

*Удербаетва А.Е.*

**ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ПЛАСТИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АД31**

*A.E. Uderbaeva*

**AGEING INFLUENCE ON PROCHNOSTNYE AND PLASTIC  
PROPERTIES OF ALUMINIUM ALLOY AD31**

УДК: 621.771.237.02

*Работа посвящена экспериментальному исследованию динамики процесса старения деформируемого алюминиевого сплава АД 31. Получены уравнения, описывающие взаимосвязь между пределом текучести, временным сопротивлением, запасом пластичности и временем старения.*

*Бұл жұмыс деформацияланатын алюминий қорытпасы АД31-дің ескіру процесінің динамикасын тәжірибе жүзінде зерттеуіне арналған. Аққыштық шегі, уақытша кедергісін, беріктік қорын және ескіру уақыт арасындағы өзарабайланыстылығын сипаттайтын теңдеулер алынған.*

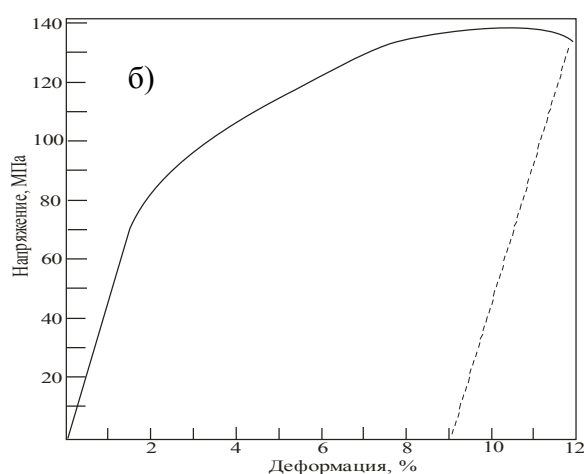
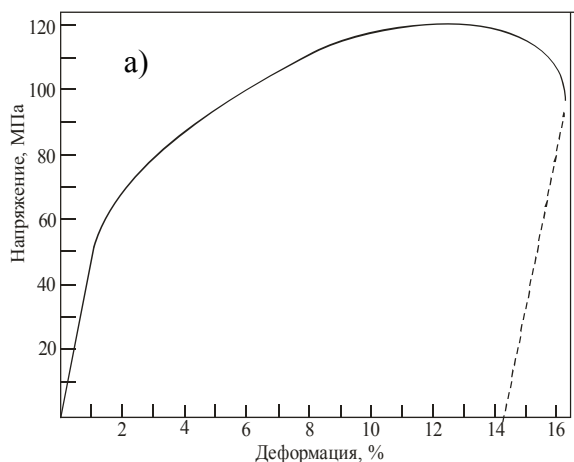
*Work is devoted an experimental research of dynamics of process of ageing of a deformable aluminium alloy the AD 31. The equations describing interrelation between a limit of fluidity, are received by time resistance, a stock of plasticity and ageing time.*

Целью настоящей работы было проведение комплексных исследований алюминиевого сплава АД31 для совершенствования технологии производства профилей различного назначения. Деформируемые алюминиевые сплавы подвержены старению и деформационному упрочнению. И несмотря на то, что в технической литературе имеются отдельные сведения об их механических, технологических и других свойствах, существует необходимость проведения комплексных экспериментальных исследований каждого конкретного материала в силу того, что каждый из них имеет свои особенности обусловленные спецификой производства. К тому же динамика старения и деформационного упрочнения данного материала не изучена. Вероятной причиной, сложившейся ситуации является отсутствие на производстве оборудованных исследовательских лабораторий. Недостаток таких знаний является основной причиной появления брака или низкого качества производимой продукции. Из сказанного очевидно, что совершенствование технологии производства возможно только на базе постоянного углубления знаний о конструкционном материале.

**Старение алюминиевого сплава.** Итогом этого процесса является увеличение предела текучести, временного сопротивления и снижение пластичности. Кинетику старения удобно проследить оценивая изменение предела текучести  $\sigma_{02}$ , который в этом случае рассматривается как интегральный структурно-чувствительный параметр. Любые изменения структуры (концентрация дефектов, величина зерна и его изменение, зарождение и растворение фаз и т.д.) сказывается на его величине [1].

Для проведения исследования кинетики старения была приготовлена партия образцов из фрагмента литого стержня.

Расчет величин предела текучести проводился по диаграммам растяжения, которые получали в условиях одноосного растяжения с постоянной скоростью деформирования 0,5 мм/мин. Серия диаграмм была получена после времен старения 3, 5, 10, 15, 25, 40, 80 и 144 часа. Для этого партия образцов в количестве 24 штук была разбита на 8 групп по 3 штуки в каждой, которые испытывались через указанные временные промежутки. Все диаграммы растяжения имеют характерный для алюминиевых сплавов вид. Процесс старения нашел свое отражение в изменении величин предела текучести, временного сопротивления и запаса пластичности. Анализ диаграмм показал, что расчетные значения предела текучести, временного сопротивления и запаса пластичности внутри одной партии образцов отличаются на малые величины. Это говорит о качественной подготовке образцов к испытаниям.



