

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Центр цифровых образовательных технологий

(наименование отделения / школы)

(направление / специальность)

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

**ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

(номер / название лабораторной работы)

Вариант

:

(номер вашего варианта)

Дисциплина **Материаловедение**

:

(наименование дисциплины)

Студент:

(номер группы)

(фамилия, инициалы)

(дата сдачи)

Руководитель:

(должность,  
уч. степень, звание)

(фамилия, инициалы)

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить возможности упрочнения сплава Д16 термической обработкой.
2. Изучить закономерности изменения механических свойств и структуры дуралюмина при термической обработке.
3. Ознакомиться с технологией термической обработки алюминиевых сплавов.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

Дуралюмин – это

сплав алюминия с медью и магнием (а также с небольшим количеством марганца и кремния). Слово «дуралюмин» в переводе с французского означает «твердый алюминий».

Для каких целей может проводиться термическая обработка алюминиевых сплавов?

1. Для повышения пластичности и снижения твердости с целью улучшения обрабатываемости резанием и давлением (реализуется отжигом);
2. Для повышения сопротивления деформации с целью повышения твердости и прочности (такая задача решается закалкой и старением).

Какой вид термообработки для дуралюмина является смягчающим?

Отжиг

Какой вид термообработки для дуралюмина является упрочняющим?

естественное старение или искусственное старение.

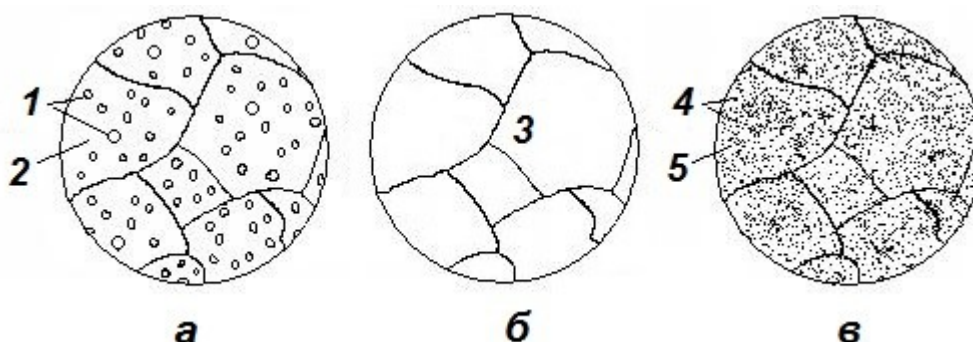


Рис. 1. Микроструктуры дуралюмина Д16 после закалки, старения и отжига:

а – После отжига ; б – После закалки ; в – После старения

Структурные составляющие на рис. 1, соответствуют:

- 1 –  $\text{CuAl}_2$
- 2 – Твердый раствор меди в алюминии
- 3 – Эвтектика состоит из этих двух фаз:  $\text{Э} = \alpha + \text{CuAl}_2$ .
- 4 –  $\text{CuAl}_2$
- 5 – Твердый раствор меди в алюминии

Эффективное упрочнение алюминиевых сплавов обеспечивает *старение*:

- ✓ *естественное старение* – это Длительная выдержка (7 суток) при комнатной температуре.
- ✓ *искусственное старение* – это Более короткая выдержка (несколько часов или несколько десятков минут) при повышенной температуре.

Механизм старения включает в себя следующие этапы:

- 1) Отжиг
- 2) Закалка
- 3) Охлаждение
- 4) Естественное старение или Искусственное старение

Структура сплава Д16 после *естественного* старения обеспечивает свойства: в пересыщенном твердом растворе появляются участки, обогащенные медью. Вокруг них кристаллическая решетка искажается, что затрудняет перемещение дислокаций. Сплав становится прочнее.

При увеличении температуры и продолжительности *искусственного* старения в структуре происходят следующие изменения:

Прочность и твердость при **повышается**, а пластичность **Незначительно е снижение** этом –

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Результаты термообработки дуралюмина

№	Вид термообработки	Режим обработки			Твердость, <i>HV</i>	Описание структур <sup>1</sup> : $\alpha$ , $\alpha'$ , $\text{CuAl}_2$
		Температура, °C	Выдержка, мин.	Охлаждение		
1	Отжиг	380	180	с печью	84	$\text{CuAl}_2, \alpha$
2	Закалка	510	40	вода	72	$\alpha'$
3	Искусственное старение	50	20	воздух	88	$\text{CuAl}_2, \alpha$
4		100	20	воздух	109	$\text{CuAl}_2, \alpha$
5		150	20	воздух	125	$\text{CuAl}_2, \alpha$
6		200	20	воздух	132	$\text{CuAl}_2, \alpha$
7		250	20	воздух	123	$\text{CuAl}_2, \alpha$

<sup>1</sup> Выбрать описание структур из числа получившихся при операциях термической обработки.

