

<https://doi.org/10.51301/jemet.2024.i1.02>

Pressing and selection of deformation modes in a special device

A. Uderbayeva*, G. Smailova, M. Kerimzhanova, N. Arsalanova

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: a.uderbayeva@satbayev.university

Abstract. This article discusses the evolution of the microstructure of blanks at different stages of their manufacture. The possibility of obtaining strips with a fine-grained structure using pressing in a special device is also shown. The above studies establish that the formation of a homogeneous fine-grained structure with a grain size of about 6-17 microns is ensured in the material of the billet made of aluminum alloy AD31, which leads to an increase in the strength properties of the alloy and to the preservation of good plasticity. Various types of deformed semi-finished products are made from aluminum alloys, such as plates, sheets, tapes, foil panels, profiles, pipes, rods, forgings, wire. These semi-finished products are obtained by processing ingots of continuous casting by pressure - rolling, rolling, pressing, forging, stamping or drawing. Pressed semi-finished products are made from aluminum alloys in most cases. The paper considers studies of the evolution of the microstructure of blanks at different stages of their manufacture in several passes and shows the possibility of obtaining strips with a fine-grained structure using pressing in a special device. Also, studies have found that in the material of the billet made of aluminum alloy AD31, the formation of a homogeneous fine-grained structure with a grain size of about 6-17 microns is ensured, which leads to an increase in the strength properties of the alloy and to the preservation of good plasticity.

Keywords: aluminum alloy, product, structure, matrix, punch, pressing.

1. Введение

Характер течения алюминиевых сплавов имеет особенности, которые обусловлены их физическими свойствами. При прессовании таких сплавов в результате высокой адгезии к материалу инструмента, возникают значительные напряжения контактного трения. По своему значению эти напряжения максимально приближены к напряжениям сдвига. В итоге отмечаются неравномерности деформации, которые по величине отличаются в периферийных и центральных слоях заготовки. Прессуемые алюминиевые сплавы обладают высокими показателями теплопроводности, что позволяет при их прессовании назначать невысокие температуры деформации и, тем самым, обеспечивая малый нагрев инструмента и заготовки. При этом снижается неравномерность деформации по сечению и длине заготовки.

Прессование алюминиевых сплавов имеет особые режимы, связанные с составом данных сплавов. Так, низколегированные алюминиевые сплавы марок Д12, АВ высокопластичны, их можно прессовать с большими скоростями, обеспечивающими качество прессованных деталей. Для сплавов, относящихся к группе дюралюминов, характерна хорошая пластичность при высокой температуре. Данное свойство дает возможность прессовать изделия с низкими скоростями при регулировании температуры.

Хорошо прессуются изделия из сплавов системы АД31, АД33, АД35. При этом изделия, прессованные из этих материалов, приобретают высокие механические свойства и мелкую структуру зерен. Процесс прессования многих алюминиевых сплавов осуществляется при низких скоростях, что ведет к снижению производительности прессового оборудования.

Выбор температурно-скоростного режима прессования зависит от большого количества факторов, одним из которых является пластичность исходного материала, силовые возможности оборудования и прочностные свойства инструмента. На пластичность материала влияет температура, скорость, напряженное состояние и природа конкретного сплава. Соответственно все эти параметры определяются исходя из строения металла, его структуры, пористости и различных примесей.

Прессованные изделия, в том числе из алюминиевых сплавов, отличаются механическими свойствами и имеют особенности структуры, в отличие от других методов обработки металлов давлением (прокат, волочение). Микро- и макроструктура прессованных заготовок определяется неравномерностью деформации в процессе прессования. Известно, что микроструктура двухфазных сплавов сильно отличается от микроструктуры однофазных сплавов. Следует отметить, что одной из основных характеристик структуры любого сплава является размер зерна. На размер зерна влияет природа конкретного сплава, степень деформации и температура прессования. Увеличение степени деформации ведет к образованию мелких зерен в структуре сплава. А повышение температуры, наоборот, ведет к увеличению величины зерна. Также величина зерна зависит и от режимов прессования – скорости прессования и скорости охлаждения заготовки. Анализ микроструктуры заготовок, полученных методами прессования, показывает, что микроструктура материала различна по сечению и длине заготовки. Так, на переднем конце и в центре сечения прессованной заготовки наблюдается структура из крупных зерен, что характерно для литых изделий. Длина этой части прессованной заготовки не

превышает 1.5-2 диаметра сечения. Далее по длине заготовки наблюдается более равномерная структура зерна. Физическая природа формирования крупнозернистой структуры у алюминиевых сплавов до настоящего времени является центром исследований.

