | - | 0,57 |
| | | | 20 | 7200 | 19 | 24 | 32 | 8 | 22 | - |
| | | | 150 | 6600 | 16 | 20 | 24 | 10 | 32 | - |
| | | | 200 | 6300 | 15 | 18 | 20 | 7 | 36 | - |
| 250 | 5700 | 10 | 12 | 13 | 6 | 47 | - | | | |

Малоцикловая усталость

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | Вид образца | K_E | σ_{max} , кгс/мм | $N \cdot 10^{-3}$, 2 циклов | | |
|---------------------------------|-----------|--------------|----------------|-------|-------------------------|------------------------------|----|--|
| Образцы точеные диаметром 10 мм | Т5 | З | Цилиндрические | 2,2 | 10 | >150 | | |
| | | | | 4 | 8 | >300 | | |
| | | | Плоские | 2,73 | 10 | 158 | | |
| | | | | 4 | 8 | >300 | | |
| | Т6 | К | Цилиндрические | 2,2 | 10 | >150 | | |
| | | | | 4 | 8 | >300 | | |
| | | | Плоские | 2,73 | 10 | 176 | | |
| | | | | 4 | 8 | >300 | | |
| | | | | | | 12 | 75 | |
| | | | | | | 14 | 65 | |
| | | | 10 | 158 | | | | |

Механические свойства после длительных нагревов

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | Режим нагрева | | Температура испытания, °C | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | |
|--|---------------------------------------|--------------|-----------------|----------------------|---------------------------|----------------|------------|------------|-----|
| | | | Температура, °C | Продолжительность, ч | | | | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 10 мм | Термически обработанные по режиму: Т5 | З | 150 | I | 20 | 21,5 | 30 | 7 | |
| | | | | | 150 | 18,5 | 25 | 12 | |
| | | | | | 20 | - | 33 | 3 | |
| | | | | | 150 | 24 | 28 | 4,5 | |
| | | | | | 500 | - | 30,5 | 5 | |
| | | | | | 150 | 23 | 26 | 2,5 | |
| | | | | | 1000 | 20 | 25 | 29 | 3,5 |
| | | | 200 | I | 150 | 22 | 24 | 5 | |
| | | | | | 2000 | 20 | 21 | 25 | 2,5 |
| | | | | | 150 | 18,5 | 20,5 | 6 | |
| | | | | | 200 | 28,5 | 34 | 4,5 | |
| | | | | | 200 | 20 | 23,5 | 6 | |
| | | | | | 100 | 20 | 13 | 19 | 7 |
| | | | | | 500 | 20 | 10,5 | 16 | 11 |
| | | 200 | 8,5 | 10,5 | 16 | | | | |

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Режим нагрева | | Темпера- тура испыта- ния, °С | Б _{0,2} | Б _В | δ ₅ , % |
|---|---|-----------------|-------------------------|-----------------------------------|---|------------------|----------------|-----------------------|
| | | | темпера- тура, °С | Про- должи- тель- ность, | | | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диамет- ром 10 мм | Термичес- ки обра- ботанные по режи- ту Т5 | 3 | 200 | 1000 | 20 | 9,5 | 15 | 9 |
| | | | | | 200 | 7,5 | 9,5 | 21 |
| | | | | 2000 | 20 | 8,5 | 14 | 14 |
| | | | | | 200 | 7,0 | 9 | 28 |

Физические свойства

Плотность $d = 2690 \text{ кг/м}^3$.

Температурный коэффициент линейного расширения

| | | | |
|------------------------------------|--------|--------|---------|
| Температура, °С | 20-100 | 20-200 | 100-200 |
| $\alpha \cdot 10^6 \text{ 1/град}$ | 22,9 | 23,6 | 24,3 |

Коэффициент теплопроводности

| | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| Температура, °С | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 |
| $\lambda, \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$ | 151 | 155 | 163 | 168 | 168 |

Удельная теплоемкость

| | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Температура, °С | 50 | 100 | 200 | 300 |
| $C, \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$ | 0,849 | 0,889 | 0,945 | 0,984 |

Удельное сопротивление при 20°C $\rho, 10^6 = 4,46 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Сплав обладает повышенной коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Сплав обладает высокими литейными свойствами и герметичностью, не склонен к образованию горячих трещин. Подвергается термической обработке по режимам Т2, Т4, Т5, Т6, Т8, склонен к естественному старению после закалки. Для стабилизации размеров детали следует подвергать искусственному старению с длительной выдержкой или обработке по режимам Т2 или Т7. Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием, сваривается газовой или аргонно-дуговой сваркой.

