

армируючих елементов по сечению отливки, благодаря одновременному заполнению металлом формы по всей длине отливки и отсутствия оседания частиц. Полученные детали имеют армированную наружную или внутреннюю поверхность (зону), в зависимости от соотношения плотности частиц и матричного сплава [4].

Для определения рациональных составов композитов на основе алюминия и выбора наиболее рациональных наполнителей был проведен расчет траектории движения различных армирующих частиц с различной плотностью при получении композитных заготовок методом центробежного литья. Установлено, что частицы бронзовой стружки, имеющие наибольшую плотность ($\rho = 8820 \text{ кг/м}^3$) достигнут области наружной поверхности гораздо быстрее, чем частицы карбида кремния ($\rho = 3200 \text{ кг/м}^3$) и каменного литья ($\rho = 3000 \text{ кг/м}^3$), имеющие более низкую плотность, а частицы алюмосиликата ($\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$) будут оттесняться к внутренней поверхности отливки. В результате этого воздействия композиционные материалы, армированные бронзовой стружкой, будут иметь более плотный наружный слой, т. к. процесс пропитки будет происходить более полно.

Результаты расчетов подтверждает физическое моделирование процессов происходящих при центробежной заливке гетерогенных суспензий, полученных введением в воду частиц различной плотности. С увеличением скорости вращения формы во вращательное движение вовлекается все более толстый слой жидкости, часть которой под действием силы тяжести сползает обратно в ванну (т. н. дождевание). Лишь при скорости, соответствующей установившемуся режиму вращения, весь объем жидкости полностью вовлекается во вращательное движение, причем при вводе частиц бронзовой стружки данный режим наблюдается уже при скорости вращения равной 550 об/мин, а при использовании полистирола только при 650 об/мин. Следовательно, пропитка бронзовой стружки будет начинаться раньше, чем других частиц, имеющих более низкую плотность.

Проведенные расчеты и моделирование процесса центробежного литья дало возможность получить плотные литые композиционные отливки на основе алюминия армированные элементами бронзовой стружки и частицами каменного литья с наружным композитным слоем (4...5 мм) и равномерным их распределением по всей длине втулки.

Литература:

1. С.С. Гусев, Д.Н. Лобков, С.С. Казачков Использование методов центробежного литья для получения изделий из композиционных материалов с упрочненной поверхностью // «Материаловедение». – 1999.- №5. – С. 50-53.
2. Эскин Г.И. и др. Устранение структурной неоднородности композитов на основе алюминиевых сплавов с целью повышения их качества // Литейное производство. – 2001.- №9. – С.2-8.
3. A. Dolata-Grosz и др. Struktura strefowa kompozytow AK12-Al₂O₃-AK12-SiC kształtowana w Prozesie odlewania odsrod kowedo // Kompozyty.-2002.-№5. – С. 305-308.
4. J. Braszczyński. Lite kompozytni materially s kovovou matrici // Slevarenství. 2004.- №6. – С.209-212.

Затуловский А.С., Щерецкий В.А., Ивахненко М.О.

(ФТИМС НАН Украины, г. Киев)

ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ПРИ ЦЕНТРОБЕЖНОМ ЛИТЬЕ ГЕТЕРОФАЗНЫХ МЕТАЛЛОКОМПОЗИТОВ

E-mail: kompozit@ptima.kiev.ua

Широкое промышленное применение находят литые композиционные материалы (ЛКМ) на алюминиевой основе как конструкционные и функциональные сплавы. Преимущества их состоят в том, что они обладают высокой удельной прочностью, износостойкостью, а также некоторыми другими повышенными физико-механическими

свойствами [1]. В основном ЛКМ получают с помощью технологий твердо-жидкофазного совмещения (пропитки, специальных методов литья) [2]. Центробежное литье – уникальный способ создания заготовок деталей со слоистой градиентной структурой, у которых за счет направленного осаждения частиц в жидкометаллической суспензии могут быть организованы поверхностные зоны (слои) с повышенной концентрацией армирующих частиц [3-5]. Получение композитов методом центробежного литья с горизонтальной осью вращения дает возможность получать заготовки с дифференцированным распределением армирующих элементов по сечению отливки, благодаря одновременному заполнению металлом формы по всей длине отливки и отсутствия оседания частиц. Полученные детали имеют армированную наружную или внутреннюю поверхность (зону), в зависимости от соотношения плотности частиц и матричного сплава [6].

