

A. E. УДЕРБАЕВА

ДЕФОРМАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АД31 ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ

(Представлена академиком НАН РК Ж. Ж. Байгунчековым)

Работа посвящена деформационному упрочнению алюминиевого сплава АД31 при обработке давлением. По результатам исследований установлена зависимость коэффициента деформационного упрочнения от температуры прессования. Показано, что прессование следует вести при как можно больших температурах, что после продавливания материала через матрицу, получаемое изделие быстро охлаждается, это ведет к его закалке и последующему старению. С учетом этого следует искать оптимальную температуру прессования с учетом закалки и старения.

Из практики известно, что конструкционные материалы подвержены деформационному упрочнению, которое проявляется в увеличении

сопротивления материала деформированию. Динамика деформационного упрочнения ряда металлов и сплавов описаны в работах [1-4].

У алюминиевых сплавов наблюдается при этом низкий запас пластичности. Причиной этого является, в первую очередь, высокое содержание в сплаве таких элементов, как: железо ($> 0,4\%$), магний ($\sim 0,55\%$) и кремний ($\sim 0,7\%$). Известно, что в случае, когда в алюминиевых сплавах существует железо и кремний, образуется тройная фаза Al – Fe – Si. Она выпадает по границам зерен и приводит к упрочнению материала и потере пластичности. Исследования микроструктуры методом оптической металлографии показало, что в материале действительно наблюдается большое количество указанной фазы.

Для повышения пластичности и снижения предела текучести перед прессованием профилей проводится термообработка – гомогенизация. В результате последующих испытаний цилиндрических образцов было установлено, что пластичность после термообработки возрастает до 13,5%. Формирование профилей разного назначения зачастую требует значительных запасов пластичности.

На первом этапе работы было установлено, что после отливки, кристаллизации и старения

алюминиевый сплав АД31 теряет запас пластичности, но повышает прочностные свойства. В процессе гомогенизации происходит частичное восстановление пластичности и снижение прочности. Предстояло выяснить, какое влияние оказывает деформационное упрочнение.

В работе [6] были представлены результаты экспериментальных исследований деформационного упрочнения сплава АД31 в условиях одноосного растяжения. Исследования проводились с использованием метода построения циклограмм, из которых, по мере накопления пластической деформации в процессе растяжения, рассчитывались прочностные и пластические характеристики.

Построение циклограммы до момента ее разрушения позволяла определить запас пластичности. По результатам серии таких экспериментов был построен в двойных логарифмических координатах график зависимости предела текучести алюминиевого сплава от величины накопленной пластической деформации, показанный на рис. 1.

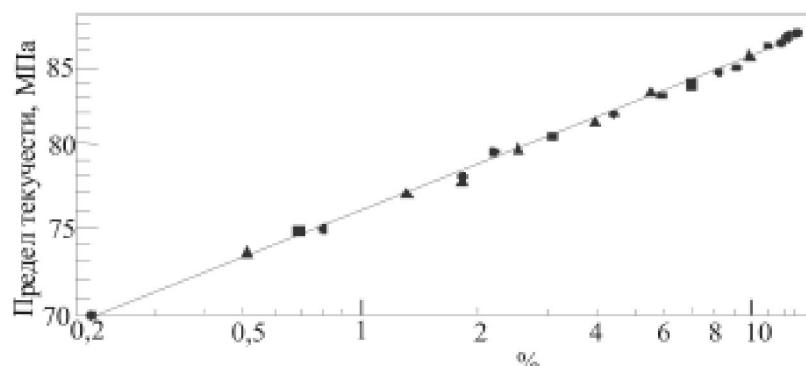


Рис. 1. Зависимость предела текучести алюминиевого сплава АД31 от величины накопленной пластической деформации

График в двойных логарифмических координатах имеет вид прямой линии, что соответствует данным [1-3]. Для описания этой зависимости применим степенное уравнение:

$$y_{02} = j e^{\eta},$$

где j – коэффициент; η – показатель степени.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о том, что в сплаве АД31 наблюдается ярко выраженный эффект деформационного упрочнения. Но в реальных условиях производства в процессе прессования профилей материал испытывает деформации сжатия. Поэтому, несмотря на литературные данные, свидетельствующие об одинаковости деформационного

поведения конструкционных материалов при растяжении и сжатии, предстояло провести экспериментальную проверку в условиях, максимально приближенных к рабочим.

Для этого была подготовлена и испытана партия образцов в условиях одноосного сжатия. Для имитации рабочих условий и с целью исключения образования бочкообразной формы при деформировании были использованы кольца с размерами: внутренний диаметр 20 мм, высота 20 мм. Испытания на сжатие проводились на экспериментальной установке со скоростью движения активного захвата, 0,5 мм/мин. При этом фиксировалась нагрузка при достижении заданной величины деформации.

