

О ВЛИЯНИИ ВИБРАЦИИ НА ГЛУБИНУ ПРОПИТКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОРИСТЫХ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Ковтунов А.И., Хохлов Ю.Ю., Селянин П.Н.

Тольяттинский государственный университет, Тольятти

Ключевые слова: магниевые сплавы, пористый магний, вибрационная обработка, заливка, расплав, глубина пропитки, солевые гранулы.

Аннотация. Проведены исследования процессов формирования пористых магниевых изделий из магния Mg90 и сплавов МЛ5, МЛ12 фильтрацией расплавов через растворимые гранулы. Показано, что вибрационная обработка в процессе заливки и формирования пористых магниевых изделий способствует увеличению глубины пропитки гранульной засыпки и создает условия для получения изделий из пористого магния с размером пор до 2 мм.

ON THE EFFECT OF VIBRATION ON THE DEPTH OF IMPREGNATION DURING THE FORMATION OF POROUS MAGNESIUM ALLOYS

Kovtunov A.I., Khokhlov Yu.Yu., Selyanin P.N.

Togliatti state university, Togliatti

Keywords: magnesium alloys, porous magnesium, vibration processing, casting, melt, impregnation depth, salt granules.

Abstract. The processes of formation of porous magnesium products from magnesium Mg90 and alloys ML5, ML12 by filtration of melts through soluble granules were studied. It is shown that vibration treatment in the process of pouring and forming porous magnesium products contributes to an increase in the depth of impregnation of granular filling and creates conditions for obtaining products from porous magnesium with a pore size of up to 2 mm.

Введение

Магний и магниевые сплавы отличаются низкой плотностью, высокой удельной прочностью, высокой способностью поглощать энергию удара и вибрационных колебаний, что делает их перспективным материалом для изготовления изделий с пористой структурой, которые применяются при изготовлении различных поглотителях механической, звуковой, электромагнитной энергии [1, 2].

Для формирования изделий из цветных металлов и сплавов с пористой структурой применяются различные способы, основанные на замешивании в расплав газов, а также способы, сущность которых заключается в заливке расплавом формы с растворимыми гранулами с их последующим выщелачиванием [3-6]. Преимуществом последних способов является однородность материала по расположению и размеру пор, что позволяет утверждать о стабильности свойств пористых металлов и сплавов, полученных по этой технологии.

Однако, из-за интенсивного теплоотвода в гранульную засыпку при заливке и ограниченность размеров каналов между гранулами получить пористые изделия с малым размером пор является сложной задачей. Для магниевых сплавов проблемно получение изделий с размером пор меньше 4-5 мм [2]. Применение

вибрационного воздействия на форму с гранулами в процессе заливки, по мнению авторов, позволит уменьшить размер пор и увеличить толщину получаемых пористых изделий [7-9].

Целью работы является увеличение толщины пористых магниевых изделий, получаемых пропиткой засыпки растворимых гранул и уменьшения размера пор за счет вибрационной обработки расплава в процессе пропитки.

Методика исследования

Исследования влияния вибрации на формирование пористых магниевых изделий проводили с использованием лабораторного вибростола, который состоял из вибратора ИВ-99Б (1), плиты (2) и быстросъемной формы (3), которая устанавливалась и фиксировалась на плите (рис. 1). Частота колебаний задавалась частотой вращения электродвигателя вибратора и регулировалась частотным преобразователем Delta модель VFD004EL21A. Частота колебаний изменялась в пределах 0-60 Гц.



Рис. 1. Лабораторный вибростол, где: 1 – вибратор ИВ-99Б; 2 – плита; 3 – быстросъемная форма

Исследования влияния вибрации на процессы пропитки формы с гранулами при формировании пористых магниевых изделий проводили с использованием металлической формы (рис. 1) с внутренним диаметром 20 мм и высотой 100 мм, заполненной водорастворимыми солевыми гранулами. Диаметр гранул составлял 4-5 мм и 2-3 мм. Высота засыпки гранул в форме оставалась постоянной и составляла 60-65 мм. Для оценки влияния вибрации сравнивалась средняя глубина проникновения (глубина пропитки) магниевого расплава в гранульную засыпку при заливке с вибрацией и без вибрационного воздействия. Глубина

пропитки позволяет судить о возможной толщине получаемых пористых изделий с однородной пористостью.