Для определения рациональных составов композитов на основе алюминия и выбора наиболее рациональных наполнителей был проведен расчет траектории движения различных армирующих частиц с различной плотностью при получении композитных заготовок методом центробежного литья. При расчетах учитывались следующие силы, влияющие на поведение частицы, вброшенной в движущийся расплав алюминия: сила лобового сопротивления расплава, сила тяжести, центробежная сила, сила Архимеда и сила Кориолиса. Графические результаты расчетов представлены на рис. 1.

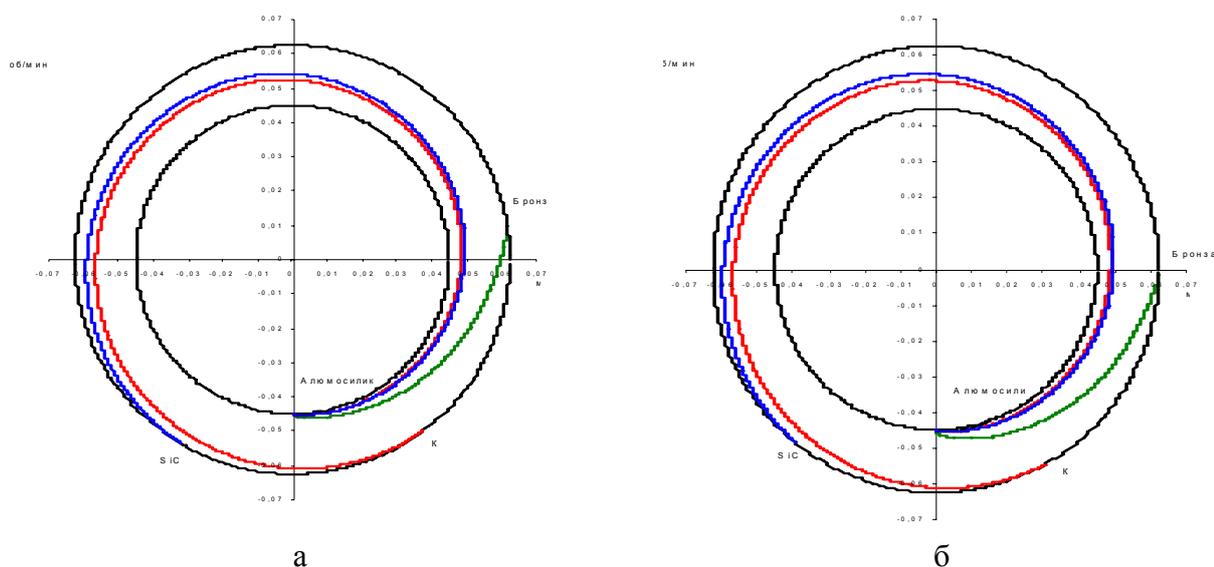


Рис. 1. Траектория движения армирующих частиц в алюминиевом расплаве при центробежном методе литья с горизонтальной осью вращения при различных скоростях вращения кокиля: а – 1500 об/мин; б – 1000 об/мин

Установлено, что частицы бронзовой стружки, имеющие наибольшую плотность ($\rho = 8820 \text{ кг/м}^3$) достигнут область наружной поверхности гораздо быстрее, чем частицы карбида кремния ($\rho = 3200 \text{ кг/м}^3$) и каменного литья ($\rho = 3000 \text{ кг/м}^3$), имеющие более низкую плотность, а частицы алюмосиликата ($\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$) будут оттесняться к внутренней поверхности отливки. В результате этого воздействия композиционные материалы, армированные бронзовой стружкой, будут иметь более плотный наружный слой, т. к. процесс пропитки будет происходить более полно.

Данные результаты расчетов подтверждает физическое моделирование процессов происходящих при вращении частиц полистирола и бронзовой стружки, помещенных в воду (рис. 2).

