

Литые композиционные изделия с алюминиевой матрицей

Печников А.А., Толешулы А., Мещеряков Е.Г.
Карагандинский Государственный Технический Университет,
г. Караганда, республика Казахстан
87015207944, a_pechnikov_90@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены армирующие элементы для КМ на основе матриц из алюминиевых сплавов. Приведены данные по технологии изготовления градиентно-армированных изделий. Рассмотрена технология армирования и свойства отливок заданным содержанием керамического наполнителя.

Ключевые слова: композиционные материалы, армирование, свойства, технология, центробежное литье

Композиционные материалы и изделия на алюминиевой основе отличаются достаточно высокими механическими характеристиками и хорошей технологичностью для деталей машин различного назначения, однако практическое применение их остается на низком уровне.

В настоящее время известны различные технологические процессы введения дисперсных упрочняющих компонентов в алюминиевую матрицу, в том числе твердофазное компактирование подготовленных порошковых смесей, жидкофазные методы в виде пропитки расплавом пористых тел из частиц наполнителя или замешивания их в расплав.

В качестве технологически и экономически приемлемых армирующих элементов для изделий на основе матриц из алюминиевых сплавов находят применение мелкодисперсные материалы, полученные из техногенных отходов.

Используются, в том числе, шлаки металлургических производств, ваграночной плавки, отходы обогащения, золы тепловых агрегатов, шамотный порошок, бой керамики и др., которые размалывают в порошок в шаровых или вибрационных мельницах и прокаливают в сушильных шкафах или в камерных печах.

В зависимости от их природы и вещественного состава вводимых частиц они могут способствовать повышению прочностных, фрикционных или антифрикционных характеристик матричного сплава.

Один из весьма перспективных для практического применения вариантов композиционных материалов – получение так называемых функционально- или градиентно-армированных изделий, при котором необходимые параметры физических свойств и эксплуатационных характеристик (коэффициентов трения, термического расширения, износостойкости, модуля упругости и др.) реализуются в отдельных заданных областях изделия.

Для исследования оптимальных параметров ввода армирующих частиц в расплав при получении центробежным литьем функционально армированных сплошных и полых отливок типа тел вращения с армированным слоем в различных зонах отливки по толщине были разработаны и изготовлены лабораторные центробежные машины с горизонтальным и вертикальным положением оси вращения форм. Для изменения скорости вращения форм использовали сменные шкивы.

На экспериментальной установке были изготовлены образцы ГКМ в виде втулок наружным диаметром 80 ... 100 мм, внутренним 45...70 мм и высотой 50... 60 мм. Для получения отливок с заданным содержанием керамического наполнителя готовили лигатуры с 10% содержанием армирующих частиц, которые затем при переплаве разбавлялись сплавом АК12 до необходимой концентрации.

При их изготовлении армирующие частицы механически замешивались в жидкий металлический расплав. Опробовались также и другие способы ввода армирующих частиц.

Исследовали влияние температуры композиции, величины гравитационного коэффициента и положения оси вращения на формирование в отливках градиентных слоев. Температура нагрева формы при заливке составляла $250 \pm 10^\circ\text{C}$.

Согласно данным исследований, для получения плотной отливки из алюминиево-кремниевых сплавов эвтектической концентрации минимально необходимый гравитацион-

ный коэффициент на свободной поверхности должен быть в пределах 30...50.

Расплав заливали при температурах 680, 720 и $780 \pm 10^\circ\text{C}$ и частоты вращения изложницы 1000, 1300 и 1500 мин^{-1} .

В образцах с 5% SiC40 при температуре 680°C и частоты вращения 1000 мин^{-1} градиентный слой наполнителя не образовывался, керамический наполнитель достаточно равномерно распределился по всей толщине отливки.

В образцах с SiC40 и $\text{Al}_2\text{O}_3(40)$, полученных при 780°C и 1000 мин^{-1} , у наружной поверхности в обоих случаях образовывался градиентный слой армирующих частиц, а в середине и на свободной поверхности они отсутствовали.

Были проведены эксперименты по получению ГКМ при температуре 720°C и 1500 об/мин. Анализ структуры образца состава АК12+5%SiC40 показал, что вблизи внутренней поверхности частицы SiC отсутствуют, но они все еще достаточно равномерно распределены в средней зоне отливки. На наружной поверхности наблюдалось увеличение содержания армирующих частиц.

Можно предположить, что температура заливаемого сплава влияет на характер распределения частиц больше, чем скорость вращения формы.

Исследовали процесс получения ГКМ из материала состава АК12+2% $\text{Al}_2\text{O}_3(40)$ +3% аморфного графита. При заливке такой композиции предполагалось, что более плотные частицы Al_2O_3 распределятся на периферии, а графит, имеющий меньшую плотность, чем матричный сплав, сформирует градиентный слой на свободной поверхности. Однако исследования структуры этого образца показали, что градиентный слой, полученный у наружной поверхности, состоит как из частиц Al_2O_3 , так и частиц графита. Имеется ярко выраженный переходный слой. Такое распределение графита по сечению образца может быть объяснено возможностью выполнения армирующими частицами транспортной функции, когда более плотные и мелкие частицы Al_2O_3 блокируют и перемещают менее плотный и более крупный графит к периферии формы. На наш взгляд, это позволяет создавать различные комбинации армирующих компонентов в различных частях отливки и получать отливки с заданными свойствами.