Отмечается, что такая структура зерен связана с повышенным содержанием железа в сплавах и, значительными по величине, местными деформациями.

Прессованные заготовки иногда могут иметь слоистую, древовидную структуру в местах излома. Структура, названная шиферным изломом, вызывает появление трещин и уступов на поверхности прессованных изделий. Соответственно такие трещины ухудшают механические свойства прессованных заготовок в поперечном направлении, понижают относительное удлинение и ударную вязкость. Основной причиной появления такого излома считается то, что в строении сплавов имеются прослойки с различной пластичностью, ориентированные по направлению течения металла. Причинами шиферного излома в алюминиевых сплавах являются наличие в сплавах окисленных пленок и частиц с нерастворенными интерметаллическими соединениями. Также при получении заготовок из алюминиевых сплавов прессованием возникает пресс-эффект. Эффект связан со структурной неоднородностью заготовок, полученных прессованием. Данное явление связано с наличием в сплавах таких элементов как Mn, Zr, Cr, которые имеют уменьшенную растворимость в твердом состоянии при высоких температурах и узкий интервал кристаллизации на диаграмме состояния алюминия.

Уникальный набор свойств изделий из алюминиевых сплавов, широко применяющихся в различных областях промышленности, привел к строительству заводов по производству строительных материалов, при этом значительная доля полуфабрикатов приходится на прессованную продукцию. Поэтому весь прогресс в области прессовых производств связан, в основном, с развитием и совершенствованием технологической подготовки, обеспечивающей повышение механических свойств [1,2].

Большой практический интерес с точки зрения простоты, обеспечения заданных свойств и снижения себестоимости изделий представляет собой управление структурой путем регулирования температурно-деформационных режимов обработки. Связь между температурно-деформационными режимами обработки давлением и образующейся структурой отражена в диаграммах структурных состояний (ДСС), разработанных специалистами Всероссийского института легких сплавов под руководством Ю.М. Вайнבלата и С.С. Горелика [3-5].

Вследствии определения необходимых режимов обработки является сложной задачей, связанной с техническими трудностями при получении данных о распределении напряженно-деформированного состояния и температуры в очаге деформации обрабатываемой заготовки.

Таким образом, исследования, направленные на совершенствование технологии обработки для производства заготовок прессового производства с целью повышения качества профилей, являются актуальными до сих пор [6,7].

2. Материалы и методы

Большинство алюминиевых профилей изготавливают из сплавов, основными легирующими элементами кото-

рых являются магний и кремний. Такие сплавы термически упрочняемы, значит обладают способностью повышать свою прочность в результате термической обработки. Исходный продукт – слитки из алюминиевого сплава. Применяется заготовка, полученная методом разрезания цилиндрического столба на части. До подачи заготовки на пресс, осуществляется нагрев заготовки и матрицы до определенной температуры. Сплав АД31 обладает повышенной пластичностью, коррозионной стойкостью и хорошими технологическими свойствами. Из сплава изготавливают разнообразные детали, в том числе детали для электротехнической отрасли. Сплав тройной системы Mg-Al-Si. Марганец характеризует коррозионную стойкость сплава. Механические свойства материала зависят от его термической обработки, которая повышает прочность и твердость сплава. Для термической обработки применяется высокотемпературная закалка, после которой заготовка подвергается естественному или искусственному старению. Температура закалки достигает 530⁰, такая температура позволяет повысить предел прочности на разрыв материала до 40%. Детали, изготовленные из сплава, могут работать в водных растворах, в агрессивных средах (кислотах, органических веществах), при атмосферных условиях в результате того, что на поверхности образуется прочная оксидная пленка. Основной вид деталей относится к различным профилям, широко применяемым в строительной индустрии. Также хорошо материал зарекомендовал при изготовлении тары для пищевых продуктов, в основном, консервной.

Известны следующие методы прессования изделий из алюминиевых сплавов: прямое прессование профилей сплошного и полого сечений без смазки, прессование с различным сочетанием движения контейнера и металла, прессование со смазкой, полунепрерывное и непрерывное прессование, многоканальное прессование, прессование полых профилей со сваркой, прессование изделий с изменяющимся поперечным сечением по длине заготовки. При прессовании профилей сложной формы возникает неравномерность деформации. Эта неравномерность проявляется, когда заготовка имеет круглую форму, а пресс-изделие широкий и низкий прямоугольник. Основным способом снижения неравномерности деформации является сближение формы поперечного сечения заготовки и пресс-изделия.