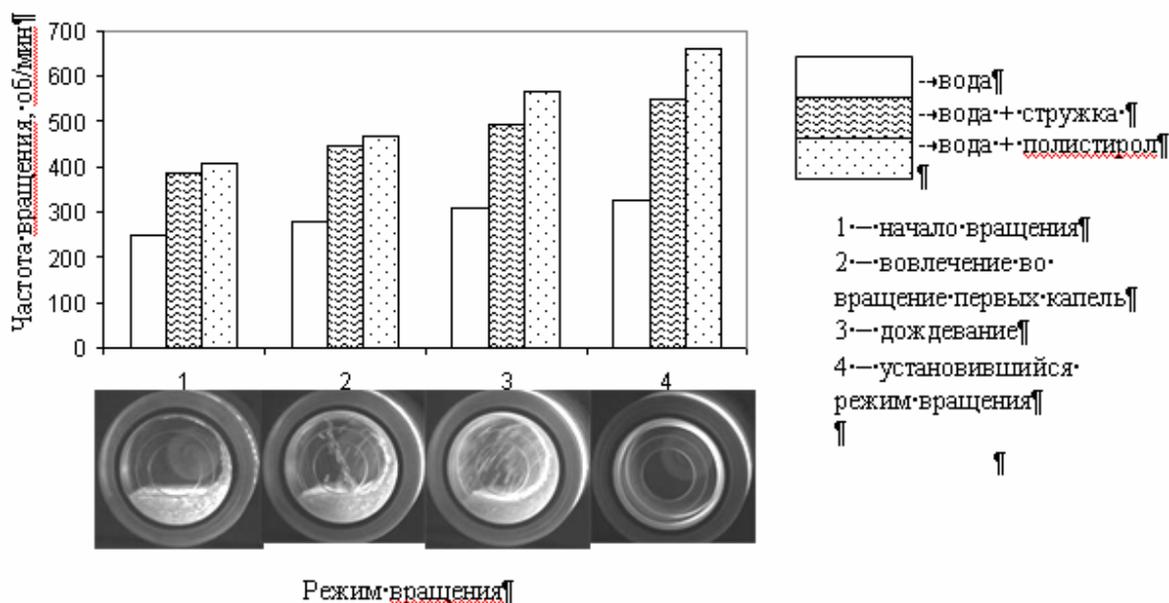


Рис. 2. Определение режимов вращения в зависимости от скорости и плотности наполнителей

Как видно, с увеличением скорости вращения формы во вращательное движение вовлекается все более толстый слой жидкости, часть которой под действием силы тяжести сползает обратно в ванну. Лишь при скорости, соответствующей установившемуся режиму вращения, весь объем жидкости полностью вовлекается во вращательное движение, причем при вводе частиц бронзовой стружки данный режим вращения наблюдается уже при скорости вращения равной 550 об/мин, а при использовании полистирола только при 650 об/мин. Следовательно, пропитка бронзовой стружки будет начинаться раньше, чем других частиц, имеющих более низкую плотность. Но и в этом случае скорость движения внутренних слоев сильно отстает от скорости наружных, т.к. при ударе о дополнительную порцию жидкости внутренние слои снова начинали сползать подобно случаю 2 и 3. Поэтому скольжение элементарных слоев жидкости во вращающейся форме есть фактор объективный, без учета которого нельзя рассматривать механизм формирования центробежной отливки.

По закону Ньютона, залитая во вращающуюся форму жидкость вовлекается во вращательное движение действием тангенциальных сил трения, возбуждаемых поверхностью вращающейся формы: $P = \eta fV/S$. Согласно этой формуле, тангенциальные силы P (кг) прямопропорциональны коэффициенту вязкости η (кг·с/м²), поверхности соприкосновения f (м²), скорости вращения формы V (м/с) и обратно пропорциональны толщине слоя жидкости S (м), т.е. количеству элементарных слоев, вовлеченных во вращательное движение. В соответствии с этой формулой, зависимость тангенциальных сил от указанных значений характеризуется в поперечном сечении вращающегося слоя жидкости с постоянной вязкостью убывающей кривой, свидетельствующей о скольжении элементарных слоев, как относительно поверхности формы, так и относительно друг друга. Действие закона Ньютона и характер скольжения слоев и подтверждает моделирование с использованием воды на центробежной машине при различных скоростях вращения.