Технология литья

| Способ литья деталей | Температура, °С | | Жидкотекучесть, мм | Усадка линейная, % |
|----------------------|---------------------------------------|------------|--------------------|--------------------|
| | плавления | заливки | | |
| 3 | 610 (ликвидус) 577 (солидус) | (680-750)* | 370 | I |

* В зависимости от размеров и толщины стенок детали

Термическая обработка

| Обозначение режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, °С | Выдержка, ч | Условия охлаждения |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|
| Т2 | Отжиг | 250 \pm 10 | 2-4 | На воздухе или в печи |
| Т4 | Закалка | 535 \pm 5 | 2-12 | В воде при 20-50°С |
| Т5* | Закалка | 535 \pm 5 | 2-12 | В воде при 20-50°С |
| | Старение | 150 \pm 10 5 | 3-10 | На воздухе |
| Т6 | Закалка | 535 \pm 5 | 2-12 | В воде при 20-50°С |
| | Старение | 175 \pm 5 | 3-10 | На воздухе |
| Т7 | Закалка | 535 \pm 5 | 2-12 | В воде при 80-100°С |
| | Старение | 225 \pm 10 | 3-5 | На воздухе |
| Т8 | Закалка | 535 \pm 5 | 2-10 | В воде при 80-100°С |
| | Старение | 250 \pm 10 | 3-5 | На воздухе |

* Перерыв между закалкой и старением не более 3 часов.

Применение: для деталей (в агрегатах и приборах) сложной конфигурации и средней нагруженности, длительно работающих при температурах до 200°C.

Сплав повышенной прочности АЛЗ4

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | Спосо- литья | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | $\frac{A_{H_1}}{KTC \cdot M}$ | σ_{-1}^* | HV | |
|--|---|-----------------|---------------------|----------------|------------|------------|-------------------------------|---------------------|------|----|
| | | | кгс/мм ² | | | % | см ² | кгс/мм ² | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | Термичес- ки обра- ботанные по режи- мам: | T4 | 3 | - | - | 28 | 5 | - | - | 75 |
| | | K | | - | - | 30 | 7 | - | - | 85 |
| | T5 | 3 | 7600 | 28 | 33 | 3 | 0,25 | 7,5 | 90 | |
| | K | | - | - | 36 | 5 | - | - | 95 | |

* На базе 2·10⁷ циклов.

Механические свойства при различных температурах.

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Темпера- тура испыта- ния, °C | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | σ_{100} |
|--|--|-----------------|--|---------------------|------------|------------|---------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | % | кгс/мм ² |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | Термичес- ки обра- ботанные по режиму T5 | 3 | -196 | 33 | 39 | 2 | - |
| | | | - 70 | 29 | 34 | 2 | - |
| | | | 20 | 27 | 33 | 2 | - |
| | | | 100 | - | 28 | 4 | - |
| | | | 150 | - | 26 | 4,5 | - |
| | | | 200 | - | 23 | 5 | 12 |
| | | | 250 | - | 18 | 5 | 4 |
| 300 | - | 11 | 5,5 | 2 | | | |

Плотность $d = 2630 \text{ кг/м}^3$. Удельное электросопротивление при 20°C $\rho \cdot 10^6 = 4,62 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Сплав обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью, хорошими литейными свойствами, высокой герметичностью, не склонен к образованию горячих трещин. Сплав хорошо обрабатывается резанием, удовлетворительно сваривается аргоно-дуговой сваркой.

Технология литья

| Способ литья | Температура, $^\circ\text{C}$ | | Жидкотекучесть, мм | Усадка линейная, % |
|--------------|---------------------------------------|------------|--------------------|--------------------|
| | плавления | заливки | | |
| З | 609 (ликвидус) 572 (солидус) | (680-730)* | 350 | I, I |

* В зависимости от размеров детали и толщины стенок.

Термическая обработка

| Способ литья | Обозначение режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, $^\circ\text{C}$ | Выдержка, час | Условия охлаждения |
|--------------|--------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Д З, К | T1 | Старение | 190 ± 5 | 3-4 | На воздухе |
| | T2 | Отжиг | 300 ± 5 | 2-4 | На воздухе |
| | T4 | Закалка | 535 ± 5 | 10-16 | В воде при $20-100^\circ\text{C}$ |
| | T5 | Закалка | 535 ± 5 | 10-16 | В воде при $20-100^\circ\text{C}$ |
| | | Старение | 175 ± 5 | 6-8 | На воздухе |

Применение: для нагруженных деталей и деталей, работающих под большим внутренним давлением (от которых требуется высокая герметичность). Рабочая температура до 200°C (длительно).

Высокопрочный технологичный сплав ВАЛ8

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | <i>E</i> | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | α_H | σ_{-1}^* | <i>HВ</i> | |
|--|--|-----------------|---------------------|----------------|------------|------------|--------------------|---------------------|-----------|-----|
| | | | кгс/мм ² | | | % | $\frac{кгс}{см^2}$ | кгс/мм ² | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | Без термической обработки. Термически обработанные по ре- жимам: | Д | | 22 | 32 | 2,5 | - | - | - | |
| | | Т4 | К | - | 25 | 37 | 6 | 0,6 | II | 100 |
| | | | З | 7200 | 30 | 36 | 1,5 | - | - | 100 |
| | | | К | 7200 | 35 | 43 | 5 | 0,4 | II | 115 |
| | Т5 | ЖШ | - | 35 | 42 | 5 | - | - | 115 | |
| | | В | - | 30 | 37 | 2,5 | - | - | 105 | |
| | | Д | - | - | 28 | 38 | 3,5 | - | - | 95 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

✱ Образцы плоские толщиной 3 мм.