На качество получаемых различными методами прессованных заготовок значительное влияние оказывает прессовый инструмент. Прессовый инструмент изнашивается в процессе эксплуатации под воздействием температуры, силовых и абразивных нагрузок. Иногда именно инструмент является ограничивающим фактором при прессовании изделий. К таким инструментам относятся матрицы различных конфигураций, контейнеры, пресс-шайбы, иглы и оправки. До последнего времени для повышения жесткости и уменьшения упругих изменений размеров, стремились увеличить массивность матриц. При этом жесткие матрицы вели к снижению стабильности геометрических параметров прессованных изделий. В настоящее время чаще применяют несколько иную технологию изготовления матриц. При этом толщину матрицы уменьшают, а подкладку в матричном комплекте делают массивной. Такая конструкция матричного комплекта позволяет изготавливать саму матрицу из инструментальной стали, а подкладку из менее

дорогостоящих материалов. Однако, применение такого комплекта при массовом изготовлении профилей требует дальнейших исследований. Одним из инструментов прессовых операций, является пресс-шайба, воспринимающая максимальное давление пресса при температуре нагретой заготовки. Хотя пресс-шайбы строго рассчитываются по напряжениям смятия и сжатия, в процессе их эксплуатации появляются растрескивание, разупрочнение и деформации кромок. Для различных методов прессования изделий из легких сплавов, при изготовлении прессового инструментария применяют инструментальные стали при температуре прессования не выше 500°C. А при температуре прессования около 100°C и выше используют жаропрочные стали на никелевой основе. К современным инструментальным материалам процессов прессования предъявляются высокие требования. К таким требованиям относятся требования высоких прочностных характеристик при различных температурах деформации, отсутствие хрупкости, достаточные теплопроводность и прокаливаемость, максимальная теплопроводность, износостойкость. Также эти материалы должны обладать обрабатываемостью при их размерной обработке и относительно невысокой стоимостью. Если раньше заготовки для изготовления прессового инструмента поставлялись в виде поковок, то в последние годы инструмент чаще изготавливают из литых заготовок. Связано с коэффициентом использования материала. Более 50% материала поковок уходило в отход. Уровень же механических свойств и структура литых заготовок приближены к свойствам деформированного металла. Такой метод изготовления заготовок позволит отходы, связанные с отработавшим инструментом, вновь отправлять на переплавку. Помимо таких подходов чаще стали использовать различные способы нанесения защитных покрытий на матрицы прессового оборудования. К химико-термическим способам обработки матриц относятся цементация, борирование, азотирование и диффузионное хромирование рабочих поверхностей. Актуальным остаются вопросы обеспечения качества прессованных заготовок и пресс-изделий. На точность размеров прессованных изделий оказывают влияние большое количество факторов. Правильность расчета и определения исполнительных размеров инструмента- матриц, абразивный износ элементов матрицы, сложность конфигурации сечения профилей, температурно-скоростные и технологические режимы процесса прессования. Также влияют технология изготовления и эксплуатации прессового инструмента, конструкции прессовых устройств и оборудования.

Сохранение высокого качества поверхности производимых профилей является сложной задачей. Решение ее направлено на механизацию и автоматизацию как процесса прессования, так и транспортирования пресс-изделий. Получение равномерной мелкозернистой структуры прессованного изделия соответствует высоким прочностным свойствам, характерным данному составу сплавов.

Особенностью сплавов на основе системы Al-Mg-Si является повышенная деформируемость при обработке давлением по сравнению с равнопрочными алюминиевыми сплавами других систем. При прокатке Al-Mg-Si -сплавы допускают большие степени обжатия (до 50-60% за один проход). В целом по технологичности при

прокатке сплавы типа АВ, АД31, АД33 соответствуют сплаву АМг3. Данные сплавы легко подвергаются штамповке и ковке, причем обработка может проводиться в широком интервале температур (350-550°C). Наиболее благоприятен температурный интервал обработки давлением 380-420°C, который и используют на практике. Причинами повышенной деформируемости Al-Mg-Si сплавов при обработке давлением служат низкое сопротивление деформации и высокая пластичность в широком интервале температур.

Повышение температуры нагрева слитков перед прессованием, приводит к заметному увеличению термической стабильности полигонизованной структуры профилей из алюминиевого сплава.

