

## Процесс переработки магниевой стружки методом многоканальной экструзии

*Исследован процесс многоканальной экструзии магниевой стружки. Показана целесообразность применения двухэтапной экструзии. На основе исследований разработана технология получения магниевой проволоки для металлургии. Выявлена оптимальная температура обработки – 300 °С и коэффициент вытяжки – 9.*

**Ключевые слова:** многоканальная экструзия, магниевая стружка, проволока, обработка

**В** процессах десульфурации среди других реагентов особой эффективностью отличается магний, применение которого позволяет достичь высокой степени отчистки при минимальном расходе [1]. Затраты на процесс десульфурации магнием во многом зависят от стоимости реагентов [2]. Поэтому развитие технологий их изготовления является перспективным направлением для исследований. В то же время с развитием промышленности растет спрос на магний, в связи с чем интерес вызывает применение в черной металлургии магниевых отходов. Применение отходов существенно снизит затраты на процесс десульфурации, а также поможет решить проблему сбережения ресурсов.

Трудности состоят в переработке отходов в виде стружки, которые образуются в больших количествах на промышленных предприятиях при механической обработке магниевых деталей и заготовок. По причине легкой воспламеняемости ниже температур, требуемых для проведения металлургических реакций, данный материал не может быть использован непосредственно в виде стружки. По той же причине проблему представляет осуществление процесса переплава с целью придания стружечному материалу необходимой для металлургических операций формы (прутки, проволока и гранулы).

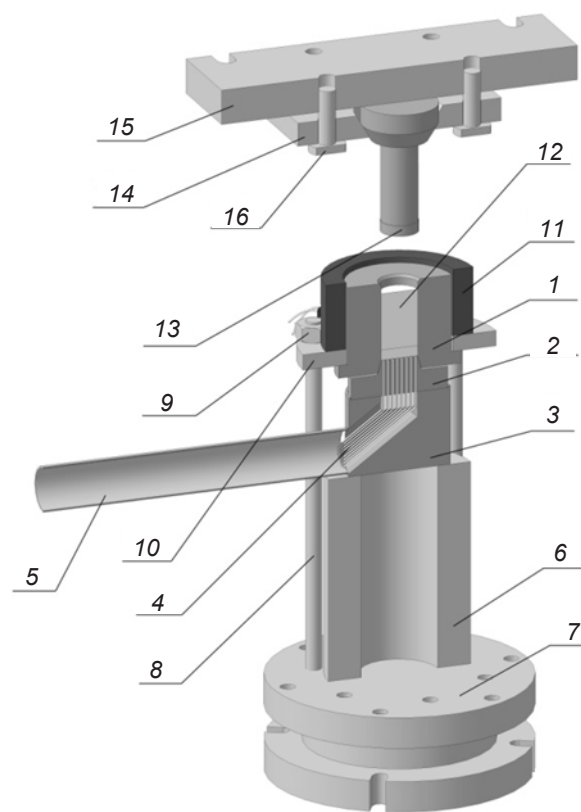
Эффективным методом получения прутков и проволоки из магниевой стружки является экструзия [3]. С целью повышения производительности и снижения нагрузок в патенте [4] предложено применять многоканальную экструзию.

*Цель работы* – исследовать процесс многоканальной экструзии магниевой стружки и на этой основе разработать технологию получения магниевой проволоки для металлургии.

Стружку магниевых сплавов AZ91 предварительно очищали от масел и загрязняющих примесей и измельчали, получая частицы игольчатой формы длиной до 10 мм и толщиной около 0,5.

Для получения проволоки из стружки была собрана экспериментальная установка многоканальной экструзии на базе гидравлического пресса силой 6300 кН (рис. 1). Установка состоит из следующих элементов. Контейнер 1 с каналом круглого сечения диаметром 72 мм одет на конусную часть матрицы 2 с 64 каналами круглого сечения диаметром 3 мм. Ма-

трица установлена на подставку 3, в которой предусмотрен угловой канал для отвода экструдированной проволоки 4. К подставке крепится специальная направляющая втулка 5 для выравнивания заготовок. Ниже установлена цилиндрическая подставка 6 и нижняя плита 7, к которой с помощью шести шпилек 8 и шести гаек 9 фланцем 10 закреплен контейнер, имеющий специальный поясок для установки фланца. На внешнюю поверхность контейнера установлен нагреватель 11, позволяющий нагревать обрабатываемый материал 12, засыпанный в канал контейнера, до 400 °С. Контроль температуры осуществляется с помощью цифрового мультиметра DT-838. Прессование осуществляется пуансоном 13 закрепленным между фланцем 14 и верхней плитой 15 болтами 16. Верхняя плита, в свою очередь, закрепляется на траверсе пресса.



