

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТАБЛЕТОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

*Овченкова И. Ю.*

Ульяновский государственный технический университет  
Кафедра «Материаловедение и обработка металла давлением»  
Научный руководитель: к.т.н., доцент *Курганова Ю. А.*

Потребности производства и развивающаяся с огромной скоростью техника формируют необходимость создания новых материалов. Перспективным направлением является комбинирование разнородных по происхождению элементов и материалов, то есть создание КМ. Основное же достоинство композиционных материалов (КМ)- это получение материалов с заданными характеристиками.

Композиционными называют материалы, состоящие из двух или более компонентов, объединенных различными способами в монолит и сохраняющие при этом индивидуальные особенности. Комплексом свойств, отличающий КМ от других традиционных материалов, и предопределил их успешное применение для совершенствования современных и разработки принципиально новых конструкций [1].

Совместная работа разнородных компонентов дает эффект, равносильный созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из составляющих. Многообразие форм композиционных материалов (КМ) позволяет направленно регулировать прочность, жесткость, уровень рабочих температур и другие свойства путем подбора состава или изменения соотношения компонентов. Важнейшим достоинством КМ является возможность создания конструкций с заранее заданными свойствами, наиболее полно отвечающими характеру и условиям работы [2].

Эффективность использования композитов зависит от числа, размеров, формы, характера расположения и физико-механических свойств структурных составляющих, а также от прочности связи между ними. Матрица должна обеспечивать передачу и равномерное распределение нагрузки, препятствовать распространению магистральной трещины, формировать компактный материал с заданным геометрическим расположением наполнителя. Оптимальным образом выбранная матрица позволяет реализовать высокие характеристики исходных компонентов и образовать материал, отвечающий конкретным условиям работы и конструкции. Выбирая матрицу, необходимо учитывать МК механические и эксплуатационные свойства материала, так и технологичность изготовления [3].

Структурные компоненты - матрицу и наполнитель изготавливают отдельно, а окончательную структуру и эксплуатационные свойства композита формируют искусственно в процессе изготовления деталей или заготовок.

Существует много технологий изготовления металломатричных композиционных материалов, упрочненных наполнителем. На выбор варианта технологии получения влияют условия эксплуатации. Композиционные материалы (КМ) с металлическими матрицами отличаются повышенной жаропрочностью и длительной прочностью, хорошими магнитными, электрическими и демпфирующими свойствами. Высокая термическая стабильность матрицы при добавлении твердых частиц керамики определяет перспективность использования КМ на основе алюминия в триботехнических целях [3]. Такие сплавы считаются перспективными заменителями традиционных антифрикционных сплавов в связи с экономией дорогостоящих элементов, снижением веса, и относительной дешевизной [4]. Области применения дисперсно упрочненных КМ расширяются по мере их дальнейшего исследования.

Наиболее дешевыми и надежными являются металломатричные композиционные материалы на основе алюминиевых сплавов, армированных частицами SiC.

Введение в матричный расплав армирующих частиц карбида кремния оказывает заметное влияние на структуру КМ. Частицы SiC не являются центрами кристаллизации, так как обладают более низкой теплопроводностью и могут быть рассмотрены как термические стопоры, их модифицирующая роль обусловлена ограничением объемов расплава, в которых проходит ликвация. Главной задачей при получении композиционных отливок является равномерное распределение армирующей фазы в матрице. Равномерность распределения достигается режимами перемешивания и технологией изготовления отливок [4].

В композитах с металлической матрицей сочетаются достоинства конструкционных металлических материалов с достоинствами наполнителя, чаще всего высокомодульного керамического. Мелкодисперсные частицы второго компонента, равномерно распределенные в матрице, образуют структуру, эффективно сопротивляющуюся пластической деформации. Распределение дисперсных включений в матрице даже при значительном увеличении температуры не изменяется, поскольку включения, разобщенные матрицей, за счет диффузионного переноса почти не агломерируют. Дислокации, встречая на пути частицы, либо огибают их, либо перерезают, на что требуется приложение работы [5,6].

В рассматриваемой группе металломатричных композитов эффективное торможение дислокаций сочетается с равномерным их распределением в объеме материала и с определенной, обеспечиваемой матрицей подвижностью скапливающихся у барьеров дислокаций, что предотвращает хрупкое разрушение [7].