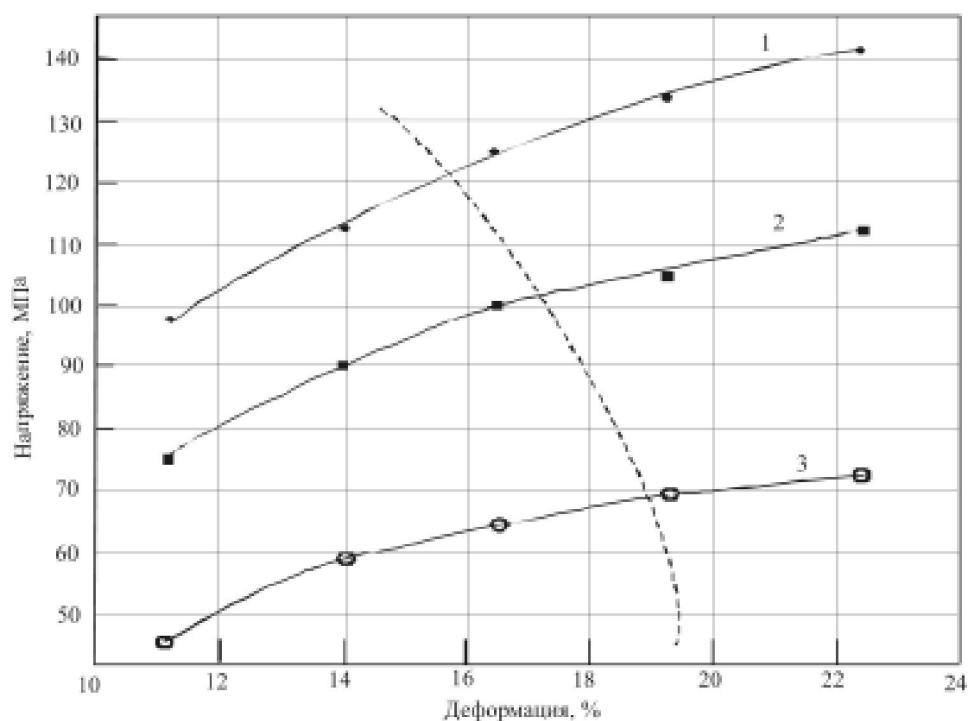


Рис. 2. Зависимость напряжения от величины деформации образцов из алюминиевого сплава АД31.
Обобщенный график. 1 — 20°C; 2 — 250 °C; 3 — 480 °C

В графическом виде результаты опытов показаны на рис. 2. Графики, построенные в простых координатах нелинейны, но этот рисунок дает наглядное представление о том, что с ростом температуры испытания в исследованном интервале деформаций сопротивление деформированию уменьшается. После механических испытаний образцы подвергались визуальному осмотру для определения состояния материала. Визуальный осмотр показал, что при деформации, равной 16,5% (при 20°C), на поверхности контакта образца с прессом наблюдается сетка, вероятно, свидетельствующая о появлении микротрещин.

При больших деформациях целостность образцов нарушалась. Они после выемки из кольца достаточно легко распадались на фрагменты. При температуре 250°C после деформации в 16,5% сетка микротрещин не наблюдалась, но после деформации, равной 19,2%, образец распадался на фрагменты. Несколько иная картина наблюдалась при 480°C. Сетка микротрещин появилась при деформации 19,2%, но образцы не распадались на фрагменты даже после 22,5%. Результаты визуального осмотра позволяют установить область безопасных деформаций. На

рис. 2 такая граница обозначена пунктирной линией. Левее этой линии вероятность развития микротрещин мала, и она уменьшается по мере движения влево от границы. Правее границы вероятность появления микротрещин и разрушения изделия близка к 1.

В работе [6] отмечалось, что после 25 часов старения в условиях одноосного растяжения образец разрушался при деформациях более 10%. С учетом того, что на сжатие образцы испытывались после гомогенизации, которая приводит к повышению пластичности, результаты испытаний по двум методикам практически совпадают.

Для дальнейшего анализа обозначим отношение $D/\Delta = l$, как коэффициент деформационного упрочнения при сжатии. Тогда величина l будет характеризовать изменение сопротивления деформации при прессовании. На рис. 3 показан график зависимости коэффициента деформационного упрочнения от температуры прессования.

