

*Удербаетва А.Е.*

## АЛЮМИНИЕВЫЙ СПЛАВ АД31 КАК КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОФИЛЕЙ

*A.E. Uderbaeva*

### ALUMINIUM ALLOY AD31 AS MATERIAL DESIGNS THE FOR MANUFACTURE OF PROFILES

УДК: 621.771.237.02

*В работе представлены результаты экспериментального исследования состояния алюминиевого сплава АД31, используемого для изготовления профилей различной сложности и целевого назначения. Показана неоднородность химического состава по объему литого прутка. Исследования методом оптической металлографии, гидростатического взвешивания, механические испытания образцов при одноосном растяжении выявили различия в среднем размере зерна, удельной плотности, пределе текучести и запасе пластичности алюминиевого сплава по объему.*

*In work results of an experimental research of a condition of the aluminum alloy AD31 used for manufacturing of profiles of various complexity and a special-purpose designation are presented. Heterogeneity of a chemical compound on volume cast prutka is shown. Researches by a method of an optical metallography, hydrostatic weighing, mechanical tests of samples at a monoaxial stretching have revealed distinctions on the average the size of grain, specific density, a limit of fluidity and a stock of plasticity of an aluminum alloy on volume.*

Повышение эффективности производства невозможно без совершенствования технологий, но их совершенствование невозможно без углубления знаний о природе конденсированных сред и влиянии на их свойства внешних факторов. По этой причине материаловедческое обеспечение выбора оптимальных технологий производства металлоизделий является важным с практической и научной точек зрения.

Что касается алюминия и алюминиевых сплавов, то диапазон использования этих материалов в промышленном производстве весьма широк. Их применяют в строительных конструкциях, судостроении, железнодорожном и автомобильном транспорте, нефтяном и химическом машиностроении, электротехнике и других.

Из всех легких металлов алюминий характеризуется наибольшим объемом производства, занимающим в мировой промышленности второе место после производства стали. Благодаря высокой деформационной способности алюминиевые сплавы широко используются при изготовлении самых разнообразных профилей. Но способность выдерживать высокие уровни деформаций практически полностью зависит от структуры материала, формирование которой начинается на самом первом этапе – плавке.

В связи с этим в работе представлены результаты исследований алюминиевого сплава, получаемого промышленным способом на одном из предприятий города Алматы. Отметим, что

этот сплав в дальнейшем идет на изготовление профилей разного назначения и сложности. На первом этапе производства, методом литья получают прутки диаметром 120 мм и 190 мм, длиной до 6000 мм. Пруток в виде схемы приведен на рисунке 1. Здесь же показаны места вырезки фрагментов, на которых проводились исследования. Один из фрагментов показан на рисунке 2. На схеме рисунка 2 использованы следующие обозначения: D – диаметр фрагмента прутка, h – высота фрагмента, b – ширина пластины. Из центральной части вырезались пластины.

В дальнейшем из этих и аналогичных им пластин были приготовлены образцы для комплексных исследований микроструктуры и механических свойств. Исследования методом оптической металлографии показали, что в структуре материала на всех трех отметках имеются мелкие включения, рисунок 3, которые идентифицированы не были.

Вначале исследований был проведен химический анализ состава сплава. Для получения более достоверных данных, анализ химического состава проводился двумя методами: на оборудовании завода АЛПРОФ – Финиш и рентгено-флюоресцентным методом. На рисунке 4 приведены графики, отражающие распределение ряда химических элементов в диаметральном направлении (по глубине прутка) в нижней части. Следует отметить, что графики не линейны и в первом приближении повторяют форму усадочной полости. Содержание таких элементов как кремний, марганец, железо, медь и ряд других снижается по мере движения от внешней поверхности к оси прутка. Также обращает на себя внимание высокое содержание кремния. Известно (смотри например [1]), что допустимое содержание кремния и железа в деформируемых алюминиевых сплавах не должно превышать 0.5%.

Из рисунка 4 видно, что для железа это условие соблюдено, а для кремния нет. Наличие в алюминиевых сплавах железа и кремния ведет к образованию фазы, представляющей собой тройное химическое соединение Fe – Fe – Si. Это соединение выделяется по границам зерен и снижает пластичность алюминия [1, 3]. Сказанное выше нашло подтверждение при изучении зеренной структуры с помощью оптического микроскопа. При увеличении в 100 раз было обнаружено, что по границам зерна действительно наблюдается зона, по внешним признакам соответствующая указанному химическому соединению.

**Сравнение результатов химического анализа** двумя методами показало хорошее соответствие полученных данных. Ниже в таблице показаны результаты анализа состава сплава рентгено-флюоресцентным методом. Исследовались образцы с глубины ~ 10 мм от поверхности.