Механические свойства при различных температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Темпера- тура испытания, °С | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 , % | σ_{100} , кгс/мм ² |
|--|---|-----------------|--------------------------------------|---------------------|------------|-------------------|---|
| | | | | кгс/мм ² | | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 10 мм | Термичес- ки обра- ботанные по режи- мам: | К | 100 | - | 32 | 8 | - |
| | | | 200 | - | 28 | 9 | - |
| | | | 250 | - | 22 | 9 | - |
| | Т5 | К | -196 | 40 | 48 | 3,5 | - |
| | | | - 70 | 32 | 43 | 4 | - |

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Темпера- тура испытания, °С | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 , % | σ_{100} , кгс/мм ² |
|--|---|-----------------|--------------------------------------|---------------------|------------|-------------------|---|
| | | | | кгс/мм ² | | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 10 мм | Термически обработан- ные по ре- жиму: | К | 100 | — | 38 | 8 | — |
| | | | 150 | 28 | 34 | 8 | — |
| | | | 200 | — | 30 | 9 | 14 |
| | | | 250 | 21 | 22 | 9 | 6 |
| | | | 300 | — | 13 | 11 | 3,5 |
| | Т5 | В | -196 | 36 | 42 | 1,2 | — |
| | | | - 70 | 30 | 36 | 1,5 | — |
| | | | 100 | — | 35 | 2,5 | — |
| | | | 200 | — | 28 | 3 | — |
| | | | 250 | — | 21 | 4 | — |

Плотность $d = 2730 \text{ кг/м}^3$. Удельное электросопротивление при 20°C $\rho \cdot 10^6 = 5,52 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Сплав обладает пониженной коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Сплав обладает хорошими литейными свойствами, высокой герметичностью, не склонен к образованию горячих трещин. Сплав подвергается термической обработке по режиму Т2, Т4, Т5 и Т7, удовлетворительно сваривается аргоно-дуговой сваркой. Хорошо обрабатывается резанием.

Технология литья

| Способ литья деталей | Температура, °С | | Жидкотекучесть, мм | Усадка линейная, % |
|----------------------------|--|------------|-----------------------|-----------------------|
| | плавления | заливки | | |
| З, К | 603 (ликвидус) 566 (соликвус) | (690-730)* | 390 | 1,15 |

* В зависимости от размеров деталей и толщины стенок.

Термическая обработка

| Способ литья | Обозначение режима | Вид терми- ческой обработки | Темпера- тура на- грева, °C | Выдержка, ч | Условия охлаждения | |
|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|-----------------------|--|
| Д | T2 | Отжиг | 290±10 | 3-6 | На воздухе | |
| | T4-I | Закалка | 500±5 | 2-3 | В воде при 40-60°C | |
| З, К | T5-I | Закалка | 500±5 | 2-3 | То же | |
| | | Старение | 160±5 | 8-10 | На воздухе | |
| | T4 | Закалка трехсту- пенчатая: | | | | |
| | | I степень | 490±5 | 4-6 | В воде при 20-80°C | |
| | | II степень | 500±5 | 4-6 | | |
| | III степень | 510±5 | 4-6 | | | |
| | T5 | Закалка трехсту- пенчатая* | | | | |
| Старение | | 160±5 | 6-12 | На воздухе | | |
| T7 | Закалка трехсту- пенчатая* | | | | | |
| | Старение | 245±5 | 3-5 | То же | | |

* См. режим T4.

П р и м е н е н и е. Для силовых и герметичных деталей, дли-
тельно работающих до температуры 250°C.

Высокопрочный сплав ВДЛО

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | E | G | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | α_H | σ_{-1} | HB |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------|---------------------|------|----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------|------|
| | | | кгс/мм ² | | | | % | кгс·м/см ² | кгс/мм ² | |
| Образцы, отдельно отлитые | Термически обработанные по режимам: | З, В | - | - | - | 32 | 12 | - | - | 70 |
| | | | К | - | - | 34 | 14 | - | - | 80 |
| | Т5 | З, В | 7000 | - | 30 | 42 | 9 | 1,2 | 9 | 90 |
| | | | К | 7000 | - | 36 | 46 | 10 | - | - |
| | Т6 | З, В | 7000 | - | 32 | 46 | 5 | 1 | 8 | 110 |
| | | | К | 7000 | 2700 | 39 | 52 | 6 | 2 | 12 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов (изгиб с вращением)

Механические свойства при различных температурах

| Вид полуфабриката | Способ литья | Состояние | Температура испытания, °С | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 , % | σ_{100} | $\sigma_{0,2/100}$ | |
|--|--------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------|------------|----------------|---------------------|--------------------|---|
| | | | | кгс/мм ² | | | кгс/мм ² | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 10 мм | 3 | Термически обработанные по режимам: | Т4 | 175 | - | 30 | 10 | - | - |
| | | | | 200 | - | 32 | 8 | - | - |
| | | | | 250 | - | 28 | 8 | - | - |
| | | | | 300 | - | 17 | 7 | - | - |
| | | Т5 | 150 | 33 | 37 | 5 | 23 | 15 | |
| | | | 175 | - | 36 | 4 | - | - | |
| | | | 200 | 31 | 34 | 6 | 10 | 7 | |