**Рисунок 1** – диаграммы растяжения образцов алюминиевого сплава АД31

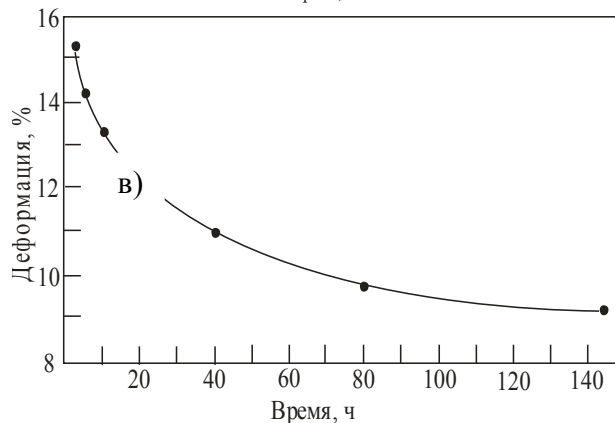
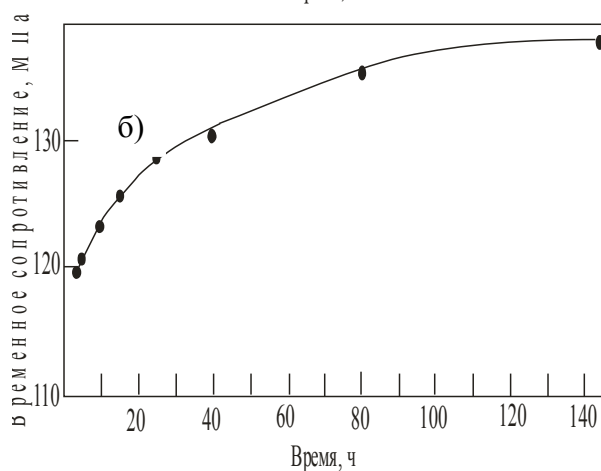
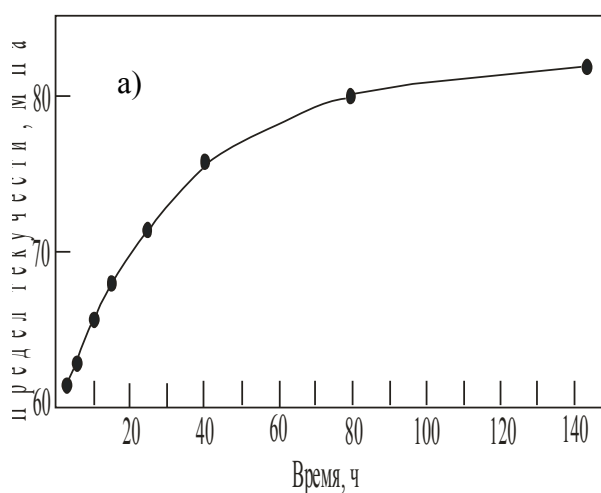
а - через 5 часов после кристаллизации,  
б - через 144 часа после кристаллизации.

На рисунке 1, в качестве примера приведены такие диаграммы. Они дают наглядное представление об изменении исследуемых величин. Очевидно, что в процессе старения, наряду с ростом предела текучести и временного сопротивления, снижается пластичность.

Данные испытаний 8 партий образцов по 3 в каждом, дают возможность проследить кинетику изменения кратковременных механических свойств алюминиевого сплава АД 31 в процессе старения после кристаллизации.

Более глубокий анализ динамики процесса старения позволил в дальнейшем построить графики зависимости предела текучести, временного сопротивления и запаса пластичности от времени старения.

Такие графики показаны на рисунке 2.



**Рисунок 2** – Зависимость предела текучести (а), временного сопротивления (б) и запаса пластичности (в) от времени старения

Из рисунка видно, что величина предела текучести изменяется с увеличением продолжительности старения не линейно. График имеет вид кривой насыщения. Наиболее интенсивно предел текучести изменяется в первые 40 часов. В дальнейшем его рост замедляется.

На рисунке 2 б приведена зависимость временного сопротивления от продолжительности старения. Как и в предыдущем случае он имеет две области: быстрого изменения и медленного. За условную границу можно принять  $\tau=40$  часов. За это время величина  $\sigma_b$  изменяется

от 119,5 МПа до 131,3 МПа, т.е. на 10%. Общее изменение  $\sigma_b$  за 144 часа старения равно 16% (от 119,5 МПа до 138,5 МПа).