Магниевого сплавы Mg90, МЛ5 и МЛ12 плавят в графитовом тигле индукционной плавильной установки под слоем защитного флюса ВИ2. Температуру заливки составляла $T_{\text{зал}} = 750^{\circ}\text{C}$, а температуру формы с гранулами $T_{\text{ф}} = 300^{\circ}\text{C}$. После заливки и затвердевания для растворения гранул магниевые образцы предварительно выщелачивали в воде в течение 10-15 минут, а затем помещали на 2-4 минуты в 40%-ный раствор уксусной кислоты, который широко применяется для подготовки поверхностей при пайке магниевых сплавов и обеспечивает качественное удаление продуктов взаимодействия магния с водным раствором хлористого натрия. Исследования поведения гранул при вибрационной обработке в процессе заливки проводили с применением стеклянной формы, заполненной гранулами, устанавливаемой на вибростол. В качестве модельной жидкости использовали окрашенный расплавленный парафин.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что при гравитационной заливке формы с гранулами размером 3-4 мм глубина пропитки соизмерима с диаметром гранул и составляет 4-6 мм в зависимости от применяемого сплава.

При заливке формы с вибрацией глубина пропитки значительно увеличивается, но в пористом изделии в верхних слоях отливки наблюдаются закрытые поры с остатками солей, применяемых для изготовления гранул. С повышением частоты вибрации количество закрытых пор увеличивается.

Моделирующие заливки жидкого парафина в стеклянную форму, заполненную гранулами показали, что в процессе вибрации гранулы совершают колебательные движения в форме. Амплитуда колебаний гранул в форме увеличивается по направлению к свободной поверхности гранульной засыпки. В верхних слоях засыпки гранулы при заливке и затвердевании периодически находятся во взвешенном состоянии и не контактируют с соседними, что и приводит к образованию закрытых пор после затвердевания расплава. Наличие закрытых пор является причиной неполного удаления солей при выщелачивании отливки.

Для получения сплошной открытой пористой структуры при вибрационной обработке было предложено фиксировать верхние слои гранул применяя металлические сетки. Проведенные пробные заливки форм с гранулами и фиксирующими сетками показали, что после выщелачивания формируется пористая структура без закрытых пор.

Как показали проведенные эксперименты, вибрационная обработка при заливке и затвердевании расплава позволяет значительно повысить глубину пропитки при заливке магниевых сплавов Mg90, МЛ5 и МЛ12. Увеличение частоты колебания обеспечивает увеличение глубины пропитки (рис. 2). Кроме того, как показали проведенные эксперименты, вибрационная обработка при формировании магниевых сплавов с пористой структурой позволяет получать изделия с пористостью до 2 мм.