Одной из причин увеличения сопротивления полигонизованной структуры рекристаллизации при повышении температуры нагрева слитков перед прессованием является укрупнение субзерен и соответствующее снижение накопленной энергии – движущей, силы рекристаллизации. Кроме того, необходимо учитывать, что повышению сопротивления рекристаллизации деформированных полуфабрикатов при повышении температуры прессования способствует дополнительный распад пересыщенного твердого раствора марганца и циркония в алюминии.

Гомогенизационный отжиг слитков при 500°C в течение 2 ч не обеспечивает полного распада пересыщенного твердого раствора переходных металлов и при последующем нагреве слитков под прессование и особенно во время прессования при одновременном воздействии высокой температуры и деформации происходит дальнейший распад пересыщенного твердого раствора с образованием дисперсных частиц интерметаллидов, содержащих переходные металлы. Среднее расстояние между частицами уменьшается и сопротивление полигонизованной структуры рекристаллизации возрастает. Это дополнительно стабилизирует полигонизованную матрицу.

С повышением скорости истечения увеличивается интенсивность выделения деформационного тепла и температура профилей на выходе их из матрицы повышается, если при этом в прессованных полуфабрикатах сохраняется полигонизованная структура, то ее термическая стабильность возрастает. Наиболее четко эта закономерность проявляется при низких температурах нагрева слитков перед прессованием.

Повышение скорости истечения при прессовании слитков из алюминиевого сплава, нагретых до 250°C, обуславливает значительное увеличение сопротивления рекристаллизации полигонизованной матрицы. Изменение скоростей истечения при прессовании слитков, нагретых до 350-500°C, слабо влияет на термическую стабильность полигонизованной структуры. Замеры температуры профилей на выходе их из очага матрицы в зависимости от скоростей прессования показали, что при нагреве слитков перед прессованием до низких температур (200-300°C) увеличение скорости истечения приводит к значительному повышению температуры прессованных профилей, в то время как при нагреве слитков до высоких температур (400-500°C) температура материала во время прессования при повышении скорости истечения повышалась меньше.

Качество прессованных полуфабрикатов определяется структурой металла, уровнем и равномерностью распределения физико-механических свойств по длине и сечению изделия, а также количеством внутренних поверхностных дефектов. Структура пресс-изделий отличается большим разнообразием, поэтому одной из главных задач по управлению структурой является выявление основных закономерностей, позволяющих прогнозировать получение заданной структуры. Изменяя технологические режимы прессования можно получить широкую гамму структур в изделии: от полигонизованной до полностью рекристаллизованной.

Непрерывнолитые слитки обладают крупнозернистой первичной структурой и достаточно хорошей пластичностью в зоне высоких температур, и для измельчения первичной структуры требуется металлургические методы и способы обработки материалов давлением.

Вследствие высокой скорости охлаждения, процессу непрерывного литья, кристаллизация алюминиевых слитков происходит в неравновесном виде: диффузия в твердой фазе в значительной мере подавлена, что приводит к резко выраженной дендритной (внутрикристаллитной) ликвации, т. е. к неоднородности по химическому составу.

Существующие в настоящее время технологические процессы получения прессованных изделий с соответствующим качеством характеризуются высокой трудоемкостью, низкой производительностью, большими материальными затратами и требуют использования сложного по конструкции оборудования. Поэтому для создания оптимальных технологических процессов необходимо исследовать процесс самого прессования, термообработки и предварительной деформации с учетом деформированного состояния металла и определить основные критерии, позволяющих качественно спроектировать технологию прессования и переходы подготовки структур.

В работе представлены результаты научных исследований по совершенствованию технологии производства прессованных профилей, позволяющих повысить качество продукции. Это позволяет производство профилей из алюминиевого сплава АД31, учитывая состояния механических свойств после старения, гомогенизирующего отжига и деформационного упрочнения, возможности применения крестообразной установки новой конструкции.

В работе используется равноканальная ступенчатая крестообразная матрица для получения полуфабрикатов с мелкозернистой структурой. Полное описание работы этой равноканальной ступенчатой крестообразной матрицы рассмотрено в работах ряда авторов.

В работе использовался – сплав алюминия АД31 заготовка с размерами Ø50×100 мм. Химический состав сплава приведен в таблице 1.

