

Удербоева А.Е.

ВЛИЯНИЕ УРОВНЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АД31

А.Е. Uderbaeva

INFLUENCE OF LEVELS OF PLASTIC DEFORMATION ON MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINIUM ALLOY АД31

УДК: 621.771.237.02

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.

Work is devoted deformation hardening of aluminum alloy АД31 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 продавливания a material through a matrix, a received product quickly it is cooled, it conducts to its training and the subsequent aging. Taking into account it it is necessary to search for optimum temperature of pressing taking into account training and aging.

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 (~ 0,55%) и кремний 0,7%). Известно, что в случае, когда в алюминиевых сплавах присутствует 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 рисунке 1.

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

$$\sigma_{02} = j \varepsilon^v$$

где j - коэффициент, v - 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 материала при растяжении и сжатии, предстояло провести экспериментальную проверку в условиях максимально приближенных к рабочим.

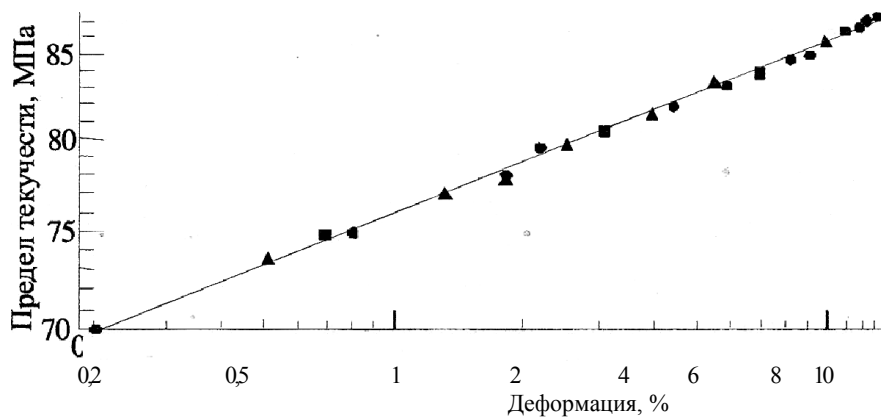
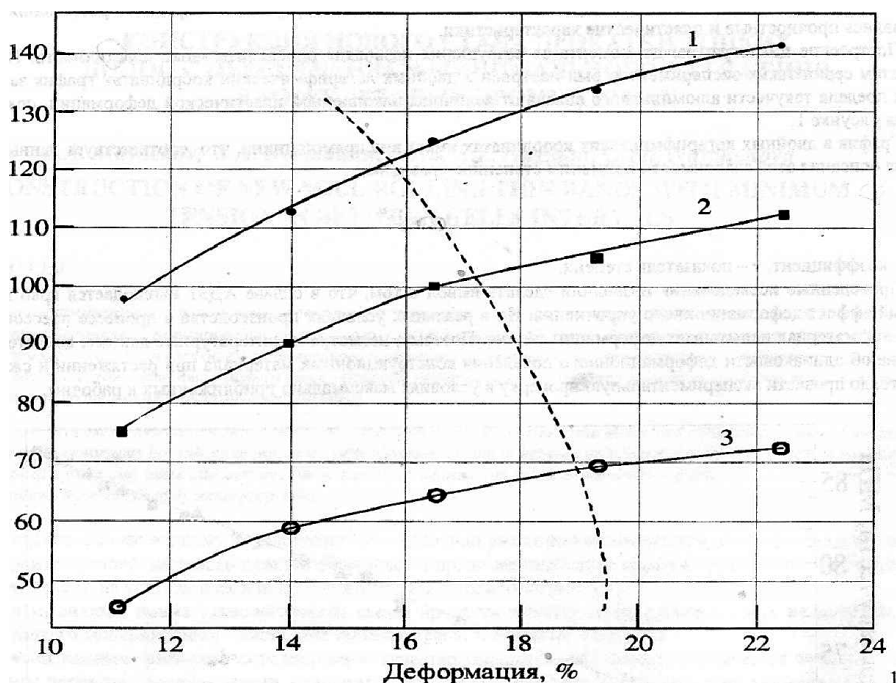


Рис. 1. Зависимость предела текучести алюминиевого сплава АД31 от величины накопленной пластической деформации

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.