| Вид полу- фабриката | Способ литья | Состояние | Температу- ра испытания, °C | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | $\delta_{5,}$ % | σ_{100} | $\sigma_{0,2/100}$ |
|--|-----------------|-----------|--------------------------------------|---------------------|------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | | кгс/мм ² | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 10 мм | З | Т5 | 250 | 21 | 25 | 6 | 7,5 | 5 |
| | | | 300 | - | 17 | 7 | 4 | 2,5 |
| | | Т6 | 175 | - | 37 | 4 | - | - |
| | | | 200 | 30 | 34 | 4 | 10 | 7 |
| | | 250 | 25 | 30 | 4 | 7,5 | 5 | |
| | | 300 | - | 17 | 6 | - | - | |
| | К | Т4 | 175 | - | 32 | 7 | - | - |
| | | | 200 | - | 32 | 8 | - | - |
| | | | 250 | - | 28 | 4 | - | - |
| | | | 300 | - | 17 | 7 | - | - |
| Т5 | | 175 | - | 38 | 9 | - | - | |
| | | 200 | - | 36 | 8 | - | - | |
| | | 250 | - | 30 | 8 | - | - | |
| | | 300 | - | 17 | 10 | - | - | |

Плотность $d = 2810 \text{ кг/м}^3$. Удельное электросопротивление при 20°C $\rho \cdot 10^6 = 5,80 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Сплав обладает пониженной коррозионной стойкостью, удовлетворительными литейными свойствами, пониженной герметичностью, склонен к образованию горячих трещин. Сплав применяется в термически обработанном состоянии по режиму Т4, Т5 и Т6, удовлетворительно сваривается аргоно-дуговой сваркой, хорошо обрабатывается резанием.

Технология литья

| Способ литья деталей | Температура, °C | | Жидкотекучесть, мм | Усадка линейная, % |
|----------------------------|---------------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| | плавления | заливки | | |
| З, В, К | 650 (ликвидус) 548 (солидус) | (690-760)* | 245 | 1,25 |

* В зависимости от размеров деталей и толщины стенок

Термическая обработка

| Обозначение режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, °С | Выдержка, ч | Условия охлаждения | |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|-------|
| Т4 | Закалка одноступенчатая* | 545 ⁺³ ₋₅ | 10-14 | В воде при 20-100°С | |
| | двухступенчатая: | I ступень | 535 ⁺⁵ | 5-9 | То же |
| | | II ступень | 545 ⁺³ ₋₅ | 5-8 | |
| Т5 | Закалка** | 155 ⁺⁵ | 3-8 | На воздухе | |
| Т6 | Закалка** | 170 ⁺⁵ | 6-10 | То же | |
| | Старение | | | | |

* В печах с перепадом температур не более +3°С.

** См. режим Т4.

Применение: для высоконагруженных деталей, длительно работающих при температурах до 250°С.

Высокопрочный и жаропрочный сплав ВДП4

Механические свойства при различных температурах

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | Температура испытания, °С | σ | | | σ ₅ , % | α _H , кгс/мм ² см ² |
|--|-------------------------------------|--------------|---------------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|---|
| | | | | σ _{0,2} | σ _{0,1} | σ _{0,01} | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | Термически обработанные по режимам: | 3 | -196 | - | 35 | 52 | 6 | I, I |
| | | | - 70 | - | 30 | 45,5 | 10 | - |
| | | | 20 | 7200 | 32 | 40 | 7 | I, 2 |
| | | | 150 | - | 29 | 35 | 7 | - |

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Темпера- тура испытания, °C | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 , % | $\frac{a_n}{\text{кгс}\cdot\text{м}}$ см^2 |
|--|-----------|-----------------|--------------------------------------|---------------------|----------------|------------|-------------------|--|
| | | | | кгс/мм ² | | | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | Т5 | З | 200 | 6400 | 27 | 32 | 6 | - |
| | | | 250 | 6100 | 24 | 27 | 5 | - |
| | | | 300 | 6000 | 14 | 16 | 6 | - |
| | | | 400 | 5600 | 7 | 8 | 10 | - |
| | Т6 | К | -196 | 7700 | 48 | 60 | 6 | - |
| | | | - 70 | 7600 | 43 | 53 | 7 | - |
| | | | 20 | 7200 | 44 | 50 | 5 | 2 |
| | | | 200 | 6400 | 31 | 36 | 6 | - |
| | | | 250 | 6200 | 26 | 28 | 6 | - |
| | | | 300 | - | 14 | 17 | 8 | - |

Предел длительной прочности и ползучести

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Темпе- ратура испита- ния, °C | σ_{100} | σ_{500} | σ_{2000} | $\sigma_{0,2/100}$ | $\sigma_{0,2/500}$ | $\sigma_{0,2/2000}$ |
|--|--|-----------------|---|---------------------|----------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | | | | |
| Образцы,* отдельно отлитые диаметром 10 мм | Термичес- ки обра- ботанные по режи- му Т5 | З | 150 | 24 | 21 | 20 | 20 | 14 | 10 |
| | | | 200 | 16 | 14 | 12 | 9 | 6,5 | 4,5 |
| | | | 250 | 11 | 9 | 6 | 6 | 5 | 3 |
| | | | 300 | 6 | 4 | 3 | 3,5 | 2 | - |

* Для испытаний на ползучесть образцы диаметром 8 мм, выточен-
ные из отдельно отлитых образцов диаметром 12 мм.