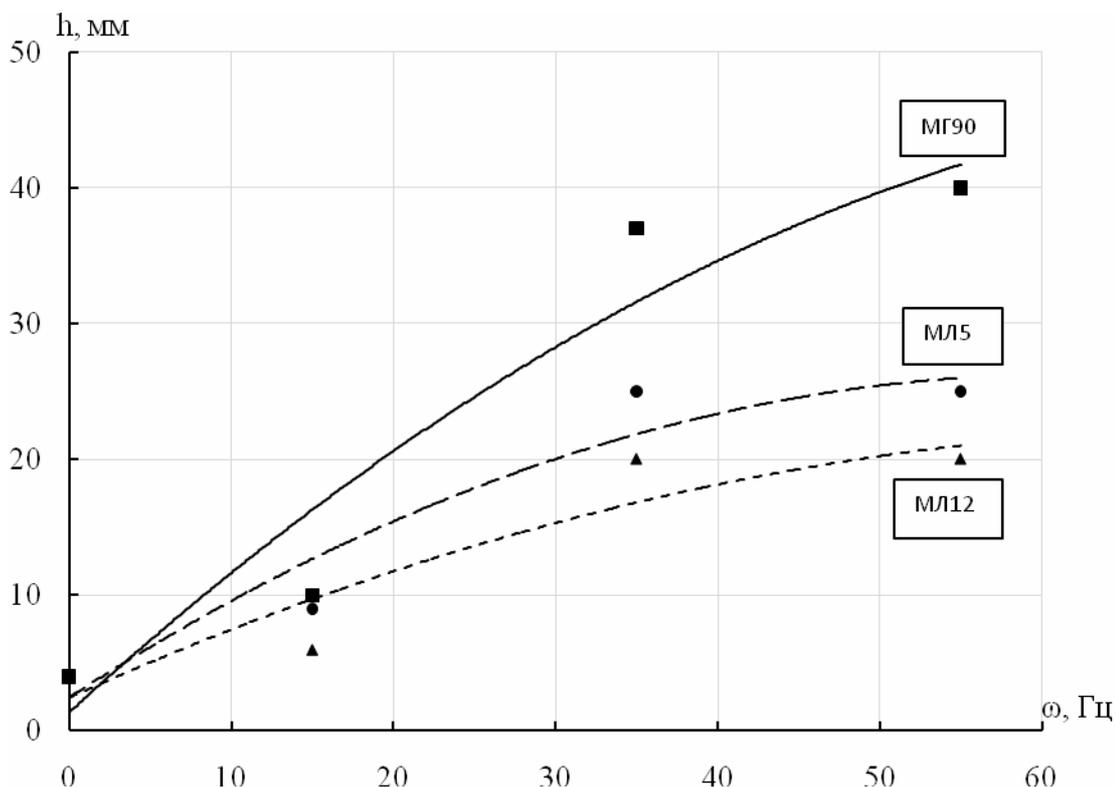


Рис. 2. Зависимость глубины пропитки от частоты вибрации при $T_{\text{зал}} = 750^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{ф}} = 300^{\circ}\text{C}$ и размере гранул 3-4 мм

Выводы

Проведенные исследования показали, что вибрационная обработка в процессе заливки и затвердевания магния МГ90 и магниевых сплавов МЛ5 и МЛ12 способствует увеличению глубины пропитки расплава, что увеличивает возможную толщину получаемых изделий из пористого магния и обеспечивает формирование пористой структуры с размером пор до 2 мм.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания №075-03-2023-260 (FEMR-2023-0003)

Список литературы

1. Хохлов М.А., Ищенко Д.А. Конструкционные сверхлегкие пористые металлы (обзор) // Автоматическая сварка. – 2015. – № 3-4 (741). – С. 60-65.
2. Ковтунов А.И., Хохлов Ю.Ю., Новский И.В. Перспективы использования магния для производства пеноматериалов // Металлургия машиностроения. – 2013. – № 4. – С. 9-11.
3. Прохорчук Е.А., Леонов А.А., Власова К.А., Трапезников А.В., Никитин В.И., Никитин К.В. Перспектива применения пеноалюминия для изделий авиакосмической техники (обзор) // Труды ВИАМ. – 2021. – № 12(106). – С. 21-30. – DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-12-21-30.
4. Финкельштейн А.Б. Получение пропиткой пористых отливок из алюминиевых сплавов // Литейное производство. – 2010. – № 5. – С. 13-15.
5. Ковтунов А.И., Хохлов Ю.Ю., Мямин С.В. Технология формирования слоистых композиционных материалов системы титан – пеноалюминий // Metallurg. – 2015. – № 4. – С. 60-61.
6. Hassanli F., Paydar M.H. Improvement in energy absorption properties of aluminum foams by designing pore-density distribution // Journal of Materials Research and Technology. 2021, vol. 14, pp. 609-619.

7. Кукса А.В., Кидалов Н.А., Рожков П.В., Торощин А.В. Получение пористых литых заготовок вакуумной пропиткой с использованием в качестве порообразователя гранулированного пенополистирола // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. – № 6(109). – С. 115-119.
8. Селянин И.Ф., Морин С.В., Хамитов Р.М., Куценко А.И., Приходько О.Г. Исследование влияния вибрации на процесс усадки и кристаллизации сплавов // Заготовительное производство в машиностроении. Машиностроение. – 2005. – №3. – С. 15-17.
9. Морин С.В. Комплексное исследование вибрационного воздействия на кристаллизацию и свойства отливок из алюминиевых сплавов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.04. – Новокузнецк, 2005. – 169 с.

Сведения об авторах:

Ковтунов Александр Иванович – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»;

Хохлов Юрий Юрьевич – зав. лаб., инженер кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»;

Селянин Павел Николаевич – старший преподаватель, инженер кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы».