

УГЛОВОЕ ПРЕССОВАНИЕ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПРЕССЕ

Головко А.Н.*, Данченко В.Н.*, Краузе К.*, Бах Фр.-В.*****

(НМетАУ, г. Днепрпетровск,*

*** Ганноверский университет им. Лейбница, г. Ганновер)*

Рассмотрены различные способы углового прессования магниевых сплавов на горизонтальном гидравлическом прессе усилием 10 МН: равноканальное с поворотом потока металла на 90° и на 45-90-90-45°, а также с 4-кратным поворотом на 90° и обжатием по диаметру. Проведен анализ изменения структуры металла.

Угловое прессование, как правило равноканальное (без изменения площади поперечного сечения изделия), может быть успешно применено для измельчения зерна и улучшения механических свойств обрабатываемого металла. Технологическим параметрам равноканального углового прессования (далее ЕСАЕ) и влиянию их на свойства и структуру изделий из различных металлов посвящены различные работы, например [1-3].

Целью настоящей работы является определение возможности улучшения структуры заготовки из магниевых сплавов MgCa_{0,8} и AZ31 с помощью углового прессования. Наиболее подробно возможность применения ЕСАЕ для магниевых сплавов проанализирована Я. Лассом. В его работе [4] канал в прессовом инструменте имел квадратное сечение 30×30 мм, поворот канала на 90° с радиусом закругления на внешней стороне, равным стороне квадрата. Однако, в работе [5] на основании моделирования МКЭ формоизменения при таком же процессе показано, что радиус должен быть минимальным. В экспериментальных исследованиях [4] прессование проводилось в 2 и в 4 прохода, с поворотом заготовки вокруг продольной оси на 90 и 180°. Температура заготовки из сплава AZ31 составляла 310 и 330°. К сожалению, в работе [4] отсутствует анализ связи параметров процесса ЕСАЕ и структуры полученного металла. Показано, что применение заготовки, прошедшей ЕСАЕ, позволяет снизить напряжение текучести при температурах 230...320°С на 35-54% и силу при прямом прессовании на 15%.

В представленных ниже исследованиях проводили равноканальное угловое прессование с использованием двух типов матриц и прессование с совместным поворотом потока металла и обжатием по сечению. Эксперименты выполнены на прессе усилием 10 МН Ганноверского университета. Внутренний диаметр втулки контейнера 125 мм. Номинальный диаметр заготовки 120 мм, длина 260...300 мм.

1. Равноканальное угловое прессование сплава MgCa0,8 с прямым истечением.

Для равноканального углового прессования сконструирован инструмент, в котором поток металла поворачивается 4 раза – на 45-90-90-45° (рис. 1). Диаметр изделия на выходе – 100 мм. Инструмент устанавливается на место матричного комплекта в салазковом матрицедержателе между контейнером и передней поперечиной. Преимуществом предлагаемого инструмента является то, что выход металла происходит в отверстие передней поперечины, как и при обычном прямом прессовании.

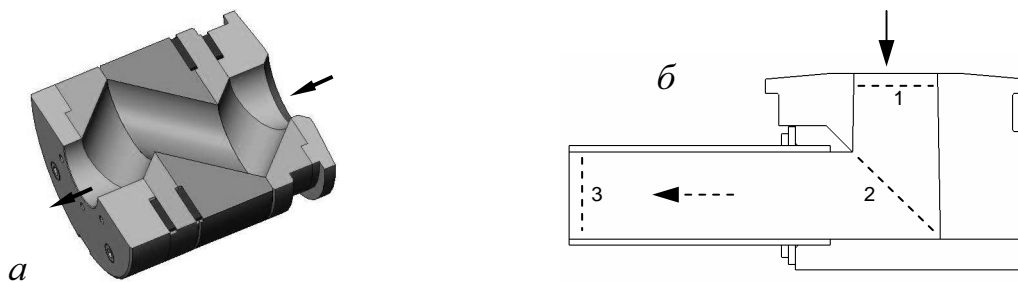


Рисунок 1 – Инструмент для равноканального углового прессования с прямым (а) и боковым истечением (б)

Прессование заготовок из сплава MgCa0,8 осуществляли в режиме "заготовка за готовкой" в 2 прохода. Заготовки – литые слитки, прошедшие гомогенизацию, обточку боковой поверхности и торцов. После первого прохода пресс-изделие разрезали на мерные длины, т.к. в процессе прессования заготовки сваривались между собой. Температура заготовки 420°C. Скорость прессования 2 мм/с.

Для исследования структуры металла пробы отбирались в горизонтальном и вертикальном направлении в каждом по 5 образцов. Деформация по этим осям различна (поворот потока происходит в горизонтальной плоскости). Анализ показал, что во всех участках имеются крупные нераспрессованные зерна и мелкие продеформированные (рис. 2а). В центре пресс-изделия более половины площади шлифа занимают крупные зерна, на периферии – структура, в основном, мелкозернистая. Характер распределения размера зерна в продольном сечении подобен поперечному. Размер мелких зерен практически такой же, как и в поперечном шлифе.

