

УДК 621.7.043

Сынков Ю. С.
Сынков А. С.

ПРОЦЕСС ПЕРЕРАБОТКИ МАГНИЕВОЙ СТРУЖКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ВИНТОВОЙ ЭКСТРУЗИИ

Магний и его сплавы в настоящее время приобретают все большую популярность для использования в машиностроительной и металлургической промышленности. Применение магния в металлургии обусловлено его способностью связывания и выведения вредных примесей, таких как сера и кислород, из стали и чугуна в процессе плавки. Так же магний широко используется в металлургии для легирования стали.

Особое место магний занимает в автомобилестроении. Сплавы этого металла с другими металлами являются отличным конструкционным материалом, устойчивым к механическим повреждениям и агрессивному воздействию окружающей среды. Легкость и прочность это два основных критерия, по которым подбираются материалы для современных автомобилей. Магниево-алюминиевые сплавы являются здесь приоритетными.

Производство первичного магния процесс весьма трудоемкий и энергетически затратный, поэтому цены на этот материал постоянно растут. В тоже время на металлургических и машиностроительных заводах скапливается огромное количество магниевых отходов в виде порошков и стружек, которые занимают производственные площади и загрязняют окружающую среду вследствие интенсивного окисления.

Авторами работ [1–3] были предложены способы переработки стружек и порошков магниевых сплавов методами прессования и экструзии. Методом холодного и горячего одноосного прессования были получены брикеты, которые затем подвергали прямой экструзии при различных температурах. Показано, что при соблюдении рациональных температурно-скоростных режимов деформации возможно получение образцов с механическими свойствами на уровне первичных материалов соответствующего сплава. Однако данная методика имеет существенный недостаток. Необходимость применения операции брикетирования перед процессом экструзии существенно усложняет технологию изготовления изделий и повышает конечную стоимость их производства.

Интерес представляют исследования механических свойств магниевого сплава AZ91 при повышенных температурах проведенные в рамках работы [4]. Испытания образцов показали, что наибольшие пластические свойства достигаются при температуре 300 °С, при которой также резко падает прочность. Эти данные помогут подобрать оптимальный режим для обработки магниевой стружки.

Известно, что интенсивная сдвиговая деформация под давлением способствует эффективному уплотнению порошкового материала [5]. Винтовая экструзия (ВЭ) как метод интенсивной пластической деформации позволяет за один проход получать порошковые заготовки со 100 % плотностью и равномерным ее распределением по высоте [6]. Кроме того, важнейшим фактором для создания производственной технологии является то, что ВЭ можно встраивать в технологическую цепочку процессов обработки давлением, не понижая производительности.

Целью данной работы является исследование процесса комбинированной деформации и разработка рациональных режимов для получения качественных заготовок из магния марки AZ91.

Магниевая стружка сплава AZ91 (рис. 1) с размером частиц около 100–500 мкм была разделена на две порции, из которых изготовили образцы двумя способами.



Рис. 1. Магниева стружка сплава AZ91

Первый образец получили деформацией стружки через коническую матрицу с вытяжкой 3 при температуре 300 °С. При этом перед процессом экструзии в матрицу запрессовывали фальш-заготовку, которая во первых препятствовала высыпанию стружки из матрицы, а во вторых создавала противодействие в начальный момент деформации.

Второй образец получали по схеме комбинированной экструзии. Деформация стружки осуществлялась через последовательно установленные винтовую и коническую матрицы (рис. 2).

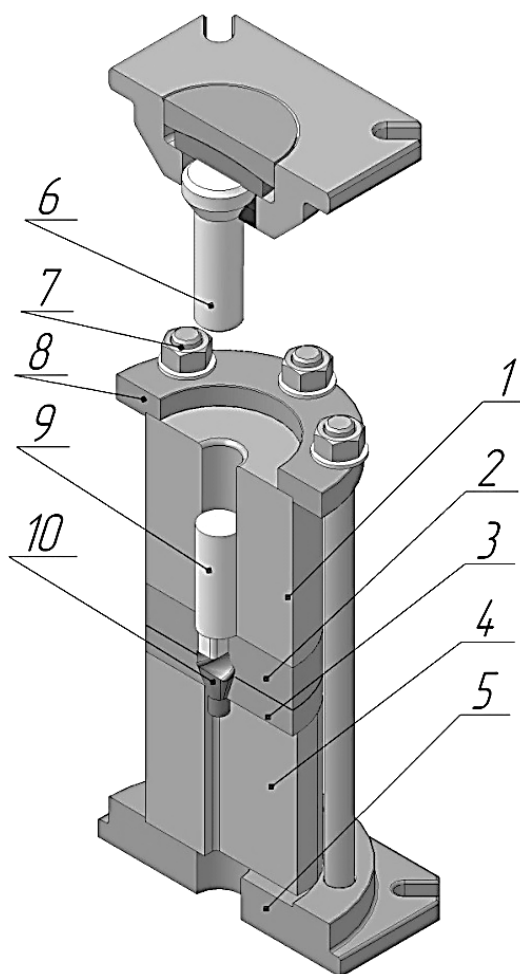


Рис. 2. Установка комбинированной экструзии для обработки магниевого порошка

Установка для комбинированной экструзии, собранная на базе гидравлического прессы усилием 2500 кН, включает контейнер 1 с рабочим каналом диаметром 28 мм с последовательно установленными под ним винтовой 2 и конической 3 матрицами, которые опираются на подпятник 4, установленный на опорной плите 5. На верхний торец контейнера устанавливают фланец 8, который при помощи шести шпилек с гайками 7 крепят к опорной плите 5. На наружную поверхность контейнера 1 устанавливают нагреватель, который через ЛАТР подключают к сети для нагрева установки до температуры $t = 300$ °С. В нижнюю часть канала контейнера загружают фальшь заготовку из меди 10, на которую засыпают магниевую стружку 9 и прессуют пуансоном 6.