Планируются исследования с другими комбинациями компонентов.

Исследованиями установлено, что при заливке с вертикальной осью вращения ширина градиентных слоев изменяется по высоте отливки. Так, например, содержание частиц Al_2O_3 в верхней части образца несколько ниже, чем в середине и в нижней части. Эта же закономерность наблюдается и в образцах с частицами SiC. При применении частиц B4C в качестве наполнителя наружный градиентный слой в верхней части отливки немного шире, чем в середине и в нижней части. Это можно объяснить тем, что при небольшой ($0,15 \text{ г/см}^3$) разности плотностей наполнителя и сплава, меньшую роль играет процесс седиментации, а большую – условия заполнения формы при вертикальной оси вращения. При заливке с вертикальной осью вращения формообразование отливки происходит снизу вверх, и можно предположить, что некоторая часть армирующих наполнителей восходящими потоками расплава выносится в верхнюю часть отливки. При заливке с горизонтальной осью вращения такая неоднородность в распределении не наблюдается, так как заполнение формы происходит практически равномерно по всей длине отливки.

Армирующие наполнители SiC, Al_2O_3 и графит по своим теплофизическим характеристикам не могут быть центрами кристаллизации. Эффект модифицирования может быть связан с эффектом ограничения объемов кристаллизующегося расплава в зонах с высоким содержанием армирующих частиц и, как следствие, с невозможностью роста кристаллов в условиях ограниченного питания. В зонах, где отсутствует наполнитель, наблюдается рост кристаллов, и они превращаются в крупные дендриты, типичные для структуры силуминов, затвердевающих при малых скоростях охлаждения.

Была измерена твердость образцов ГКМ в градиентном слое и в центральной части. Установлено, что максимальную твердость в наружном слое имеет композит состава АК12+10% $\text{Al}_2\text{O}_3(40)$, что связано с высоким процентным содержанием твердого наполните-

ля. В переходном слое твердость уменьшается за счет снижения в нем концентрации частиц Al_2O_3 . Твердость наружного слоя в полиармированном образце состава АК12+2% Al_2O_3 40+3% графита несколько ниже, что обуславливается меньшим количеством частиц Al_2O_3 и присутствием мягких частиц графита. В переходном слое происходит заметное снижение твердости за счет уменьшения концентрации частиц Al_2O_3 .

В результате проведения исследований были оптимизированы температурные режимы литья, обеспечивающие формирование плотных градиентных слоев в АКМ: температура композиции $780 \pm 10^\circ C$, температура формы $250 \pm 10^\circ C$, частота вращения формы 1000 мин^{-1} .

Литература

1. Отечественные Al-сплавы, применяемые для изготовления отливок автомобилей «Жигули»/ В.А. Ивлев// Литейное производство, 1999.- №2.- с.15-16.
2. Получение плотных отливок из модифицированных силуминов/ Б.М. Немененок, С.П. Задруцкий, А.М. Галушко, А.П. Бежок, И.И. Баешко// Литейное производство, 2006. - №3.- с.17-19.
3. Материаловедение. Изд. 5./ А.А. Черепрахин: М., изд. центр «Академия», 2012 – с. 253.
4. Влияние способа обработки расплава на структуру и свойства алюминиевых сплавов/В.Л. Найдек, А.В. Наривский //Литейное производство, 2003.-№9.- с. 2-3.

Влияние армирования на структуру, механические и технологические свойства КМ

Печников А.А., Толешулы А., Мещеряков Е.Г.
Карагандинский Государственный Технический Университет,
г. Караганда, Республика Казахстан
87015207944, a_pechnikov_90@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрено влияние армирования на свойства композиционных материалов. Приведены технологические режимы обеспечивающие равномерное распределение частиц в матрице. Выявлено влияние наполнителей на изменение литейных свойств алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: композиционный материал, армирование, свойства, технология, литье.

Введение в алюминиевые расплавы дисперсных тугоплавких наполнителей способствует уменьшению дендритного параметра литой структуры. Частицы керамики не являются центрами кристаллизации, но оттесняются растущими дендритами α – алюминия в междендритные пространства, обогащенные легкоплавкими фазами. Модифицирующая роль частиц керамики обусловлена ограничением объемов расплава, в которых проходит ликвация. Частицы металлоподобных карбидов и интерметаллидов также оказывают модифицирующее влияние на литую структуру КМ, но уже как центры кристаллизации. При добавлении в состав КМ частиц графита последние располагаются преимущественно в междендритных пространствах, а также могут служить подложкой для кристаллов первичного кремния в силуминах. Установлено, что с ростом содержания в КМ частиц керамики и графита измельчение фрагментов структуры усиливается.

При увеличениях оптического микроскопа видно, что частицы керамики сохраняют скользящие формы, т.е. жидкофазный процесс не вызывает деградации армирующей фазы (рисунки 1).

С другой стороны, отсутствие пустот и пор на границах раздела свидетельствует об удовлетворительной межфазной связи «наполнитель-матрица». Распределение частиц в матрице зависит от их природы и условий затвердевания композиционных отливок. При увеличении скоростей затвердевания литая структура матриц оказывается более дисперсной, частицы распределяются в матрице более однородно. Полиармирование КМ, или введение в матрицу частиц разной природы, осуществляют с целью расширения эксплуатационных возможностей КМ.