Проведенные расчеты и моделирование процесса центробежного литья дало возможность получить плотные литые композиционные отливки на основе алюминия, армированные элементами бронзовой стружки и частицами каменного литья с наружным композитным слоем (4...5 мм) и равномерным их распределением по всей длине втулки.

Література:

1. Т.А. Чернышева, Л.И. Кобелева и др. // Перспективные материалы, 69, №3 (2004).
2. Е.В. Миронова, Процессы литья, 27. №4 (2004).
3. С.С. Гусев, Д.Н. Лобков, С.С. Казачков Использование методов центробежного литья для получения изделий из композиционных материалов с упрочненной поверхностью, «Материаловедение», 1999г., №5. – С. 50-53.
4. Эскин Г.И. и др. Устранение структурной неоднородности композитов на основе алюминиевых сплавов с целью повышения их качества //Литейное производство, 2001, №9, С. 2-8.
5. A. Dolata-Grosz и др. Struktura strefowa kompozitow AK12-Al2O3-AK12-SiC kształtowana w Prozesie odlewania odsrod kowedo, Kompozyty, 2002 (2), 5. – С. 305-308.
6. J. Braszczyński. Lite kompozitni materially s kovovou matrici // Slevarcnstvi, 2004, №6. – С.209-212.

Затуловский А.С., Щерецкий В.А.
(ФТИМС НАН Украины, г. Киев)

**ЛИТЫЕ МЕДНОМАТРИЧНЫЕ КОМПОЗИТЫ, АРМИРОВАННЫЕ
ЭНДОГЕННЫМИ ВЫСОКОМОДУЛЬНЫМИ ФАЗАМИ, КОТОРЫЕ
ОБРАЗУЮТСЯ ЗА СЧЕТ ТВЕРДО-ЖИДКОГО МАССОПЕРЕНОСА И
МОНОТЕКТИЧЕСКОГО РАССЛОЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

E-mail: kompozit@ptima.kiev.ua

Повышенные требования к уровню триботехнических свойств материалов, соответственно экстремальным условиям эксплуатации многих видов деталей, сегодня невозможно реализовать за счет использования лишь серийных сплавов и традиционных методов их обработки: легирование, модифицирования, термообработки, и т.п.. Необходимость и актуальность создания и внедрения в промышленность новых антифрикционных металлокомпозитов- очевидна. [1] Эффективность использования биметаллических структур сталь-медь для триботехнических узлов, которые работают в тяжелых условиях трения скольжения, в которых каждый слой выполняет свое функциональное назначение уже доказано опытом их использования в металлургической, автомобильной, энергетической и др. областях промышленности [2].

Консолидация биметалла рассматривается в рамках диффузного механизма соединения слоев, с изучением структурообразования переходной зоны. По результатам исследований микроструктур переходных зон соединения слоев биметаллов, проведенных в отделе композиционных материалов ФТИМС НАНУ, можно утверждать о сложных механизмах формирования переходной зоны биметаллов, обусловленных наличием монотектической реакции в тройной диаграмме Cu-Fe-C, под влиянием которой формируется структура переходной зоны биметалла сталь – медный сплав. Учитывая то, что согласно бинарным диаграммам фазового равновесия, между основными химическими элементами биметаллической системы (железо, углерод, медь) вторичные соединения отсутствуют, а в системе медь-железо обоюдно образуются ограниченные твердые растворы, тогда как в системе медь-углерод взаимная растворимость элементов пренебрежительно мала, углерод в форме графита фактически не смачивается медным расплавом – именно описанный выше механизм определяет формирование эндогенной железосодержащей фазы, которая формируется в жидкости и кристаллизуется в виде дисперсной фазы. Таким образом, в системе железоуглеродистый сплав 1 (твердая фаза) – медный расплав (жидкая фаза) – железоуглеродистый сплав 2 (твердая фаза), при условии наличия градиента концентраций между железоуглеродистым сплавом 1 и 2 при температуре монотектического расслоения Fe-Cu-C, возникают дисперсные зоны