Структура металла после второго прохода (рис. 2б) равномерная, нераспрессованные крупные зерна практически отсутствуют. Средний размер зерна в поперечном сечении составляет 11,9 мкм, стандартное отклонение по горизонтальному сечению 0,7 мкм, по вертикальному – 1,6 мкм. В продольном направлении средний размер зерна составляет 12,8 мкм, стандартное отклонение по горизонтальному сечению 0,5 мкм, по вертикальному – 0,8 мкм. Таким образом, равноканальное угловое прессование с использовани-

ем указанного инструмента уже за 2 прохода позволяет получить чрезвычайно мелкое (по сравнению с исходной литой структурой) и равномерное зерно в заготовке большого диаметра.

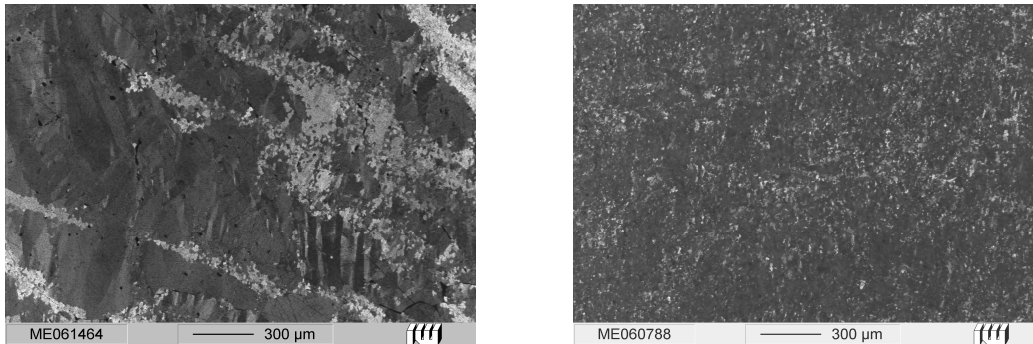


Рисунок 2 – Структура металла после первого (а) и второго (б) прохода; поперечное сечение, центральная зона

2. Равноканальное угловое прессование сплава $MgCa_{0,8}$ с боковым истечением.

Для сравнения с описанным выше способом был изготовлен инструмент, обеспечивающий прессование по традиционной схеме с поворотом потока на 90° к оси прессования (рис. 1б). Инструмент также устанавливается с салазковой матрице держателя 10МН-го пресса. Прессование проводили в два прохода с поворотом заготовки на 180° вокруг продольной оси так, что слои со стороны внутреннего угла инструмента становились слоями со стороны внешнего угла.

Анализ микроструктуры показал, что равноканальное угловое прессование по рассматриваемому способу приводит к изменению структуры, но недостаточно равномерно по сечению изделия. Размер зерна по сравнению с литой структурой (0,2-1,0 мкм) в основном объеме изделия уменьшился и составил от 18 до 49 мкм, в приконтактных слоях – 10-12 мкм. Несмотря на проведение после первого прохода кантовки, структура основного металла после второго прохода также характеризуется наличием крупно- и мелкозернистых областей слоев со средним размером зерна 44 и 12 мкм соответственно. В приконтактных слоях структура равномерная с размером зерна 9-10 мкм. Предел прочности на разрыв образцов, отобранных из изделия в горизонтальном направлении, составил 159 МПа, а в вертикальном – 200 МПа, хотя относительное удлинение различалось незначительно (6,8 и 7,0% соответственно).

Указанная неравномерность структуры и механических свойств свидетельствует о необходимости увеличения числа проходов.

Таким образом, способ, рассмотренный в первой части статьи, является более производительным и обеспечивает получение более равномерной мелкозернистой структуры металла, хотя способ, рассмотренный в

данной части, проще реализуем на промышленных горизонтальных прессах.

3. Прессование с совместным использованием процессов углового и прямого прессования (У+ПП)

Существенным недостатком процесса прямого прессования изделий большого поперечного сечения с малыми коэффициентами вытяжки является плохая проработка металла в центре и неоднородность структуры по сечению, например, для алюминиевых сплавов наличие крупнокристаллического ободка на периферии, для магниевых сплавов – наоборот более мелкозернистая структура в приповерхностных слоях.