Возможность комбинирования матричных сплавов с армирующими наполнителями, варьирование количеством и размерами частиц, а также армирование не только частицами керамики, но и частицами твердой смазки, открывает широкие перспективы для использования КМ.

Прочность композиционных материалов в основном определяется размером зерна, состоянием границ зерен, а также тем, что структуры обладают избыточной внутренней энергией, при этом значительно повышается износостойкость.

Таким образом, композит, обладающий ультродисперстной структурой, имеет прочность в 1,5 – 2 раза больше, чем традиционные. Более того, его твердость выше, коррозионная стойкость больше, а износ детали, сделанной из такого материала, сокращается в 1,5 – 2,5 раза [7].

Благодаря таким свойствам потребность в структурированных дисперсноупрочненных композитах на алюминиевой основе начинают испытывать практически все отрасли производства.

В настоящее время в современную металлургию алюминиевых сплавов внедряется прогрессивный насыпной метод легирования таблетками или порошковыми композиционными брикетами (ПКБ). Такой способ легирования может быть успешно использован в литейных цехах заводов как насыпной метод добавления легирующих элементов в концентрированном виде с высокоточной регулировкой химического состава расплава при производстве высококачественных алюминиевых сплавов. Однако данный способ внедряется в основном за счет использования импортных таблеток. Разработки отечественных аналогов порошков и технологий производства из них ПКБ являются недостаточно развитыми, несмотря на то, что приоритет принадлежит, в основном, отечественным исследователям [8].

По сравнению с лигатурами использование порошковых таблеток позволяет осуществить быстрое и равномерное растворение, повысить усвояемость (более 95 масс. %) легирующего элемента в расплаве [9].

Быстрое равномерное растворение осуществляется благодаря тому, что в расплаве таблетки распадаются в течении нескольких минут на отдельные частицы порошка легирующего элемента из-за распирающего давления, образованного выделяющимися при нагреве адсорбированными и растворенными газами. Механизм быстрого растворения порошковых частиц легирующего элемента в алюминиевом расплаве основан на очищении поверхностных оксидов за счет химических реакций диссоциации и восстановления алюминием или флюсами, с выделением кислорода [9].

Углубленная проработка технологических вопросов, а также опытно-промышленное изготовление и опробование ПКБ позволяет успешно решить очень важную проблему развития отечественной алюминиевой промышленности.

В данной работе рассмотрена технология получения литых композиционных дисперсно-упрочненных частицами керамики на основе алюминиевого сплава путем введения в расплав композиционных таблеток.

Разработанная технология заключается в механическом перемешивании порошкового материала, содержащего в качестве матричного компонента алюминиевый сплав (Al+3% Mg, зернистость – до 200 мкр), а в качестве армирующего – карбид кремния (SiC, зернистость – 30 – 50 мкр) и последующем брикетировании полученного порошкового материала на гидравлическом прессе с максимальным усилием 600 кгс/см<sup>2</sup>. Далее полученные таблетки вводили в расплав дюралюминиевого сплава Д16.

В ходе проведенной работы было разработано устройство для таблетирования порошкового материала (см. рис. 1).

Рабочие детали приспособления (матрица и пуансон) изготавливались из инструментальной стали У10, подвергались закалке, в результате чего достигалась твердость 55 – 58 HRB. Сопрягаемые поверхности рабочих деталей подвергались шлифовке и соединялись по рабочему диаметру с натягом порядка 100 мкр, благодаря чему исключалась возможность перемещения порошкового материала во время движения пуансона в обратном направлении.