Механические свойства после длительных нагревов

| Вид полу- полуфабри- ката | Способ литья | Состояние | Режим нагрева | | Темпера- тура испыта- ния, °С | $\sigma_{\text{ср}}$ кгс/мм ² | δ_5 % | |
|--|-----------------|--|-------------------------|--------------------------------|---|---|-----------------|-----|
| | | | темпера- тура, °С | продол- житель- ность, ч | | | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | 3 | Термичес- ки обра- ботанные по режи- му Т5 | Без на- грева | | 20 | 44 | 9 | |
| | | | | | 150 | 35 | 7 | |
| | | | | | 20 | 46 | 3 | |
| | | | 150 | 0,5 | 150 | 42 | 5 | |
| | | | | | 20 | 45 | 2,5 | |
| | | | | | 150 | 40 | 5 | |
| | | | | 100 | | 20 | 44 | 2,5 |
| | | | | | | 150 | 39 | 4,5 |
| | | | | | | 20 | 43 | 3 |
| | | | | 500 | | 150 | 38 | 4,5 |
| | | | | | | 200 | 32 | 7 |
| | | | | | | 100 | 39 | 4 |
| | | | | 200 | 0,5 | 200 | 25 | 6 |
| | | | | | | 500 | 36,5 | 4,5 |
| | | | | | | 200 | 24 | 6 |
| | | | 100 | | | 1000 | 35,5 | 4,5 |
| | | | | | | 200 | 22 | 6 |
| | | | | | | 2000 | 34 | 4,5 |
| | | | 250 | 0,5 | 200 | 22 | 6 | |
| | | | | | 250 | 26 | 6 | |
| | | | | | 100 | 34 | 5 | |
| | | | | 500 | | 250 | 19 | 6 |
| | | | | | | 20 | 34 | 5 |
| | | | | | | 250 | 19 | 6 |
| 1000 | | 20 | | 34 | 5 | | | |
| | | 250 | | 19 | 6 | | | |
| | | 2000 | | 20 | 34 | 5,5 | | |
| 300 | 0,5 | 250 | | 19 | 6 | | | |
| | | 300 | | 17 | 7 | | | |
| | | 100 | | 20 | 30 | 6 | | |
| | | | 300 | 14 | 6 | | | |

Физические свойства

Плотность $d = 2800 \text{ кг/м}^3$.

Температурный коэффициент линейного расширения

| Температура, °С | 20-100 | 20-200 | 20-300 | 20-400 | 100-200 | 200-300 | 300-400 |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$, 1/град | 25,2 | 26,0 | 29,6 | 28,2 | 26,8 | 35,7 | 24,02 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура, °С | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| λ , Вт/м·град | 126 | 130 | 134 | 146 | 159 |

Удельная теплоемкость

| Температура, °С | 50 | 100 | 200 | 300 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| C , кДж/кг·град | 0,868 | 0,890 | 0,935 | 1,072 |

Удельное электросопротивление

| Температура, °С | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| $\rho \cdot 10^6$, Ом·см | 5,95 | 6,65 | 7,75 | 8,25 | 9,30 |

Сплав обладает пониженной коррозионной стойкостью (на уровне коррозионной стойкости сплавов АЛТ9, ВАЛ10).

Технологические данные

Сплав обладает удовлетворительными литейными свойствами, пониженной герметичностью, менее склонен к образованию горячих трещин, чем АЛТ9, ВАЛ10. При литье необходимо обеспечивать усиленное питание массивных частей отливок, условия их направленной кристаллизации. Сплав подвергается термической обработке по режимам Т4, Т5 и Т6, сваривается аргоно-дуговой сваркой, хорошо обрабатывается резанием.

Технология литья

| Способ литья деталей | Температура, °С | | Жидкотекучесть, мм | Усадка линейная, % |
|----------------------|-------------------|------------|--------------------|--------------------|
| | плавления | заливки | | |
| З, В, К | 650 (ликвидус) | (700-760)* | 250 | 1,25 |
| | 548 (солидус) | | | |

* В зависимости от размеров деталей, толщины стенок

Термическая обработка

| Обозначение режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, °С | Выдержка, ч | Условия охлаждения |
|--------------------|--|--|-------------|---------------------|
| Т4 | Закалка | 545 $\begin{smallmatrix} +3 \\ -5 \end{smallmatrix}$ | 10-14 | В воде при 20-100°С |
| | одноступенчатая | | | |
| | двухступенчатая: | 535+5 | 5-9 | |
| | I ступень | | | |
| II ступень | 545 $\begin{smallmatrix} +3 \\ -5 \end{smallmatrix}$ | 5-9 | То же | |
| Т5 | Закалка** | 165+5 | 5-8 | На воздухе |
| Т6 | Старение | 170+5 | 6-10 | То же |
| | Закалка** | | | |
| | Старение | | | |

* В печах с перепадом температур $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

** См. режим Т4.

Применение: для нагруженных деталей, длительно работающих при температурах до 300°С (взамен сплавов АЛП9 и ВАЛ10).