Таблица 1

Результаты химического анализа сплава АД 31 после кристаллизации

Элемент / Фрагмент	Si, %	Fe, %	Cu, %	Mg, %
Низ	0.700	0.452	0.231	0.535
Середина	0.877(934)	0.483(0.449)	0.205(0.183)	0.596(0.540)
Верх	0.791	0.479	0.260	0.511

Для середины в скобках приведены данные, полученные на оборудовании предприятия АЛПРОФ.

Из приведенных данных следует, что структура сплава по своему химическому составу неоднородна по объему отливки. Наиболее вероятной причиной являются неодинаковые условия кристаллизации по объему в процессе разливки. Различия в тепловых потоках в радиальном направлении и по оси прутка приводят к разным временам кристаллизации и формированию разных по объему внутренних напряжений. Подтверждением сказанному является различие в среднем размере зерна по исследованному объему.

**Оптическая металлография.** В нижней части прутка средняя величина зерна составила 20-25 мкм, в средней 35-40 мкм и верхней 27-30 мкм при точности измерения ± 1%. Кроме различий по высоте прутка, было обнаружено различие в радиальном направлении. В сердцевинной части объема средняя величина зерна больше, чем в области, прилегающей к поверхности.

**Определение удельной плотности,  $\rho$ ,** проводилось методом гидростатического взвешивания образцов массой 3-4.2 грамм. В основе метода лежит закон Архимеда. Проведение взвешиваний образца на воздухе и в жидкости позволяло найти архимедову силу и вычислить удельную плотность. В качестве рабочей жидкости была использована дисциллированная вода. Точность взвешивания составляла ±0.005 мг. В итоге было определено:  $\rho_{низ} = 2.78 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{сред} = 2.67 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{верх} = 2.72 \text{ г/см}^3$ .

**Предел текучести  $\sigma_{0.2}$**  определялся из диаграмм, полученных при одноосном растяжении на плоских (нестандартных) образцах. По этой причине результаты этих испытаний следует рассматривать как предварительные оценочные. Температура испытаний 20°C. Данные по пределу текучести (низ, середина, верх соответственно)  $\sigma_{0.2 н} = 188,3 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{0.2 с} = 180,5 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_{0.2 в} = 182,2 \text{ МПа}$ . При этом запас пластичности составил 3,7% (низ), 5,2% (середина), 4,3% (верх). Полученные опытным путем данные говорят о том, что структура изготовленной отливки неравновесна,

соответствует закаленному состоянию с малым запасом пластичности.

Здесь же следует отметить, что в приведенных выше испытаниях не учитывался вклад процессов старения в формирование исследованных характеристик. Этот вопрос требует отдельного рассмотрения.



Рисунок 1 - Схема вырезки

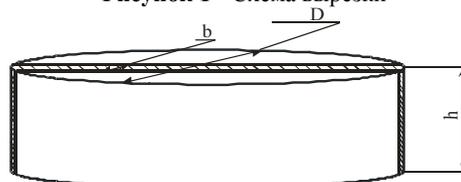


Рисунок 2 - Схема вырезки пластины

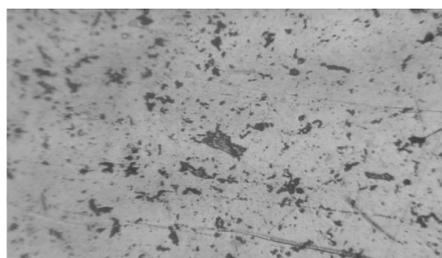


Рисунок 3 - Поверхность образца с мелкими включениями. Увеличение x100

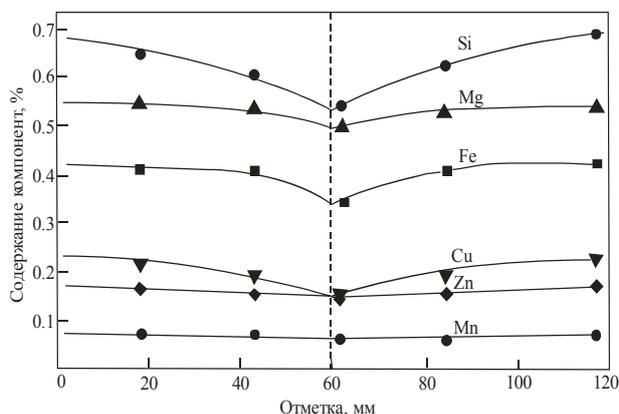


Рисунок 4 - Химический состав по глубине прутка

**Литература:**

1. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. *Материаловедение*. Химиздат, 2007, 484 с.
2. Фридляндер И.Н. *Алюминиевые деформируемые конструкционные сплавы*. М.: Металлургия, 1979, 208 с.
3. Золотаревский В.С., Новиков И.И., Истомин - Кастровский В.В., Орелкина Т.А. *Структура литых алюминиевых сплавов*. Сб. «Сплавы цветных металлов» (к 70 л. академ. А.А.Бочвара). «Наука», 1972. - С. 42-52.

**Рецензент:** д.т.н., профессор Саргужин М.К.