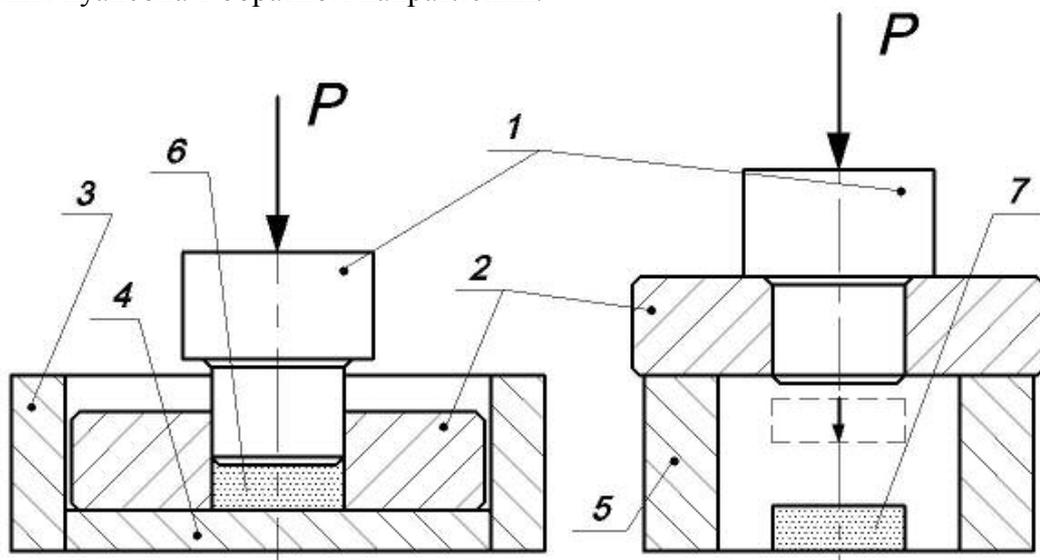


Рис. 1. Приспособления для получения композиционных таблеток (а – для прессовки порошкового материала; б – для распрессовки композиционной таблетки): 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – кольцо; 4 – плита; 5 – высадочное кольцо; 6 – порошковый материал; 7 – композиционная таблетка.

В результате проведения ряда экспериментов были изучены такие характеристики как прессуемость и распускаемость полученных таблеток в расплаве. Прессуемость

порошка, как известно, зависит от пластичности материала частиц, их размеров и формы и повышается с введением в его состав поверхностно-активных веществ. Была изучена возможность прессования порошкового материала без пластификатора на гидравлическом прессе при усилиях 2,5 МПа, 5 МПа, 10 МПа и 20 МПа, также варьировалось массовое содержание частиц керамики – 50% и 75%. По экспериментальным данным построена диаграмма (см. рис. 2) зависимости прессуемости и распускаемости от усилия прессования и массовой доли SiC.

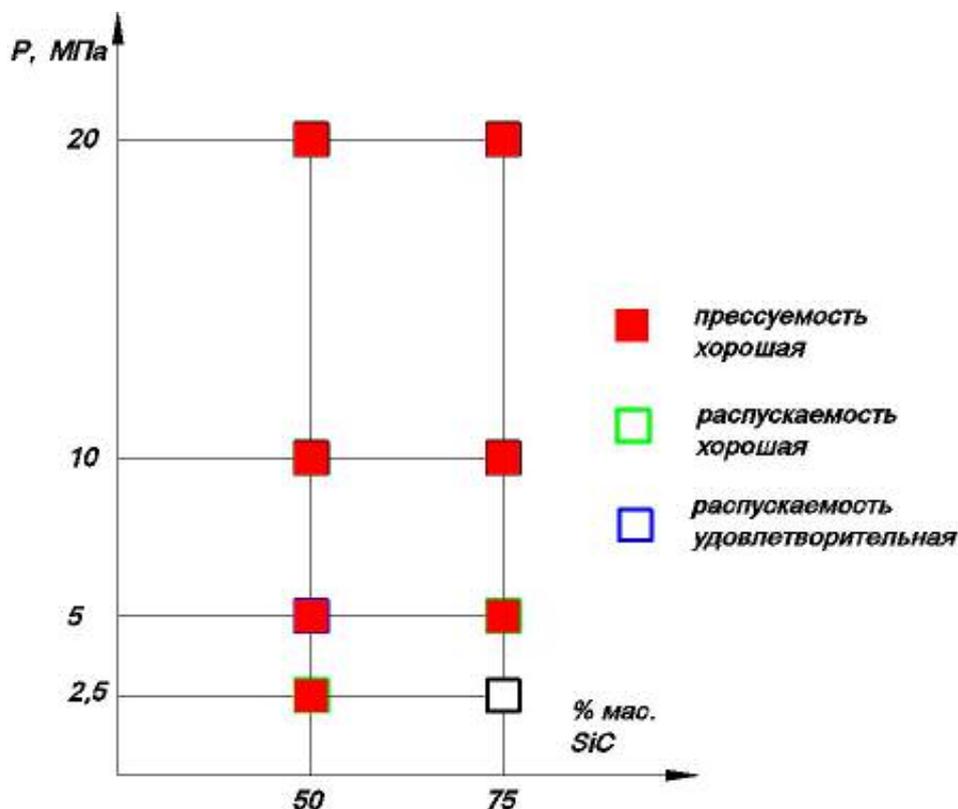


Рис. 2. Зависимость прессуемости и распускаемости от массового содержания карбида кремния и усилия прессования таблетки

