

После оплавления ТВЧ в графитном тигле сформировалась материал с литой структурой (рис. 3). В структуре присутствует пористость около 5 %. Она формируется либо в процессе усадки жидкого материала, либо сохраняется от исходного порошкового материала с низкой насыпной плотностью.

После травления в микроструктуре образца наблюдается три структурных составляющих: основа, частицы иглообразной формы и частицы с полиэдрическим строением. Предположительно основа представляет из себя твердый раствор компонентов сплава, иглообразные включения являются интерметаллидом компонентов сплава, а частицы с полиэдрическим строением – карбиды карбидообразующих элементов сплава, образованные при взаимодействии расплава с тиглем.

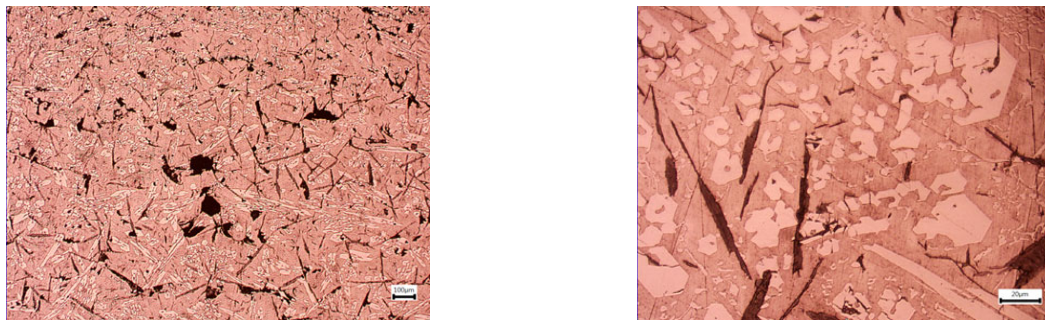


Рис. 3. Микроструктура ВЭС Fe-Al-Co-Ni-Cr консолидированного ТВЧ

Таким образом, в ходе исследования структуры высокоэнтропийного сплава Fe-Al-Co-Ni-Cr, полученного СПС и ТВЧ консолидацией, определено, что при СПС спекании формируется образец со структурой частично наследуемой от исходного механоактивированного порошка и модифицированной в процессе спекания. При ТВЧ плавлении сплава в графитовом тигле, образуется материал с трехфазной структурой, одна из структурных составляющих которой предположительно формируется за счет взаимодействия с материалом тигля.

Список использованных источников:

1. Батаева З.Б. Обзор исследований сплавов, разработанных на основе энтропийного подхода / З.Б. Батаева [и др.] // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2021. – Т. 23. – № 2. – С. 116–146.
2. Громов В.Е. Применение высокоэнтропийных сплавов Громов В.Е. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2021. – Т. 64. – № 10. – С. 747–754.
3. Кузьмич Ю.В. и др. Механическое легирование как метод получения конструкционных материалов на основе алюминия / Ю.В. Кузьмич [и др.] // Перспективные материалы. – 2003. – № 6. – С. 69–75.
4. Осинцев К.А. Структурно-фазовое состояние высокоэнтропийного сплава Al-Co-Cr-Fe-Ni, полученного проволочно-дуговой аддитивной технологией / К.А. Осинцев [и др.] // Ползуновский вестник. – 2021. – № 1. – С. 141–146.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ СИСТЕМЫ Al-Si-Mg В ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

*Е.А. Ибрагимов^а, к.т.н., доц., А.А. Сапрыкин^б, к.т.н., доц.
Юргинский технологический институт (филиал)
Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mails: ^аegor83rus@tpu.ru, ^бsapraa@tpu.ru*

Аннотация: В данной статье приводятся результаты предварительного эксперимента, которые подтверждают возможность изменять форму частиц порошковой композиции системы Al-Si-Mg под различным воздействием мелющих тел в шаровой мельнице

Ключевые слова: Механическая активация, режимы движения, планетарная мельница, шаровая мельница.

Abstract: This article presents the results of a preliminary experiment that confirms the ability to change the shape of particles of a powder composition of the Al-Si-Mg system under various influences of grinding media in a ball mill.

Keywords: Mechanical activation, modes of motion, planetary mill, ball mill.

Известно, что одним из основных требований к порошковым материалам применяемых в технологиях селективного лазерного спекания (SLS) и селективного лазерного плавления (SLM) является определенный

размер и сферичность его частиц [1]. Разработано много дорогостоящих технологий по сфероидизации порошка при получении его из готового сплава. Однако эти технологии имеют существенный недостаток – большой объем получаемого материала (десятки килограмм) и высокую стоимость.