**Рис. 1.** Схема установки многоканальной экструзии для обработки магниевой стружки

Магниевую стружку загружали в нагретый контейнер. Далее производили прессование пуансоном. Материал в канале контейнера уплотнялся и продавливался через отверстия матрицы. Коэффициент вытяжки составлял 9. После извлечения пуансона в канале контейнера оставался пресс-остаток высотой 15-30 мм. Сверху пресс-остатка засыпали новую порцию стружки и снова повторяли цикл деформирования. Таким образом, к моменту прохождения материала через отверстия матрицы он успевал нагреться до необходимой температуры. Заготовки, на выходе из матрицы, проходили через угловой канал подставки и выравнивались в горизонтально установленной направляющей. В результате получена проволока диаметром 3 мм.

Применение проволоки в металлургии предполагает разрезание ее на мерные фрагменты. При этом проволока не должна расслаиваться. Поэтому после обработки экструзией были отобраны образцы для оценки качества реза.

Полученные после экструзии образцы оставались пористыми с отсутствием межчастичной связи. Они расслаивались и рассыпались при порезке на фрагменты (рис. 2, а). В поверхностном слое образцов наблюдалась хорошая консолидация материала, который сформировал своеобразную капсулу, содержащую в себе плохо уплотненные частицы стружки. Такой эффект наблюдается при экструзии некомпактных материалов вследствие действия сил трения по краям зоны деформации и отсутствия какого-либо «подпора» в центре.

Для устранения описанного дефекта был произведен второй этап экструзии, для чего полученную проволоку резали на гильотинных ножницах на длины 50-70 мм и повторно экструдировали по методике описанной выше.

Условия для уплотнения были созданы при повторной экструзии, когда поверхностный слой заготовок препятствовал свободному прохождению материала через каналы матрицы. Образцы, полученные после повторной обработки, заметно отличались от предыдущих. Дефектов было значительно меньше. На изломе образцы не расслаивались, что свидетельствовало о наличии связи между частицами материала (рис. 2, б).

На этапе обработки стружки сопоставляли разные температурные режимы работы. Результаты измерений величины давления в процессе экструзии при 250, 280 и 300 °С приведены на рис. 3. Из положения кривых на графике можно убедиться в высокой чувствительности давления экструзии к температуре. Наиболее подходящие условия для обработки магниевой стружки создаются при температуре 300 °С, о чем свидетельствуют самые низкие показатели давлени-

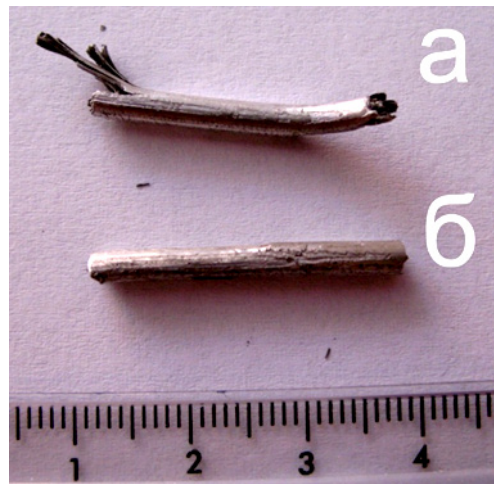


Рис. 2. Отрезанные фрагменты проволоки после многоканальной экструзии: а – после однократной экструзии; б – после двукратной экструзии

ния, которые обеспечивают безопасную работу инструмента. Дальнейшее понижение давления за счет увеличения значений температуры оснастки создаст опасность возгорания стружки и увеличит затраты электроэнергии.

Кроме температуры экструзии важным технологическим параметром в рассматриваемом процессе является коэффициент вытяжки, который существенно влияет на величину давления и качество получаемой проволоки. С повышением вытяжки стружка уплотняется в большей степени, что является положительным моментом. В то же время это приводит к росту давления экструзии. Кроме того, эксперименты показали, что при больших значениях вытяжки на поверхности проволоки появляются дефекты в виде поперечных трещин и расслоений.