График нелинейен, но недостаточное количество точек не позволяет построить его с большей точностью. Следует также отметить, что численные значения l усреднены для каждой температуры. Тем не менее, из рисунка 3 однозначно следует, что с ростом температуры

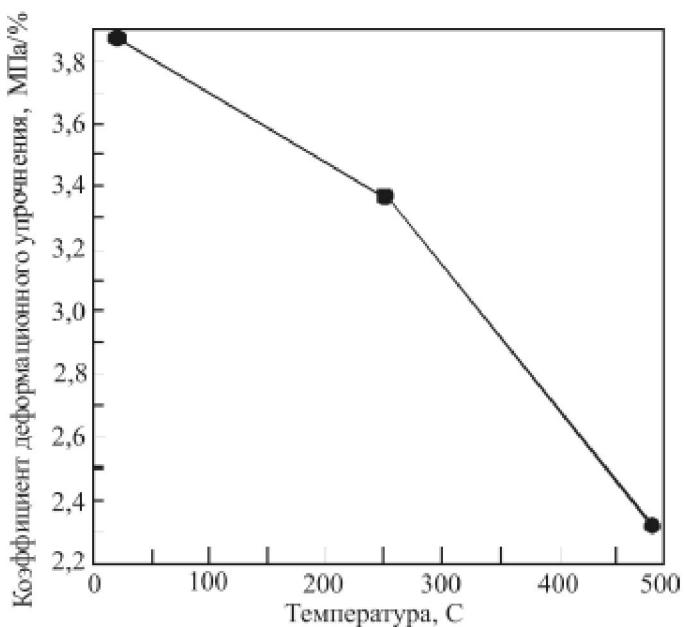


Рис. 3. Зависимость коэффициента деформационного упрочнения от температуры прессования

прессования эффект деформационного упрочнения падает.

Из сказанного можно сделать вывод о том, что прессование следует вести при как можно больших температурах. Но, следует иметь в виду, что после продавливания материала через матрицу, получаемое изделие быстро охлаждается, что ведет к его закалке и последующему старению. При этом эффект закалки тем выше, чем выше температура нагрева. С учетом этого следует искать оптимальную температуру прессования с учетом закалки и старения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дударев Е.Ф., Бакач Г.П., Грабовецкая Г.П., Колобов Ю.Р., Кашин О.А., Чернова Л.В. Деформационное поведение и локализация пластической деформации на мезо- и макромасштабном уровнях в субмикрокристаллическом титане // Физическая мезомеханика. Т. 4, № 1. С. 97-104.
2. Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Деформационное упрочнение алюминия и титана // Вестник КазАТК. 2008. № 3. С. 97-100.
3. Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Деформационное упрочнение и ползучесть ГЦК-металлов // Вестник КазАТК. 2008. № 4. С. 28-32.
4. Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Экспериментальное изучение деформационного упрочнения циркония и алюминиевого сплава САВ на неустановившейся стадии ползучести // Вестник КазНТУ им. К. Сатпаева. 2007. № 3(60). С. 151-153.
5. Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Влияние деформационного упрочнения на предел текучести на неустановившейся стадии ползучести при кратковременных испытаниях

с постоянной скоростью растяжения // Вестник КазАТК. 2008. № 1. С. 56-60.

6. Есырев П.Г., Чумаков Е.В., Сыздыкбеков Н.Т., Удербаева А., Ренасси Д., Гусейнов С.А., Ким С.М., Пономарев В.Г., Шитов В.В., Сидорова Р.М. Алюминий и его сплавы. Исследования деформируемого алюминиевого сплава АД31 на базе производства консорциума «АЛПРОФ». Алматы, 2010. 110 с.

Резюме

Жұмыс АД 31 алюминий қорытпасын қысыммен өндөу кезінде деформацияға беріктенуіне арналған. Тәжірибе нәтижелері бойынша деформацияға беріктенудің престеу температурасына байланысты тәуелділіктері көлтірілген. Қерсөтілгендей престеуді жоғары жылдамдықтарда жүргізу қажет. Өйткені материал ұқылышта сыйылғаннан кейін, алынған бұйым тез сұтылады. Бұның бәрі шынықтыруға және ары қарай ескіруіне әкеледі. Осыны ескере отырып шынықтыруды және ескіруді ескере отырып престеудің тиімді температурасын табу қажет.

Summary

Work is devoted deformation hardening of aluminium alloy AD31 at processing by pressure. By results of researches dependence of factor of deformation hardening on pressing temperature is established. It is shown that pressing should be conducted at as it is possible the big temperatures that after expression a material through a matrix, a received product quickly it is cooled, it conducts to its training and the subsequent ageing. Taking into account it is necessary to search for optimum temperature of pressing taking into account training and ageing.

УДК 621.771.237.02

КазНТУ им. К. И. Сатпаева,
г. Алматы

Поступила 3.06.10г.