При исследовательских работах по формированию многокомпонентных сплавов такой объем материала зачастую не нужен, и нет возможности тонко изменять стехиометрический состав сплава.

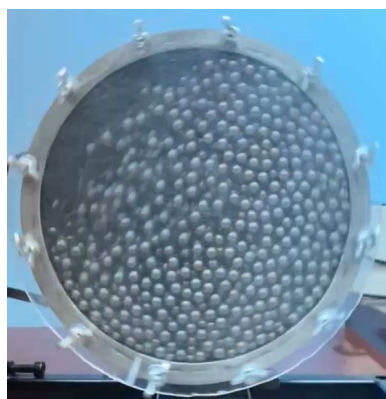
Идея получения многокомпонентных сплавов из механической смеси чистых порошков была реализована несколько лет назад командой ученых из ЮТИ ТПУ. Опыт показал, что не все механические смеси порошков после подготовки пригодны (технологичны) для технологии SLM. В первую очередь это связано с получением частиц неправильной формы (пластинчатой, игольчатой, осколочной), что снижает сыпучесть и текучесть порошка, что критично при селективном плавлении.

Для подготовки порошковой композиции была разработана шаровая мельница барабанного типа, с плавным регулированием частоты вращения. Описание устройства и режимов работы подробно приведены в работе [2]. Установлено, что при изменении частоты вращения барабана устанавливается три режима работы мельницы: каскадный (до 61 об/мин); водопадный (68–102 об/мин) и режим самофутирования (110–126 об/мин). Наибольшее ударное энергетическое воздействие мелющих тел на частицы порошка проявляется при водопадном режиме. Вектор воздействия шаров направлен преимущественно по нормали к зоне столкновения с частицами порошка. При каскадном режиме преобладает касательное воздействие мелющих тел на частицы порошка.

Идея предварительного эксперимента заключается в обработке порошка в несколько стадий: сначала при максимальном энергетическом воздействии с целью максимально смешать частицы между собой, возможно сформировать условия для механического легирования частиц. На второй стадии обработки получить такие условия, при которых форма частиц порошка будет принимать форму близкую к сфере.

Порошковая смесь загружалась в барабан, далее добавлялся спирт в количестве 5 мл, в качестве ПАВ. После этого барабан герметично закрывался и из него откачивался воздух с помощью системы вакуумирования. Затем в разряженное пространство закачивался инертный газ аргон. Вакуумирование и заполнение камеры аргоном необходимо, т. к. компоненты порошковой смеси Al, Si, Mg очень активны по отношению к кислороду воздуха и при энергетическом воздействии возможно окисление этих металлов, что категорически не допустимо.

Первая стадия обработки проводилась при частоте вращения барабана 89 об/мин (водопадный режим, рис 1, а) в течение 1 часа. Вторая стадия проводилась при частоте 68 об/мин (каскадный режим, рис. 1, б) в течение 1 часа.