Сплав средней жаропрочности АЛ5

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | σ_B | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 , % | ΔH , $\frac{KГC \cdot M}{CМ^2}$ | НВ | σ_{-1} |
|---|--|-----------------------------|---------------------|----------------|------------|-------------------|--|----|---------------|
| | | | кгс/мм ² | | | | | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром, мм 12 6 | Термичес- ки обра- ботанные по режиму Т5 | 3 | 7000 | 18 | 25 | 1 | 0,2 | 75 | 6 |
| | | В при t формы °C | | | | | | | |
| | | 20 | - | - | 31 | 1,9 | - | - | - |
| | | 100 | - | - | 36 | 2,2 | - | - | - |
| | | 200 | - | - | 32 | 2,7 | - | - | - |
| | | 300 | - | - | 30 | 1,5 | - | - | - |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

Механические свойства при различных температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Темпера- тура испыта- ния, °C | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | $\sigma_B^{H_2}$ | δ_5 , % |
|--|-----------|-----------------|--|---------------------|------------|------------------|-------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | Т1 | К | -196 | - | 30 | 29,5 | 0,8 |
| | | | - 70 | - | 27 | 26 | 0,5 |
| | Т5 | 3 | 20 | 18 | 25 | - | 0,8 |
| | | | 100 | - | 25 | - | 1 |
| | | | 150 | - | 25 | - | 1 |
| | | | 200 | - | 22 | - | 1,5 |
| | | | 250 | - | 18 | - | 1,5 |
| | | | 300 | - | 17 | - | 4 |

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Темпера- тура испыта- ния, °С | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | σ_B^{1+} | δ_5 , % |
|---|-----------|-----------------|--|---------------------|------------|-----------------|-------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | | |
| Образцы отдельно отлитые, диаметром 12 мм | Т7 | К | 20 | 18 | 24 | - | 1,5 |
| | | | 100 | 18 | 24 | - | 2 |
| | | | 200 | 14 | 18 | - | 2,5 |
| | | | 250 | 12 | 14 | - | 4 |
| | | | 300 | 8 | 10 | - | 6 |

$$\kappa_{\epsilon} = 4$$

Плотность $d = 2680 \text{ кг/м}^3$. Удельное электросопротивление при 20°C $\rho \cdot 10^6 = 4,62 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Сплав обладает пониженной коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Сплав обладает хорошими литейными свойствами, удовлетворительной герметичностью, достаточно высокой стойкостью к образованию горячих трещин. Сплав подвергается термической обработке по режимам Т1, Т5, Т6 и Т7, удовлетворительно сваривается, хорошо обрабатывается резанием.

Технология литья

| Способ литья деталей | Температура, °С | | Жидкотекучесть, мм | Усадка линейная, % |
|----------------------------|---------------------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| | плавления | заливки | | |
| 3, К | 627 (ликвидус) 577 (солидус) | 700-750 | 344 | I, I |

Термическая обработка

| Обозначение режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, °C | Выдержка, ч | Условия охлаждения |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|----------------------|
| T1 | Старение | 180 ±5 | 5-10 | На воздухе |
| T5 | Закалка | | | |
| | одноступенчатая | 525 ±5 | 3-5 | В воде при 20-100 °C |
| | двухступенчатая: | | | |
| | I ступень | 515 ±5 | 3-5 | |
| | II ступень | 525 ±5 | 1-3 | То же |
| T6 | Старение | 175 ±5 | 5-10 | На воздухе |
| | Закалка** | | | |
| | Старение | 200 ±5 | 3-5 | То же |
| T7 | Закалка** | | | |
| | Старение | 230 ±10 | 3-5 | То же |

* Для массивных деталей с толщиной стенки более 40 мм.

** См. режим T5.

Применение: для деталей (в двигателях и агрегатах), длительно работающих при температурах до 250°C.

Сплав повышенной жаропрочности АЛЗЗ (ВАЛІ)

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Способ литья | Состояние | B | σ | σ _{0,2} | σ _B | δ | аН ₁ | σ ₋₁ * | НВ |
|--|--------------|-------------------------------------|---------------------|------|------------------|----------------|---|-----------------------|---------------------|-----|
| | | | кгс/мм ² | | | | % | кгс.м/см ² | кгс/мм ² | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | 3 | Термически обработанные по режимам: | | | | | | | | |
| | | T4 | 7000 | 2600 | 15 | 25 | 3 | 0,3 | - | 85 |
| | | T5 | 7000 | 2600 | 18 | 28 | 2 | 0,3 | 7,5 | 90 |
| | | T6 | - | - | - | 30 | 1 | - | - | 100 |

| Вид полу- фабриката | Способ литья | Состояние | E | G | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | σ_{-1} | HV |
|------------------------|-----------------|-----------|---------------------|-----|----------------|------------|---------------------|---------------------|------|
| | | | кгс/мм ² | | | % | кгс/мм ² | кгс/мм ² | |
| | 3 | T7 | - | - | - | 25 | 2 | - | 80 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов

Механические свойства при различных температурах

| Вид полу- фабриката | Способ литья | Состояние | Темпера- тура испыта- ния, °C | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | σ_{100} | σ_{-1} | |
|--|-----------------|---|--|---------------------|----------------|------------|---------------|---------------------|----------------|---------------|---|
| | | | | кгс/мм ² | | | % | кгс/мм ² | | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 10 мм | 3 | Терми- чески обрабо- таные по ре- жимам: | T4 | -70 | - | - | 23 | 13 | - | - | - |
| | | | | 150 | - | - | 25 | 3 | - | 20 | - |
| | | | | 200 | - | - | 22 | 5 | - | 16 | - |
| | | | | 250 | 6000 | 11 | 18 | 5 | 17,5 | 14 | - |
| | | | | 300 | 5500 | 9 | 15 | 4,5 | 15 | 9 | - |
| | | | | 350 | - | 5 | 8 | 8 | 24 | 4,5 | - |
| | | T5 | 250 | - | 15 | 21 | 2 | 2,5 | 14 | - | |
| | | | 300 | - | 10 | 16 | 2,5 | 7 | 9 | 4 | |
| | | | 350 | - | 7 | 10 | 5 | 20 | 4,5 | 3 | |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

** δ_5 .

Плотность $d = 2890$ кг/м³.

