

### Список использованных источников

1. Юркевич, С.Н. Лазерная наплавка деталей из стали 30ХГСА без снижения физико-механических свойств материала основы / С.Н. Юркевич, В.Н. Мышковец, А.В. Максименко // Сварочное производство. – 2004. – №5.

2. Юркевич, С.Н. Лазерная наплавка на опорных поверхностях деталей из стали 30ХГСА / С.Н. Юркевич, А.В. Томашевич // Заготовительное производство в машиностроении. – 2005. – №3.

3. Юркевич, С.Н. Результаты проверки напряжений на деталях авиационной техники современными методами. Материалы 13-й Международной практической конференции-выставки «Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций», г. С-Петербург, 2012.

УДК 621.785

### Влияние режима старения на механические свойства сплава Д16

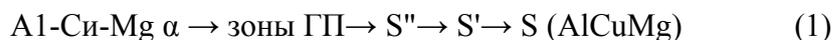
Студенты: гр.104211 Бульга Е.В., Пинчук В.А.  
Научный руководитель – Стефанович В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Дюралюминии являются основной группой деформируемых термически упрочняемых алюминиевых сплавов, особенно широко применяемых в авиационной промышленности.

Сплав Д16 нагревают под закалку до температур, близких к солидусу. Интервал температур нагрева под закалку очень узкий (495–505 °С). При температурах ниже 495°С остаются нерастворенными значительные количества избыточных фаз  $Al_2CuMg$  и  $CuAl_2$ , при закалке получается недостаточно пересыщенный твердый раствор и упрочнение при старении оказывается низким. При температуре выше 502–505 °С возможен пережог - оплавление по границам зерен, ведущее к резкому падению механических свойств и появлению трещин по оплавленным границам под действием закалочных напряжений. Поэтому требуется точность регулировки температуры. Изделия из дюралюминов нагревают под закалку в печах с принудительной циркуляцией воздуха или в селитровых ваннах. Закалку проводят в горячей воде [1].

В пересыщенном и неустойчивом твердом растворе, полученном при закалке, происходят изменения, приводящие к дальнейшему упрочнению сплава. Процессы эти называются старением. Сущность процесса старения дюралюмина составляет, распад пересыщенного твердого раствора или подготовительные к распаду процессы.

Стадии распада пересыщенного раствора Д16 [2]:



Режимы старения:

1. Закалка и естественное старение: нагрев до  $t = 500 \pm 5$  °С, быстрое охлаждение в воде; дальнейшее естественное старение (при  $t = 20$  °С) в течение 7 суток. При естественном старении распада пересыщенного твердого раствора не происходит, а происходит лишь подготовка к распаду. В результате диффузии атомов Cu в решетке  $\alpha$  - раствора образуются частички, обогащенные атомами Cu (до 50-55%), называемые зонами Гинье-Престона, они имеют форму «дисков» толщиной в несколько атомных слоев и диаметром порядка 50Å. Образование зон Гинье-Престона приводит к искажению решетки и возникновению больших внутренних напряжений, что и является причиной упрочнения.

2. Закалка и искусственное старение: нагрев до  $t = 490 \pm 5$  °С, быстрое охлаждение в воде; дальнейшее искусственное старение (при  $t = 190$  °С) в течении 12 часов. Процесс искусственного старения также начинается с образования зон Гинье-Престона. С повышением

температуры старения возникают зоны большего размера, каждой температуре старения соответствует свой устойчивый размер этих зон. Так, если для комнатной температуры устойчивыми зонами являются зоны с диаметром 50Å, то при 100°C устойчивыми зонами будут зоны с диаметром 200Å, при 150°C – 600Å, при 200°C-800Å. Затем, на базе зон Гинье-Престона возникает неустойчивая  $\theta'$  – фаза с тетрагональной кристаллической решеткой, по составу близкая к химическому соединению  $\text{CuAl}_2$ . С течением времени  $\theta'$  – фаза превращается в  $\theta$  – фазу, имеющую кубическую решетку.

3. Закалка и перестаривание: нагрев до  $t = 485 \pm 5$  °C быстрое охлаждение в воде; дальнейшее старение (при  $t = 250$  °C) в течении 12 часов. Применение перестаривающих режимов позволяет, повысить их конструктивную прочность – сочетание прочности и вязкости [3].

Значение механических свойств приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические и физические свойства листов из сплава Д16 на различных стадиях старения [4 – 5]

Режим старения	Стадии старения	$\sigma_B$	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,2}/\sigma_B$	$\delta, \%$	$1/\rho, \text{Мом/м}^2$
		Мпа				
В свежезакаленном состоянии	–	30	–	–	10	–
Естественное старение 60 суток	Преимущественно зонное	420	470	0,65	12	17,8
Искусственное старение при 190 °C 12 часов	Преимущественно фазовое	430	350	0,8		21,8
Искусственное старение при 250 °C 12 часов	Коагуляционное	420	290	0,7	9	23,8

#### Список использованных источников

1. Фридляндер, И.Н. Алюминиевые деформируемые конструкционные сплавы / И.Н. Фридляндер. – М.: Металлургия, 1979. – 208 с.
2. Муратов, В.С. Формирование структуры и свойств цветных сплавов при термоупрочнении / В.С. Муратов, Е.А. Морозова. – М.: Машиностроение, 2006. – 320 с.
3. Алиева, С.Г. Промышленные алюминиевые сплавы: справочное пособие / С.Г. Алиева, М.Б. Альтман, С.М. Амбарцумян. – М.: Металлургия, 1984. – 528 с.
4. Беляев, А.И. Металловедение алюминия и его сплавов: справочное пособие / А.И. Беляев, О.С. Бочвар, Н.Н. Буйнов. – М.: Металлургия, 1983. – 280 с.
5. Ливанов, В.А. Алюминиевые сплавы. Структура и свойства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов: Справочное пособие / В.А. Ливанов. – М.: Машиностроение, 1974. 432 с.

УДК 621.763

#### Наноструктурированные материалы

Студенты гр. 10401112 Пиляева А.А., Заянчковская М.И., Юркевич К.С.  
 Научный руководитель – Стефанович В.А.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Наноструктурированный материал (наноматериал) – конденсированный материал, полностью или частично состоящий из структурных элементов (частиц, зерен, кристаллитов, волокон, прутков, слоев) с характерными размерами от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров, макроскопические свойства материала определяются размерами и взаимным расположением структурных элементов.