В результате проведенных экспериментов были получены две заготовки, приведенные на рис. 3. Заготовка, полученная прямой экструзией (рис. 3, а) имела продольные расслоения, трещины и изгибы. Наличие таких дефектов объясняется следующим. Внутренний канал контейнера имеет высоту 200 мм при диаметре 28 мм. Длинномерный столб материала, который образовывается в процессе деформации, имеет сильную неоднородность плотности по высоте из-за наличия трения вследствие интенсивного налипания материала на инструмент. Поэтому в процессе деформации истечение будет протекать нестабильно и вследствие возникновения растягивающих напряжений макропоры развиваются в трещины и разрывы.

Заготовка, полученная методом комбинированной экструзии, имела лучшее качество (рис. 3, б), поверхность ровная без трещин и расслоений. В этом случае каждая порция материала, последовательно поступающая в коническую матрицу, имела почти 100 % плотность. Из рис. 2 видно, что на порцию материала, которая деформируется в винтовой матрице, оказывается противодействие от материала, который деформируется в конической матрице. Таким образом, реализуется интенсивный сдвиг под давлением, что приводит к эффективному уплотнению стружки. Коническая матрица играет здесь роль инструмента создания противодействия для ВЭ и придания заготовке конечной формы и размеров.



Рис. 3. Заготовки, полученные прямой (а) и комбинированной (б) экструзией

Известно, что из-за действия контактного трения на поверхности контейнера при прессовании усилие действует неравномерно по высоте заготовки. Передняя часть заготовки деформируется с меньшим усилием, что при прессовании порошков отразится на неравномерности свойств. Задняя часть пористой заготовки уплотняется в большей степени, чем передняя. Предварительная обработка винтовой экструзией позволяет избавиться от неравномерной пористости по высоте, т. к. уплотнение в винтовом канале достигает почти 100 %. В реализованной авторами данной работы технологии комбинированной экструзии процесс интенсивного уплотнения материала совмещен с процессом придания заготовке необходимой формы в одной технологической установке, что исключает необходимость предварительной обработки.

Из заготовок, полученных по обеим схемам, на токарном станке вырезали образцы для измерения относительной плотности. Заготовка, полученная прямой экструзией при воздействии токарного резца разрушалась. Заготовка, полученная по схеме комбинированной деформации, обрабатывалась на токарном станке в обычном режиме, и относительная плотность данных образцов составила 99,6–99,8 %

В проведенных экспериментах реализован полунепрерывный метод обработки магниевой стружки, позволяющий вести обработку материала экструзией без дополнительных технологических операций. Обработка винтовой экструзией не требует отдельной операции и совмещается с процессом прямой экструзии в один технологический процесс благодаря эффекту противодействия, оказываемому конической матрицей установленной перед винтовой матрицей.

ВЫВОДЫ

Приведены эксперименты по переработке магниевой стружки методом прямой и комбинированной экструзии с использованием ВЭ. Визуальный анализ качества, а также измерения относительной плотности заготовок, полученных двумя технологиями, показал, что более устойчивый процесс деформации происходит при обработке комбинированной экструзией. Это свидетельствует об эффективности винтовой экструзии как инструмента уплотнения магниевой стружки.

Применение винтовой экструзии позволяет избежать предварительной обработки материала и гарантирует получение равномерных свойств по высоте и объему заготовки, что также помогает избежать наличия дефектов.

Комбинированная экструзия магниевой стружки может быть использована в порошковой металлургии и реализована в промышленных условиях, для чего следует проанализировать направления возможного использования получаемых заготовок и требования к их свойствам.

Необходимо провести подробный анализ свойств заготовок, получаемых комбинированной экструзией магниевой стружки, что поможет разобраться в дальнейших перспективах технологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ying L. *Microstructure and properties of AZ80 magnesium alloy Prepared by hot extrusion from recycled machined chips* / L. Ying, L. Yuan-yuan, Z. Da-tong // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. – 2002. – № 12. – P. 882–885.
2. *Microstructure and mechanical properties of AZ31B magnesium alloy prepared by solid-state recycling process from chips* / W. Shu-yan, J. Ze-sheng, R. Shou-fan, H. Mao-liang // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. – 2010. – № 20. – P. 783–788.
3. *Recycling of AZ91 Mg alloy through consolidation of machined chips by extrusion and ECAP* / Y. Tao, Z. Ming-yi, H. Xiao-shi, W. Kun // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. – 2010. – № 20. – P. 604–607.
4. *Mechanical properties of magnesium alloy AZ91 at elevated temperature* / L. Čížek, M. Greger, L. A. Dobrzański, I. Juříčka, R. Kocich, L. Pawlica, T. Tański // *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. – 2006. – № 18. – P. 203–206.
5. *Феноменологические теории прессования порошков* / [М. Б. Штерн, Г. Г. Сердюк, Л. А. Максименко и др.]. – Киев : Наук. думка, 1982. – 140 с.
6. *Бейгельзимер Я. Е. Получение порошковых заготовок с высоким уровнем свойств методом винтовой экструзии* / Я. Е. Бейгельзимер, А. С. Сынков // *Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2010. – № 1 (22). – С. 183–187.*

Сынков Ю. С. – аспирант ДонФТИ НАН Украины;

Сынков А. С. – канд. техн. наук, мл. науч. сотрудник ДонФТИ НАН Украины.

ДонФТИ НАН Украины – Донецкий физико-технический институт им А. А. Галкина Национальной академии наук Украины, г. Донецк.

E-mail: yurasynkov@mail.ru