Технологические данные

Сплав обладает удовлетворительными литейными свойствами, склонен к образованию горячих трещин. Сплав применяется в термически обработанном состоянии по режиму Т4, Т5, Т6, Т7. Допускается заварка дефектов аргоно-дуговой сваркой. Сплав хорошо обрабатывается резанием.

Технология литья

| Способ литья деталей | Температура, °С | | Жидкотекучесть, мм | Усадка линейная, % |
|----------------------|---------------------------------------|------------|--------------------|--------------------|
| | плавления | заливки | | |
| З, К | 638 (ликвидус) 560 (солидус) | (700-730)* | 240 | 1,3 |

* В зависимости от размеров деталей и толщины стенок.

Термическая обработка

| Обозначение режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, °С | Выдержка, ч | Условия охлаждения | |
|--------------------|------------------------------|-------------------------|-------------|---------------------|-----|
| Т4 | Закалка одноступенчатая * | 545+5 | 10-12 | В воде при 20-100°C | |
| | двухступенчатая: *** | I ступень | 535+5 | | 7-9 |
| | | II ступень | 545+5 | | 7-9 |
| Т5 | Закалка *** | | | На воздухе | |
| Т6 | Старение | 175+5 | 3-6 | | |
| Т7 | Закалка *** | | | То же | |
| | Старение | 225+10 | 3-10 | | |
| | Старение | 250+10 | 3-6 | То же | |

* Допускается при наличии оборудования, обеспечивающего перепад температур в печи $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

~~жж~~ Для отливок толстостенных или сложной конфигурации, охлаждение в кипящей воде.

~~жжж~~ В печи с большим перепадом температур (загрузка в печи с температурой не выше 700°C).

~~жжжж~~ См. режим Т4.

Применение: для деталей, длительно работающих при температурах до 350°C .

Сплав высокой жаропрочности АЦР1У

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | B | σ | σ _{0,2} | σ _B | δ ₅ | δ ₁₀ | σ ₋₁ * |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|---------------------|------|------------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|
| | | | кгс/мм ² | | | | % | | кгс/мм ² |
| Образцы точеные диаметром 10 мм | Термически обработанные по режиму Т1 | З, К ПЖШ | 7000 | 2600 | 18 | 20 | 0,5 | I | 5 |
| | | | 7000 | - | 20 | 24 | - | 3 | - |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

Механические свойства при различных температурах

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | Температура испытания, °C | σ _{0,2} | σ _B | δ ₅ | δ ₁₀ | σ ₁₀₀ | σ _{0,2} 100 |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | | | % | |
| Образцы точеные диаметром 10 мм | Термически обработанные по режиму Т1 | З, К | -196 | 26,5 | 27 | 0,3 | - | - | - |
| | | | - 70 | 20,5 | 21,5 | 0,4 | - | - | - |
| | | | 20 | 18 | 20 | - | I | - | - |
| | | | 100 | 17,5 | 18,5 | - | > 0,2 | - | - |
| | | | 200 | 12 | 15,5 | - | > 0,3 | - | - |
| 300 | 9 | 11,5 | - | I,2 | II | - | | | |

Окончание

| Вид полу- фабриката | Состояние | Способ литья | Темпера- тура испыта- ния, °С | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | δ_{10} | ϵ | $\sigma_{0,2}$ 100 |
|--|--|-----------------|--|---------------------|------------|------------|---------------|------------|-----------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | % | | к | мм ² |
| Образцы точёные диаметром 10 мм | Термичес- ки обра- ботанные по режиму Т1 | З, К | 350 | - | - | - | - | 5 | 1,5 |
| | | | 400 | 5 | 7 | - | 2 | 1,5 | |
| | | | 350 | - | 8 | - | 15 | - | |
| | | | 400 | - | 6 | - | 20 | - | |

Плотность $d = 2900 \text{ кг/м}^3$. Удельное электросопротивление $\rho \cdot 10^6 = 9,3 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Сплав обладает пониженной коррозионной стойкостью

Технологические данные

Сплав обладает хорошими литейными свойствами, высокой герметичностью, не склонен к образованию горячих трещин. Сплав хорошо сваривается аргоно-дуговой сваркой, удовлетворительно обрабатывается резанием, подвергается термической обработке по режиму Т1.

Технология литья

| Способ литья деталей | Температура, °С | | Жидкотекучесть, мм | Усадка линейная |
|----------------------------|---------------------------------------|---------|-----------------------|--------------------|
| | плавления | заливки | | |
| З, К | 637 (ликвидус) 607 (солидус) | 690-730 | 360 | 1,2 |

Термическая обработка

| Обозначение режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, °С | Выдержка, час | Условия охлаждения |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------|
| Т1 | Старение | 200±5 | 10-15 | На воздухе |

Применение: для деталей, длительно работающих при температуре до 400°C.