Опытным путем было установлено, что содержание керамических частиц в прессуемом порошковом материале может достигать, % мас. 75%, при дальнейшем увеличении концентрации наблюдается хрупкость брикетов, а также внедрение высокопрочных частиц карбида кремния в рабочую поверхность приспособления для получения таблеток. Изготовление же таблеток с массовым содержанием карбида кремния менее 50 % не рационально для применения.

Эксперимент проводился с малыми объемами порошкового материала и масса композиционных таблеток составляла в среднем 2,5 г. Методом геометрического сравнения объема и массы была рассчитана пористость образцов, которая составила, в среднем, 30 – 40 %.

Полученные композиционные таблетки массой 2,5 г вводили в 25 г. расплава Д16 при температуре  $850 \pm 10$  °С и выдерживали при данной температуре 20 – 30 мин. для протекания процессов распределения керамических частиц по объему сплава. При нагреве расплава ниже  $850 \pm 10$  °С не обеспечивается полное протекание процессов распределения армирующих частиц, а более высокие могут вести к деградации керамической фазы. Благодаря механической обработке порошковой смеси из матричного и керамического компонентов достигается наиболее равномерное

распределение керамических частиц в матрице и лучшие механические свойства получаемого литого композиционного материала.

Данное массовое соотношение вводимых таблеток, обеспечивает в среднем 5% массового содержания SiC в получаемом литом композиционном материале. Таким образом, количество вводимых в расплав брикетов определяют расчетным путем, для достижения заданной концентрации армирующего компонента (SiC) в расплаве.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов, была разработана технология получения композиционных таблеток, изучены зависимости распускаемости от усилия прессования, определено процентное соотношение частиц керамики (75%) к общей массе таблетки при котором возможно прессование без использования пластификатора. Был изучен механизм распуска таблеток в дюралюминиевом сплаве Д16. Разработанная технология получения литого композиционного материала дисперсно-упрочненного частицами керамики с заданным процентным соотношением армирующего элемента позволяет упростить технологический процесс получения композиционных материалов и повысить культуру труда за счет удобства в использовании композиционных таблеток и простоте получения сплава с заданными характеристиками.

#### Литература:

1. Чернышова Т.А., Кобелева Л.И., Шебо П., Панфилов А.В. *Взаимодействие металлических расплавов с армирующими наполнителями.* - М.: Наука, 1993, 272 с.
2. Крейдер К. *Композиционные материалы с металлической матрицей, т.4.* - М.: Машиностроение, 1978, 503с.
3. Семенов Б.И. *Освоение композитов - путь к новому уровню качества материалов // Литейное производство, 2000, № 8, с. 6 - 11.*
4. Байкалов К.О., Курганова Ю.А. – *Материалы XIII международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред».* Тезисы докладов. – М.: Изд – во МАИ, 2007. – 268 с.: ил.
5. Валиев Р.З., Александров И.В. *Наноструктурирование металлов, полученных интенсивной пластической деформацией.* М.: Логос.2000, 272с.
6. *Проблемы нанокристаллических материалов. Сборник научных трудов.* Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 579с.
7. Ю.А.Курганова, Т.А.Чернышова, Л.И.Кобелева – *Использование интенсивного пластического деформирования с целью наноструктурирования металломатричных дисперсно-упрочненных композиционных материалов// материалы всероссийского совещания заведующих кафедр материаловедения и технологии конструкционных материалов. Тезисы докладов.* – Ульяновск.: Изд – во УлГТУ, 2006 г.
8. В.В. Уваров, И.А. Дроздов, Д.А Боднарчук - *Об использовании легирующих таблеток при выплавке алюминиевых сплавов // материалы всероссийского совещания заведующих кафедр материаловедения и технологии конструкционных материалов. Тезисы докладов.* – Ульяновск.: Изд – во УлГТУ, 2006 г.
9. Цзя Цзюн, Ли Пей-Цзе, Чень Юй-Юн. *Способы повышения усвоения легирующих элементов алюминиевыми сплавами. // Литейное производство, 1990, №11, с. 30-31*