При заданной производительности процесса, вытяжка определяется числом каналов в матрице. Найденный в результате исследований коэффициент

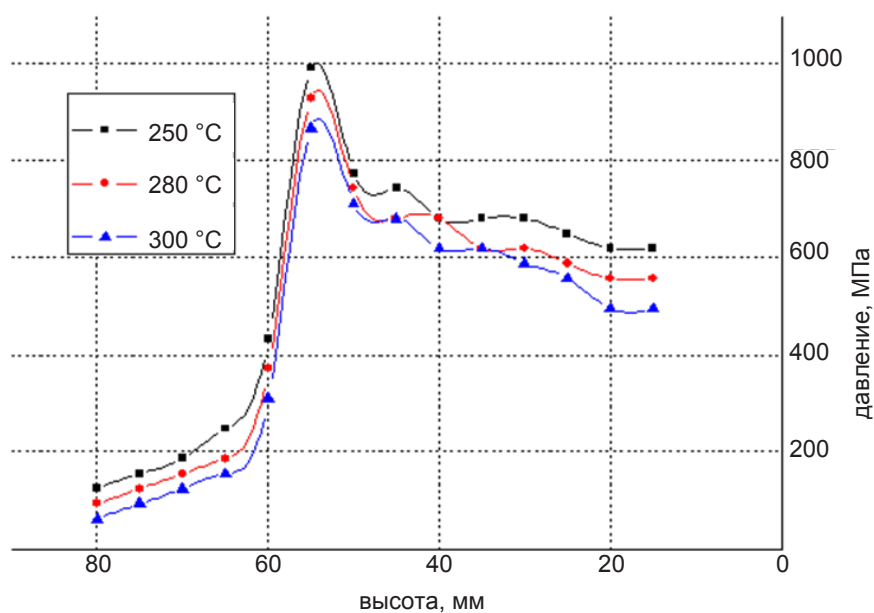


Рис. 3. Зависимость давления экструзии от высоты столба магниевой стружки в канале контейнера при разных температурах

вытяжки, равный 9, является оптимальным. Экструзия с такой вытяжкой позволяет достаточно хорошо уплотнить магниевую стружку за два этапа экструзии, обеспечив минимальное количество дефектов на поверхности заготовок.

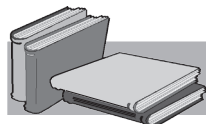
Разработанная в рамках настоящей работы технология опробована при переработке партии стружки в количестве 100 кг. Производительность лабораторной установки не позволяет на данном этапе выйти на производственный уровень, что требует дальнейших доработок.

В работе показана целесообразность применения второго цикла деформирования, после которого об-

разцы имели ровную бездефектную поверхность с плотной поперечной структурой.

Проведенные технологические исследования процесса позволили установить оптимальный температурный режим экструзии магниевой стружки данного сплава. Нагрев до 300 °С обеспечивает безопасное для работы инструмента давление, а также повышает свариваемость частиц в процессе деформации. Дальнейшее повышение температуры до значений 350-400 °С может приводить к возгоранию материала.

Найден оптимальный коэффициент вытяжки равный 9, который обеспечивается матрицей с 64 каналами.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Воронова Н. А. Десульфурация чугуна магнием. – М.: Металлургия, 1980. – 240 с.
2. Дюдкин Д. И., Гринберг С. Е., Маринцев С. Н. Сопоставление эффективности способов десульфурации чугуна // Сталь. – 2001. – № 4. – С. 17-19.
3. Синков А. С., Бейгельзимер Я. Е. Компактирование магниевой стружки методом комбинированной экструзии // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тематич. зб. наук. пр. – Краматорск, 2006. – С. 372-374.
4. Пат. 85985 (корисна модель) України. Спосіб виготовлення довгомірних виробів з магнієвої стружки / В. М. Варюхін, Я. Ю. Бейгельзимер, Ю. С. Синков, О. С. Синков. – 2013. – Бюл. № 23.

### Анотація

*Синков Ю. С., Синков А. С., Бейгельзимер Я. Е.*

Процес переробки магнієвої стружки методом багатоканальної екструзії

*Досліджено процес багатоканальної екструзії магнієвої стружки. Показана доцільність застосування двохетапної екструзії. На основі досліджень розроблено технологію отримання магнієвого дроту для металургії. Виявлено оптимальну температуру обробки, що дорівнює 300 °С та коефіцієнт витяжки 9.*

### Ключові слова

*багатоканальна екструзія, магнієва стружка, дріт, обробка*

### Summary

*Sinkov Yu. S., Sinkov A. S., Beygelzimer Ya. E.*

The process of magnesium chips remaking by the method of multichannel extrusion

*The multi-channel extrusion process of magnesium chips has been investigated. The expediency application of two-stage extrusion has been demonstrated. The technology of magnesium wire production has been developed on the basis of investigations. The optimal processing temperature equal to 300 °C and elongation ratio equal to 9 have been determined.*

### Keywords

*multi-channel extrusion, magnesium chips, wire, processing*

Поступила 31.01.14