Сплав средней прочности АЛ22

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Способ литья | Состояние | <i>E</i> | <i>G</i> | $\sigma_{пл}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | Δn | $T_{ср}$ | <i>HВ</i> |
|--|-----------------|---|---------------------|----------|---------------|----------------|------------|------------|--|----------|-----------|
| | | | кгс/мм ² | | | | | % | кгс/мм ² см ² | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | 3 | Термически обработан- ные по режиму Т4 | 7000 | 2700 | 10 | 18 | 24 | 3 | 0,2 | 20 | 65 |

Плотность $d = 2500 \text{ кг/м}^3$. Удельное электросопротивление при 20°C $\rho \cdot 10^6 = 10,3 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Сплав обладает повышенной коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Сплав обладает хорошими литейными свойствами (рекомендуется литье под давлением), удовлетворительной герметичностью, достаточно высокой стойкостью к образованию горячих трещин. Сплав подвергается термической обработке по режиму Т4, удовлетворительно сваривается аргоно-дуговой сваркой, хорошо обрабатывается резанием и полируется, не допускается нагрев закаленных деталей до температуры более 80°C .

Технология литья

| Способ литья деталей | Температура, $^\circ\text{C}$ | | Усадка линейная, % |
|----------------------------|---------------------------------------|---------|-----------------------|
| | плавления | заливки | |
| 3 | 610 (ликвидус) 440 (солидус) | 660-720 | 380 |

Термическая обработка

| Обозначение режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, °С | Выдержка, ч | Условия охлаждения |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|---|
| T4 | Закалка | 425 ±5 | 15-20 | В воде при 100°C или масле при 40-50°C |

П р и м е н е н и е: для деталей, от которых требуется повышенная коррозионная стойкость, длительно работающих при температурах более 80°C.

Сплав повышенной прочности АЛВ

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | <i>R</i> | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | σ_H | σ_{ep} | σ_{-1} | НВ |
|--|--------------------------------------|--------------|---------------------|----------------|------------|------------|---------------------|---------------------|---------------|----|
| | | | кгс/мм ² | | | % | кгс/мм ² | кгс/мм ² | | |
| Образцы, отдельно отлитые, диаметром 12 мм | Термически обработанные по режиму T4 | 3 | 7000 | 17 | 32 | - | 1 | 23 | 7,5 | 70 |
| | | 0 | - | - | 32 | - | - | - | - | - |

Механические свойства при низких температурах

| Вид полуфабриката | Состояние | Способ литья | Температура испытания, °С | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | ψ | σ_H |
|---|--------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|------------|------------|--------|---------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | % | | кгс/мм ² |
| Образцы диаметром 10 мм (выточенные из заготовок) | Термически обработанные по режиму T4 | 3 | -196 | 23 | 25 | 1 | 1,7 | 0,23 |
| | | | - 70 | 21 | 30 | 8 | 7,1 | 0,71 |
| | | | 20 | 19 | 29 | 9 | 12,9 | 1,00 |

Плотность $d = 2550$ кг/м³. Удельное электросопротивление при 20°C $\rho \cdot 10^6 = 9,12$ Ом·см. Сплав обладает высокой коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Сплав обладает удовлетворительными литейными свойствами, повышенной герметичностью, склонен к образованию микрорыхлот, подвергается термической обработке по режиму Т4, хорошо обрабатывается резанием и полируется.

Технология литья

| Температура, °С | Жидкотекучесть, мм | | Усадка линейная, % |
|---------------------------------------|--------------------|---------|--------------------|
| | плавления | заливки | |
| 604 (ликвидус) 452 (солидус) | 640-700 | | 318 |
| | | | 1,3 |

Термическая обработка

| Содержание режима | Вид термической обработки | Температура нагрева, °С | Выдержка, ч | Условия охлаждения |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|---------------------|
| 1 | Закалка | 430±5 | 12-20 | В масле при 40-50°C |

Применение: для деталей с повышенной коррозионной стойкостью, длительно работающих при температуре не выше 80°C.

Библиографический список

1. Авиационные материалы: Справочник / Под ред. А.Т.Туманова. Т. 4. ВИАМ. 1987.
2. Мальцев М.В. Металлургия цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1970.
3. Захаров А.М. Промышленные сплавы цветных металлов. М.: Металлургия, 1980.
4. Калачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1981.
5. Алюминий / Пер. с англ. Под ред. А.Т.Туманова и др. М.: Металлургия, 1972.

ЛИТЕЙНЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Составитель БУНОВА ГАЛИНА ЗАХАРОВНА

Редактор Т.К. КРЕТИНИНА
Техн. редактор Н.М. КАЛЕНЮК
Корректор Н.С. КУПРИЯНОВА

Подписано в печать 25.01.91 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага оберточная. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 2,3. Усл.кр.-отг. 2,4. Уч.-изд.л. 2,2.
Тираж 400 экз. Заказ № 1510. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П. Королева.
443086, г.Куйбышев, Московское шоссе, 34.

Типография им. В.П. Мяги Куйбышевского полиграфического
объединения, 443099, Куйбышев, ул. Венцека, 60.