8		300	20	воздух	95	$\text{CuAl}_2, \alpha$
9	Естественное старение	20	7 суток	воздух	138	$\text{CuAl}_2, \alpha$

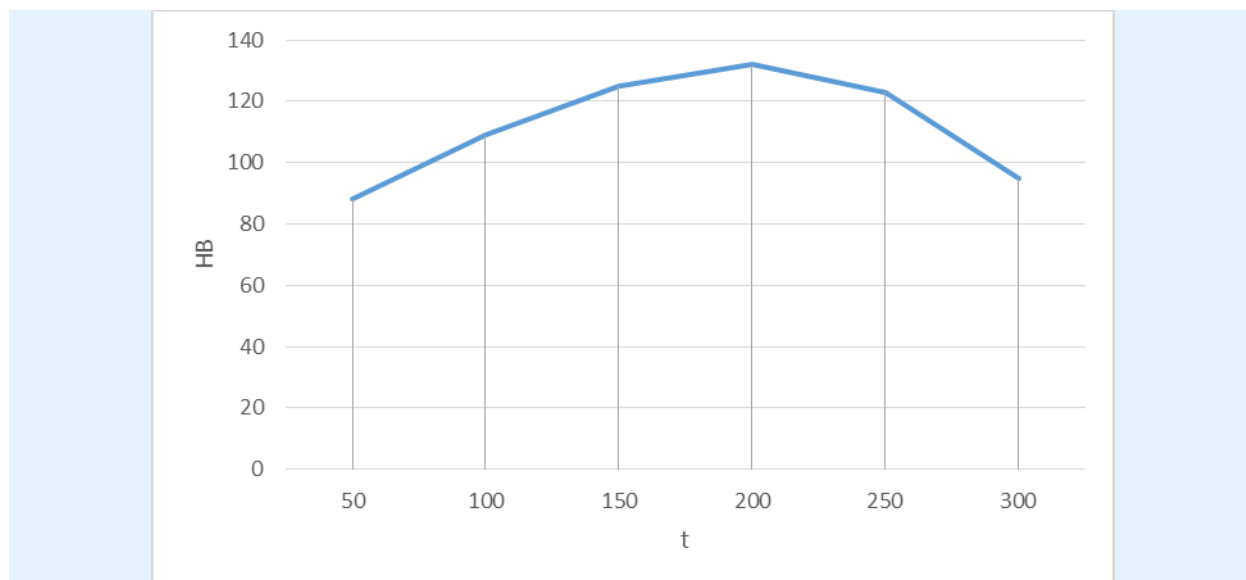


Рис. 2. График изменения твердости закаленного дуралюмина от температуры старения (время старения 20 мин)<sup>2</sup>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Объяснить снижение твердости дуралюмина после закалки.

При нагреве под закалку частицы  $\text{CuAl}_2$  растворяются, атомы меди образуют твердый раствор замещения в решетке алюминия. При быстром охлаждении, подавляющем диффузию (в холодной воде), твердый раствор сохраняется, но при комнатной температуре он становится пересыщенным. Его твердость и прочность невелики, всего на 25 % выше, чем у отожженного сплава, так как это – твердый раствор замещения.

2. Объяснить процессы, происходящие в дуралюмине Д16 при искусственном старении (при  $t$  от 50 до 200 °C), и изменение свойств.

Повышение температуры приводит к образованию на месте зон тонких пластин промежуточной фазы состава  $\text{CuAl}_2$ , но с другим типом кристаллической решетки. Наконец, при 200 °C образуется стабильная фаза  $\text{CuAl}_2$ .

3. Объяснить процессы, происходящие в дуралюмине Д16 при искусственном старении (при  $t$  от 200 до 300 °C), и изменение свойств.

Происходит возврат. При возврате уменьшается плотность дислокаций в центре

<sup>2</sup> Вам нужно построить график и поместить его вместо шаблона

фрагментов и образуется внутризеренная субструктура с границами субзерен в виде стенок или групп дислокаций. В результате возврата изменяются некоторые свойства металла: понижается прочность, повышаются пластичность и электропроводность.

4. Обосновать, какой вид старения является более эффективным.

При нагреве такой процесс идет быстрее. Это – *искусственное старение*. Чем выше температура искусственного старения, тем быстрее идет распад твердого раствора. В участках, обогащенных медью, формируются частицы  $\text{CuAl}_2$ . При повышении температуры и увеличении выдержки зернышки  $\text{CuAl}_2$  растут. Расстояние между ними увеличивается, и эффект упрочнения снижается. Искусственное старение более предпочтительно, так как оно позволяет повысить производительность работ. Правильное сочетание уровня нагрева и времени выдержки позволяет повысить прочность и пластичность.