Изменение запаса пластичности с течением времени в процессе старения отражает график, показанный на рисунке 2в. График также нелинеен. С течением времени величина пластичности  $\delta$ , уменьшается, но наибольшие изменения протекают в первые 40 часов. За это время пластичность падает от 15,3% до 11,0%, т.е. на 28%. Общее изменение за 144 часа составляет 40%.

Увеличение предела текучести и временного сопротивления можно было бы отнести к положительным эффектам, если бы при этом не наблюдалась значительная потеря пластичности. А именно эта величина относится к числу основных при производстве изделий методом экструзии. Следует также отметить, что полученная зависимость  $\sigma_{02}=f(\tau)$  качественно

соответствует имеющимся в литературе данным по деформируемому алюминиевому сплаву Д16. Временные интервалы быстрого старения этих двух сплавов также совпадают.

Отметим еще одну особенность старения. Из двух величин, предела текучести и временного сопротивления, наибольшее влияние старение оказывает на  $\sigma_{02}$ . Конечной целью экспериментов является написание математического выражения для исследуемых зависимостей. Поиск показал, что это возможно в случае построения графиков в двойных логарифмических координатах. Для зависимости предела текучести от времени старения такой график показаны на рисунок 3. Графики зависимости временного сопротивления и запаса пластичности от времени старения также имеют вид прямых линий в двойных логарифмических координатах.

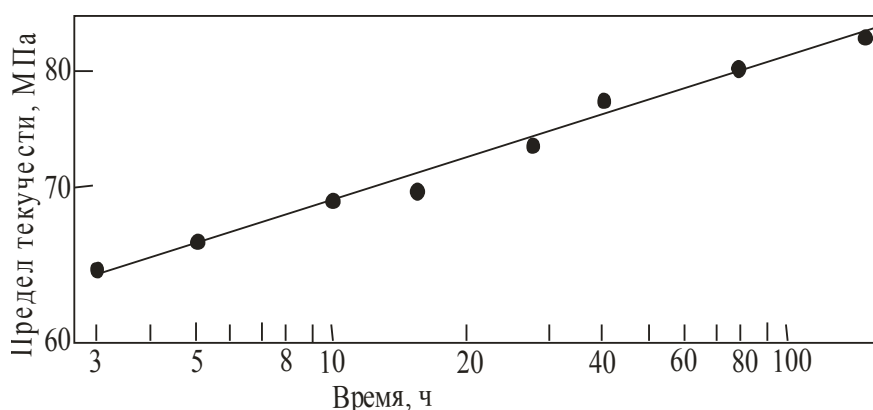


Рисунок 3 - Зависимость предела текучести от времени старения в двойных логарифмических координатах.

Прямолинейные графики наиболее просты в обработке. Из рисунка 3 следует, что зависимости могут быть описаны уравнениями степенного вида

$$\sigma_{02} = \alpha \tau^{\varphi} \quad (1)$$

$$\sigma_b = \beta \tau^{\psi} \quad (2)$$

$$\delta = \gamma \tau^q \quad (3)$$

где  $\alpha, \beta, \gamma$  – коэффициенты,  $\varphi, \psi, q$  – показатели степени.

Расчет коэффициентов дал следующие значения:  $\alpha = 56,9$ ;  $\beta = 114,07$ ;  $\gamma = 17,77$ . Графически они представляют собой точки пересечения прямолинейных графиков с осью ординат при их экстраполяции.

Величина показателей степени равна тангенсу угла наклона прямолинейных графиков к оси абсцисс и характеризует силу зависимости исследуемых параметров. Расчет показал, что  $\varphi = 7,7 \cdot 10^{-2}$ ,  $\psi = 3,8 \cdot 10^{-2}$ ,  $q = -13,0 \cdot 10^{-2}$ . Сравнение величин показателя степени говорит, что наиболее сильное влияние старение оказывает на пластичность. Но именно эта характеристика является наиболее важной при производстве профилей методом экструзии. Следовательно,

перед прессованием профилей необходима дополнительная термообработка – гомогенизация. Но дальнейшие исследования показали, что проводимая в промышленных условиях термообработка не дает восстановления пластичности до уровня, соответствующего трем часам после кристаллизации.

Таким образом экспериментальные исследования показали, что в сплаве АД31 после кристаллизации интенсивно протекают процессы естественного старения, приводящие к росту предела текучести, временного сопротивления и снижению запаса пластичности. Длительность этого процесса составляет ~ 150 часов. Также установлено, что требуется проведение поиска наиболее оптимальных режимов гомогенизации для приведения материала в состояние, когда запас пластичности будет максимальным.

#### Литература:

1. Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Предел текучести как структурно чувствительный элемент. – Труды Международной научно-практической конференции «Наука и инновации на железнодорожном транспорте», VIII т., 2007, КазАТК, Алматы.

Рецензент: д.т.н., профессор Турдалиев А.