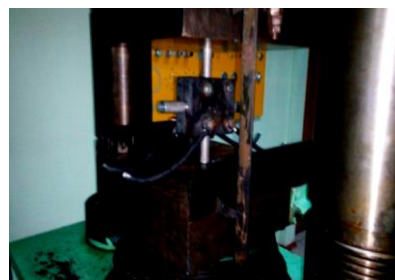
Таблица 1. Химический состав алюминиевого сплава АД31

Содержание легирующих элементов, масс. %					
Mg	Si	Cu	Mn	Cr	Fe
0.45	– 0.41–	0.001	– 0.001	– 0.001	– 0.18
0.50	0.48	0.015	0.01	0.003	0.21

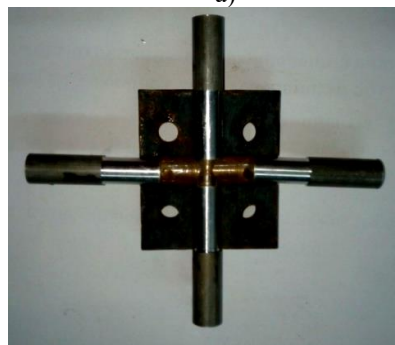
Прессование в специальном устройстве (рисунок 1) осуществляли по следующим режимам:

- нагрев до температуры 350°C, выдержка 2 ч, прессование двумя проходами в специальном устройстве, подогрев при температуре 350°C, выдержка 30 мин, прессование двумя проходами в специальном устройстве;

- нагрев до температуры 350°C, выдержка 2 ч, прессование четырьмя проходами в специальном устройстве, подогрев при температуре 350°C, выдержка 30 мин, прессование в специальном устройстве четырьмя проходами.



а)



б)

Рисунок 1. Специальное устройство (а) и оснастка (б) для прессования алюминиевых сплавов

Металлографический анализ был проведен с использованием энергодисперсного спектрометра JNCA ENERGY (Великобритания), установленного на электронно-зондовом микроанализаторе JEOL. Принцип работы микроанализатора в следующем: высокоэнергетический узкий (1мкм) луч электронов направляется на образец, сканируя. При этом происходит регистрация вторичных электронов, испускаемых образцом. Полученная картинка очень похожа на оптические фото, однако за счет того, что луч электронов весьма тонкий (примерно 1-2 мкм), глубина фокуса значительно выше, чем у оптических фото, а используемое увеличение значительно выше, соответственно, удастся различать более мелкие структурные составляющие образца.

Количественный анализ параметров дефектной субструктуры производился по стандартным методам. Шлифы под металлографическое исследование подготавливались по традиционной методике на шлифовальных и полировочных кругах. При травлении образцов использовался концентрированный раствор азотной кислоты в этиловом спирте. Величину зерна (D_z , мкм) определяли методом секущих (по измерению ~300 зерен) в предположении, что зерна имеют

сферическую форму, исходя из величины средней хорды (X) по формуле: $D_3 = 4/\pi \cdot X_{\text{средн}}$.

Механические испытания образцов на растяжение производились на универсальной испытательной машине Instron-5882. На основании испытания образцов при комнатной температуре оценивался предел текучести ($\sigma_{0.2}$), предел прочности (σ_B) и относительное удлинение (δ) по методикам, представленным в ГОСТ 1497-84.

Перед испытаниями на растяжение образцы подвергались термообработке (ТО), включающей закалку и последующее старение. Температура нагрева под закалку составила 450°C, выдержка при данной температуре 2ч, охлаждение производилось в масле. Старение осуществлялось при температуре 120°C в течении 5ч.

В исходном состоянии заготовка из сплава АД31 имела неоднородную микроструктуру из крупных нерекристаллизованных зерен со средним размером ~287 мкм в продольном и ~291 мкм в поперечном направлениях, и расположившихся по их границам мелких зерен размером ~31-36 мкм.

3. Результаты и обсуждение

Исследования структурного состояния сплава АД31 после прессования в специальном устройстве двумя проходами показывает, что в сечении, перпендикулярном плоскости прессования, формируется микрополосовое структурное состояние (рисунок 2а). При этом, повышается плотность внутризеренных дислокаций, образуются полосы сдвига шириной до 33 – 39 мкм. Деформация в виде полос сдвига происходит преимущественно внутри больших зерен. Ширина микрополос с малоугловыми границами может меняться от трех микрон до восьми мкм при наиболее вероятных значениях около пяти мкм [8].

Подогрев заготовок до температуры 350°C и прессование их в специальном устройстве двумя проходами привело к дополнительному измельчению и формированию зеренно-субзеренной структуры в алюминиевом сплаве АД31. Размер отдельных зерен достигали 22-34 мкм (рисунок 2, б).