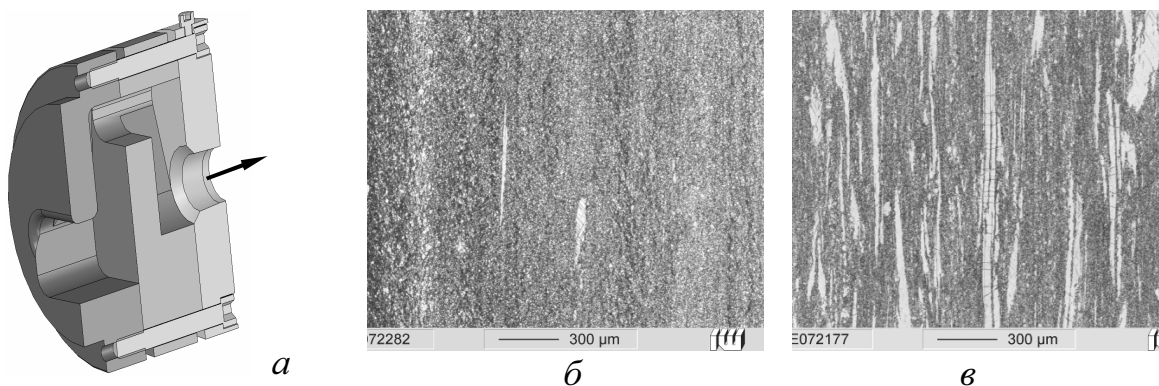


Рисунок 3 – Инструмент для У+ПП (а) и структура металла после У+ПП (б) и обычного прямого прессования через коническую матрицу (в)

С целью уменьшения указанного эффекта сконструирован инструмент, представленный на рис. 3а. В нем осуществляется совместное обжатие и поворот потока металла – четыре раза на 90° . Для того, чтобы вписать канал в стандартные размеры матричного комплекта и для упрощения сопряжений в углах канал в сечении – прямоугольный и только на выходе формируется круг $\varnothing 28$ мм.

Прессование магниевых сплавов AZ31 (аналог по ГОСТ – МА2) проводили при скорости прессования 1 мм/с и температурах: заготовки 380, контейнера 370, инструмента 420 °С. Для сравнения этот же сплав был отпрессован обычным способом в прутки $\varnothing 25$ мм. Исследование механических свойств показало, что применение равноканального углового прессования совместно с уменьшением сечения как при обычном прессовании не приводит к улучшению механических свойств. При использовании рассматриваемого способа $\sigma_{0,2}=229$ МПа, $\sigma_B=290$ МПа, а $\delta_5=11,3\%$, а при обычном – $\sigma_{0,2}=250$ МПа, $\sigma_B=305$ МПа, а $\delta_5=13,3\%$. Это связано с большим деформационным разогревом при угловом прессовании. Сила прессования при У+ПП больше по сравнению с обычным процессом. Также надо учитывать, что магниевые сплавы интенсивно остывают в матрице – вплоть до полной остановки процесса. Следовательно, температура инструмента должна быть выше, чем при обычном прямом прессовании, а температура заготовки должна быть

меньше. Заполнение матрицы должно осуществляться при больших скоростях (5...10 мм/с), чтобы предотвратить остывание металла.

Размер мелкого зерна в прутке, полученном У+ПП и обычным прессованием одинаковый (± 1 мкм), но после РУ+ПП количество больших вытянутых недеформированных зерен меньше (рис. 3). По длине прутка от начала к концу зерно немного укрупняется. Разница в размере мелкого зерна вдоль прутка и в поперечном сечении – приблизительно 1 мкм (от 6 до 7 мкм).

Таким образом, применение на промышленном прессе усилием 10 МН равноканального углового прессования через матрицу с поворотом потока металла 45-90-90-45° позволяет за два прохода уменьшить величину зерна в заготовке $\varnothing 100$ мм из сплава MgCa_{0,8} от 0,2...1 мм до 12...14 мкм. Предложен совмещенный процесс углового (с 4-кратным поворотом потока на 90°) и прямого прессования, который обеспечивает существенное снижение количества непродеформированных зерен в изделиях из магниевых сплавов и получение равномерной по сечению мелкозернистой (с размером зерна 6...7 мкм) структуры при малых коэффициентах вытяжки.

Литература

1. *Валиев Р.З. Развитие равноканального углового прессования для получения ультрамелкозернистых металлов и сплавов // Металлы. – 2004. – №1. – С.20-23.*
2. *Теплое и горячее равноканальное угловое прессование низкоуглеродистых сталей / С.В.Добаткин, П.Д. Одесский, Г.И. Рааб, Н.А. Красильников, А.М. Арсенкин // Металлы. – 2004. – №1. – С.10-15.*
3. *Утяшев Ф.З., Рааб Г.И. Энергозатраты и измельчение зерен металла при равноканальном угловом прессовании // Металлы. – 2004. – №2. – С.25-29.*
4. *Jan-F. Lass Untersuchungen zur Entwicklung einer magnesiumgerechten Strangpresstechnologie. Doctor-Ingenieur Dissertation. – 2005. – 154S.*
5. *Equal channel angular pressing die outer corner angle influence on flow and strain homogeneity / V. Anumalasetty, V. Nagasekhar, Wei Wei, Yip Tick-Hon, Guang Chen // Advanced engineering materials. – 2007. – Vol. 9. – No. 7. – P. 572-576.*

© Головки А.Н., Данченко В.Н., Краузе К.,
Бах Фр.-В. 2008