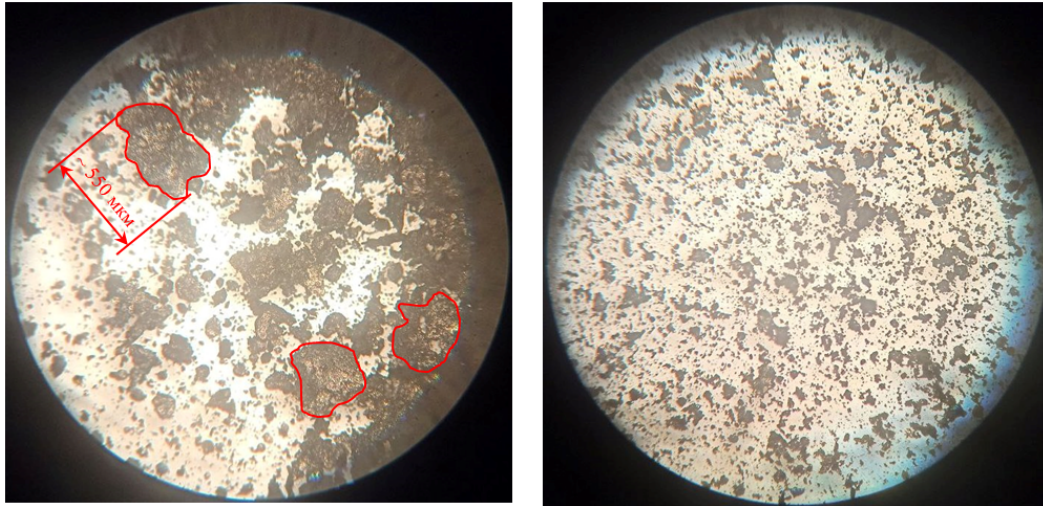
а) 89,05 об/мин



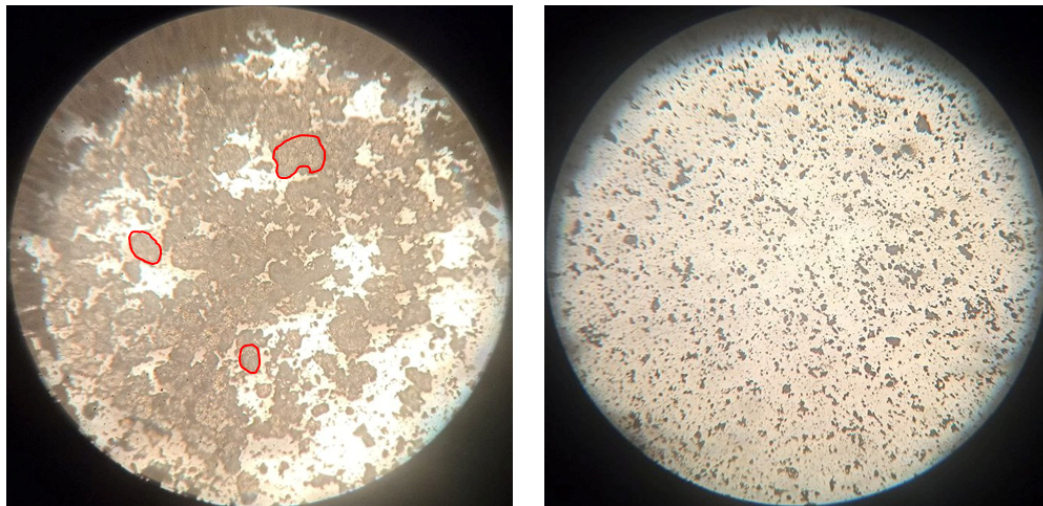
б) 68,5 об/мин

Рис. 1. Режимы работы мельницы

В результате первой стадии обработки частицы порошка получились неправильной и чешуйчатой формы (рис. 2, а). Размер крупных частиц доходит до 500 мкм. Также проводилась оценка остатка частиц. С подложки без дополнительных усилий и встряхиваний ссыпалась основная масса порошка, а остаточный (статически прилипший) оценивался на количество и форму мелких частиц. После обработки этого же порошка на втором режиме наблюдается изменение размера частиц – размер крупных частиц 0,1–0,15 мкм. Форма частиц изменилась и стала близка к форме окатышей (близкой к сферической). Количество мелких частиц (остаток) значительно уменьшилось (рис. 2, б). Это может говорить о том, что при втором режиме работы мельницы при касательном энергетическом воздействии мелющих тел происходит деформация крупных частиц порошка с захватом мелких, крупные частицы разрушаются, чешуйчатые деформируются и окатываются.



а) $n=89$ об/мин



б) $n=68$ об/мин

Рис. 2. Результаты предварительного эксперимента

Таким образом, предварительный эксперимент показал существование возможности изменения формы частиц порошковой композиции путем постобработки в шаровой мельнице на каскадных режимах. При такой обработке происходит измельчение крупных частиц, окомкование мелких частиц и приближение формы частиц близкой к сферической. Безусловно данные результаты являются не окончательными, а работа требует продолжения экспериментальных исследований.

Список использованных источников:

1. The effect of process parameters on the physical and mechanical properties of Ti fabricated by selective laser melting using ball milled powders / D. Chen, B. Liu, W. Xu, [and etc.]// Optics and Laser Technology/ – 2022. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030399222006983?via%3Dihub> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
2. Гусева Т.С. Технология и оборудование получения композитных порошков сферической формы для селективного лазерного плавления / Т.С. Гусева, Н.А. Сапрыкина, А.А. Сапрыкин, Е.А. Ибрагимов // Инновации в машиностроении: материалы докладов XIII Международной научно-практической конференции. – Барнаул : АлтГТУ, 2022. – С. 146–152.