Прессование в специальном устройстве с четырьмя проходами (режимы 2) приводило к уменьшению ширины микрополос, происходило образование более тонких полос сдвига на границах исходных широких микрополос (рисунок 3, а). После прессования четырьмя проходами в поперечном сечении заготовки формировалась ярко выраженная полосовая структура с расстоянием между границ, не превышающим 11-21 мкм при наиболее вероятных значениях 15-17 мкм (рисунок 3, а). Деформирование четырьмя проходами в специальном устройстве заготовок подогретых при температуре 350°C (режимы 2) привело к формированию в продольном и поперечном сечении заготовки однородной и равноосной структуры (рисунок 3, б). При этом видно, что происходит дальнейшее измельчение зеренно-субзеренной структуры [9].

В результате прохождения разупрочняющих процессов в металле заготовки формируется рекристаллизационная структура по всему объему прессуемой заготовки с средним размером зерен около 6-

17 мкм. В приграничных областях зерен образуются большеугловые границы. Плотность дислокаций очень высокая и по изображениям структуры подсчитать ее величину не представилось возможным. Таким образом, после прессования четырьмя проходами в поперечном сечении заготовки формируется мелкозернистая структура (рисунок 3, б).

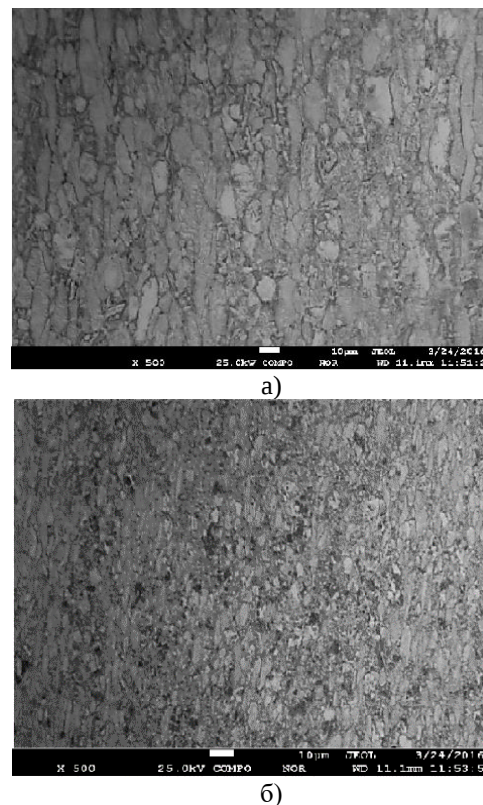


Рисунок 2. Микроструктура сплава АД31 после прессования в специальном устройстве: а – после двух проходов; б – после четырех проходов

Можно предположить, что с ростом степени деформации на последующих проходах прессования в специальном устройстве измельчение структуры происходит не только благодаря двойникованию, но также формированием ячеистых субструктур в результате развития процессов скольжения дислокаций.

Таким образом, при прессовании в специальном устройстве действие знакопеременных механизмов деформации обеспечивает фрагментацию и переориентацию кристаллической решетки. При этом в поперечном направлении заготовки с высокой плотностью формируются большеугловые границы [10].

Результаты оценки параметров прочности и пластичности сплава АД31, после прессования в специальном устройстве, а также термообработки приведены в таблице 2.

Известно, что в сплаве АД31 на границах зерен выделяются фаза Mg_2Si . Поэтому, на прочностные свойства ультрамелкозернистых материалов могут оказывать воздействие не только средний размер зерен, но и природа, размер и распределение дисперсных частиц.

Исходный сплав и сплав, деформированный четырьмя проходами в специальном устройстве (режимы 1), показывает более низкие показатели прочности и

пластичности, нежели после прессования с восемью проходами в специальном устройстве.

Сплав АД31 после прессования в специальном устройстве 8 проходами (режим 2) показывает наиболее высокие механические свойства. Это зависит от оптимального сочетания структурного упрочнения, связанного с размером зерен, а также дисперсионного упрочнения, связанного, главным образом, с когерентными частицами Mg_2Si фазы в теле зерен [11].

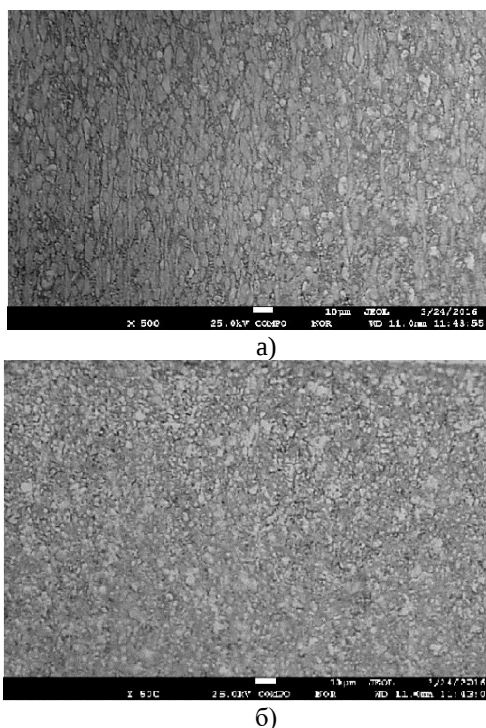


Рисунок 3. Микроструктура сплава АД31 после прессования: а – после четырех проходов; б – после восьми проходов

Таблица 2. Механические свойства сплава АД31 (при комнатной температуре) после прессования в специальном устройстве

Состояние сплава АД31	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
вдоль направления прессования			
Исходный образец	90	170	20.1
Прессование в специальном устройстве с 4 проходами	103	201	28.7
Прессование в специальном устройстве с 8 проходами	107	216	29.5
поперек направления прессования			
Исходный образец	91	176	21.1
Прессование в специальном устройстве с 4 проходами	102	206	29.2
Прессование в специальном устройстве с 8 проходами	112	221	32.7

4. Выводы

Результаты исследования эволюции микроструктуры заготовок на разных стадиях их изготовления показали возможность получения полос с мелкозернистой структурой, используя прессование в специальном устройстве. Также исследованиями установлено, что в материале заготовки из алюминиевого сплава АД31 обеспечивается формирование однородной мелкозернистой структуры с размером зерна около 6-17 мкм, что приводит к повышению прочностных свойств сплава и к сохранению хорошей пластичности.

References / Литература

- [1] Hatch, J.E. (1984). Aluminum: properties and physical metallurgy. Aluminum Association, & American Society For Metals
- [2] Antipov, V.V., Klochkova, Ju.Ju. & Romanenko V.A. (2017). Sovremennye aluminievye i aluminij-litievye сплавы. Aviacionnye materialy i tehnologii, (S), 195-211. <https://doi.org/10.18577/2071-9140-2017-0-S-195-211>
- [3] Ber, L.B. (2014). Zakonomernosti formirovaniya struktury v deformirovannyh polufabrikatah iz aluminievyyh spлавov. Tehnologija legkih spлавov, (1), 5-31
- [4] Loginov, Ju.N., Degtjarjova, O.F. (2007). Vlijanie skorosti deformacii na jeffekt strukturnogo uprochnenija presso-vannyh trub iz aluminievogo сплава. Tehnologija legkih spлавov, (4), 123-127
- [5] Court, S., Gatenby, K. & Lloyd, D. J. (2001). Factors affecting the strength and formability of alloys based on Al-3 wt.% Mg. Materials Science and Engineering: A, 319-321, 443-447. [https://doi.org/10.1016/s0921-5093\(00\)02018-9](https://doi.org/10.1016/s0921-5093(00)02018-9)
- [6] Yoshiharu Hasegawa, Tomohiko Nakamura, Masaaki Kawakubo, Naoki Yamashita & Tatsuya Hikida. (2010). Aluminum alloy extruded product for heat exchangers and method of manufacturing the same. Retrieved from: <https://patents.justia.com/assignee/sumitomo-light-metal-industries?page=3>
- [7] Gubicza, J., Chinh, N. Q., Horita, Z. & Langdon, T. G. (2004). Effect of Mg addition on microstructure and mechanical properties of aluminum. Materials Science and Engineering: A, 387-389, 55-59. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2004.03.076>
- [8] Lezhnev, S.N., Kurapov, G.G., Volokitin, A.V., Volokitina, I.E. & Uderbaeva, A.E. (2017). Jevoljucija mikrostruktury stali pri sovmeshhennom processe «pressovanie-volochenie». Doklady NAN RK, 2, 103-109
- [9] Arild Holm Clausen, Tore Børvik, Odd Sture Hopperstad, & Benallal, A. (2004). Flow and fracture characteristics of aluminum alloy AA5083-H116 as function of strain rate, temperature and triaxiality. Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing, 364(1-2), 260-272. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2003.08.027>
- [10] Loginov, Ju.N. & Illarionov, A.G. (2015). Discontinuity of amg6 aluminum alloy extruded tube structure. Izvestija Vysshih Uchebnyh Zavedenij, 6, 35. <https://doi.org/10.17073/0021-3438-2013-6-35-40>
- [11] Marshall, G.J. (2001). WO2000052219A1 - Aa6000 aluminium sheet method. Retrieved from: <https://patents.google.com/patent/WO2000052219A1/zh>

Арнайы құрылғыдағы деформациялық режимдерді басу және таңдау

А. Удербаева*, Г. Смаилова, М. Керимжанова, Н. Арсаланова

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: a.uderbayeva@satbayev.university

Андатпа. Бұл мақалада дайындамалардың микроқұрылымының оларды өндірудің әртүрлі кезеңдеріндегі эволюциясы қарастырылады. Сондай-ақ, арнайы құрылғыда престоуді қолдана отырып, ұсақ түйіршікті құрылымы бар жолақтарды алу мүмкіндігі көрсетілген. Жоғарыда келтірілген зерттеулер АД31 алюминий қорытпасынан жасалған дайындаманың материалында шамамен 6-17 мкм түйіршік мөлшері бар біртекті ұсақ түйіршікті құрылымның қалыптасуы қамтамасыз етілетіні анықталды, бұл қорытпаның беріктік қасиеттерінің жоғарылауына және жақсы икемділіктің сақталуына әкеледі. Алюминий қорытпаларынан плиталар, парақтар, таспалар, фольга панельдері, профильдер, құбырлар, штангалар, соғу, сым сияқты деформацияланған жартылай фабрикаттардың әртүрлі түрлері жасалады. Бұл жартылай фабрикаттар құймаларды үздіксіз қысыммен өңдеу арқылы жасалады-илемдеу, илектеу, престоу, соғу, штамптау немесе тарту. Алюминий қорытпаларынан көп жағдайда престелген жартылай фабрикаттар жасалады. Жұмыста дайындамалардың микроқұрылымының эволюциясын оларды дайындаудың әртүрлі кезеңдерінде бірнеше өту арқылы зерттеу қарастырылады және арнайы құрылғыда престоуді қолдана отырып, ұсақ түйіршікті құрылымы бар жолақтарды алу мүмкіндігі көрсетілген. Сондай-ақ, зерттеулер көрсеткендей, АД31 алюминий қорытпасынан жасалған дайындама материалында шамамен 6-17 мкм дән мөлшерінде біртекті ұсақ түйіршікті құрылымның қалыптасуы қамтамасыз етіледі, бұл қорытпаның беріктік қасиеттерінің жоғарылауына және жақсы икемділіктің сақталуына әкеледі.

Негізгі сөздер: алюминий қорытпасы, өнім, құрылым, матрица, соққы, басу.

Прессование и выбор деформационных режимов в специальном устройстве

А. Удербаева*, Г. Смаилова, М. Керимжанова, Н. Арсаланова

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: a.uderbayeva@satbayev.university

Аннотация. В данной статье рассматривается эволюция микроструктуры заготовок на разных стадиях их изготовления. Также показана возможность получения полос с мелкозернистой структурой, используя прессование в специальном устройстве. Приведенными исследованиями устанавливается, что в материале заготовки из алюминиевого сплава АД31 обеспечивается формирование однородной мелкозернистой структуры с размером зерна около 6-17 мкм, что приводит к повышению прочностных свойств сплава и к сохранению хорошей пластичности. Из алюминиевых сплавов изготавливают различные виды деформированных полуфабрикатов, таких как плиты, листы, ленты, фольгу, панели, профили, трубы, прутки, поковки, проволока. Эти полуфабрикаты получают путем обработки слитков непрерывного литья давлением – прокаткой, раскаткой, прессованием, ковкой, штамповкой или волочением. Из алюминиевых сплавов в большинстве случаев изготавливают прессованные полуфабрикаты. В работе рассматриваются исследования эволюции микроструктуры заготовок на разных стадиях их изготовления в несколько проходов и показана возможность получения полос с мелкозернистой структурой, используя прессование в специальном устройстве. Также исследованиями установлено, что в материале заготовки из алюминиевого сплава АД31 обеспечивается формирование однородной мелкозернистой структуры с размером зерна около 6-17 мкм, что приводит к повышению прочностных свойств сплава и к сохранению хорошей пластичности.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, изделие, структура, матрица, пуансон, прессование.

Received: 07 November 2023

Accepted: 16 March 2024

Available online: 31 March 2024