В графическом виде результаты опытов показаны на рисунке 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 рисунке 2 такая граница обозначена пунктирной линией. Левее этой линии вероятность развитие микротрещин мала и она уменьшается по мере движения влево от границы. Правее граничной линии вероятность появления микротрещин и разрушения изделия близка к 1.



20°C, 2- 250°C, 3- 480°C.

Рис. 2. Зависимость напряжения от величины деформации образцов из алюминиевого сплава АД31. Обобщенный график

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 $\Delta\sigma/\Delta\varepsilon = \lambda$, как коэффициент деформационного упрочнения при сжатии. Тогда величина λ будет характеризовать изменение сопротивления деформации при прессовании. На рисунке 3 показан график зависимости коэффициента деформационного упрочнения от температуры прессования.

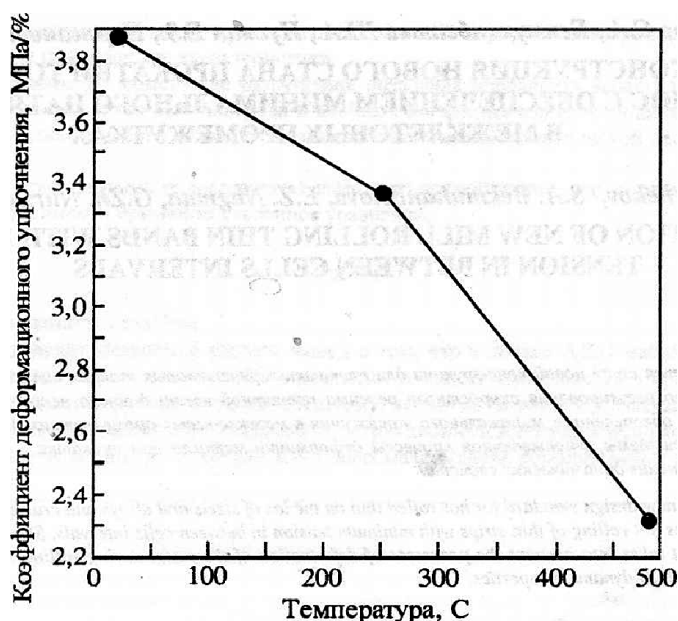


Рис. 3. Зависимость коэффициента деформационного упрочнения от температуры прессования

График нелинеен, но недостаточное количество точек не позволяет построить его с большей точностью. Следует также отметить, что численные значения λ усреднены для каждой температуры. Тем не менее, из рисунка 5 однозначно следует, что с ростом температуры 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 субмикроструктурном титане//Физическая мезомеханика. - Т.4.- № 1. - С.97-104.
2. Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. «Деформационное упрочнение алюминия и титана». - Алматы, «Вестник КазАТК», №3, 2008, С.97-100.
3. Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. «Деформационное упрочнение и ползучесть ГЦК-металлов». - Алматы, «Вестник КазАТК», №4, 2008, С.28-32.
4. Чумаков Е.В., Жансеркеева З.А. Экспериментальное изучение деформационного упрочнения циркония и алюминиевого сплава САВ на неустановившейся стадии ползучести. - Алматы, «Вестник КазНТУ им. К.Сатпаева» 3 (60), 2007, 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. - Алматы, «Вестник КазАТК», № 1, 2008, С. 56-60.
6. Есыров П.Г., Чумаков Е.В., Сыздыкбеков Н.Т., Удербасева А., Репасси 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.

Рецензент: академик НАН РК, д.т.н., профессор Байгунчечков Ж.Ж.