

Сравнение усадочных процессов и распределение пористости при моделировании заливки сбоку единичного слоя композиционного материала.

Машинов С.А., Калининченко В.А.

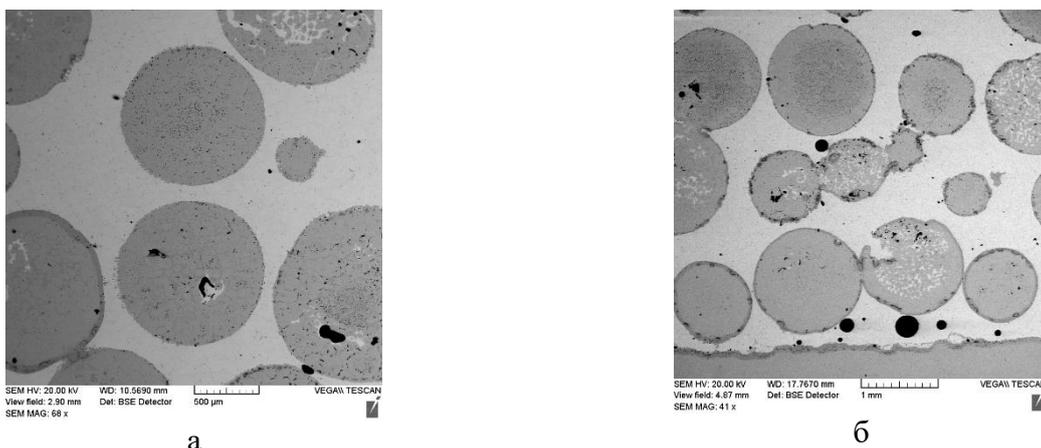
Белорусский национальный технический университет

Металлические композиционные материалы нашли широкое применение в узлах трения тяжело нагруженных, низкоскоростных узлах трения, работающих в тяжелых условиях. В качестве примера можно привести различные типы устройств с малыми угловыми скоростями вращения композиционного подшипника [1]. Однако работа в таких условиях требует и повышенного внимания к качеству композиционной втулки в узле трения. Для длительного срока службы большую роль играет плотность изделия, однако при любом виде литья существует риск возникновения различных дефектов. Самыми известными из них считаются усадка и пористость. Для понимания как эти дефекты повлияют на отливку из композиционного материала было принято решение провести как опытные, так и виртуальные заливки с использованием специальных программ компьютерного моделирования. Одной из таких программ является «LVMFlow». LVMFlow представляет собой, программный комплекс для компьютерного моделирования технологий изготовления литых деталей из металлических сплавов (стали, чугуны, бронзы, латуни, сплавы на основе алюминия и магния) [2].

На первом этапе была проведена заливка пробных композиционных материалов состоящих из бронзовой матрицы упрочненной чугуном дробью марок ДЧЛ 0.5 (диаметр дробинки 0,5 мм), ДЧЛ 1 (диаметр дробинки 1,0 мм) и их смесью в равной объемной пропорции. Внешний вид структуры композиционного материала с дробью ДЧЛ 0,5 и со смешанной дробью представлен на рис. 1. При этом для оптимизации процесса заливки проводилась как сверху, так и снизу с применением боковой подачи металла.

Визуально видно, что дробь выстраивается в условные линии, заполненные закристаллизовавшейся бронзой. По причине сложности моделирования процесса движения металла во всем объеме композита, было принято решение на первом этапе рассмотреть отдельно взятую линию и изучить процессы при ее заполнении различных вариантов комбинации дроби. Кроме того, как видно из рис. 1 по сечению образца присутствуют поры (окружности ярко черного цвета). Их влияние на эксплуатационные свойства изделия может быть как положительным – место сбора масла во втулке, так и отрицательным – снижение прочности изделия. Однако в любом случае оценка вероятности их возникновения и распределения по втулке играет важную роль.

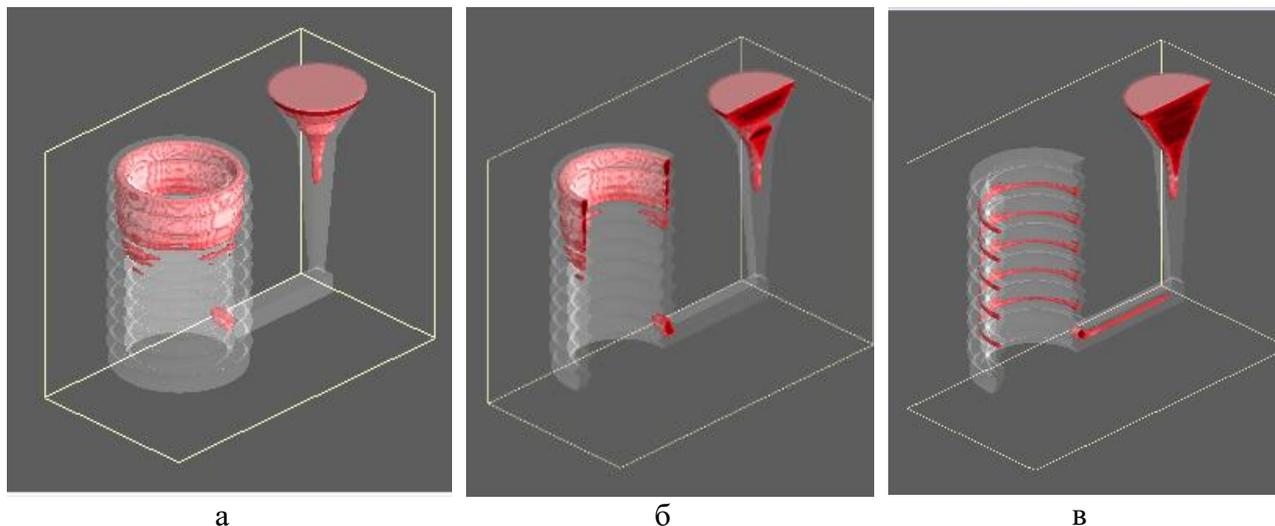
На основании визуального осмотра, было выявлено, что при заливке композиционного материала сверху особых вопросов к качеству полученных отливок не возникло. Как результат особый интерес представляло изучение более сложной технологии заливки, а именно снизу с боковым подводом металла. Далее был поставлен вопрос о моделировании процессов, происходящих в отливке. Компьютерное моделирование и оптимизация технологий, в том числе, и литейных технологий, является важным направлением развития программных продуктов компьютерного инженерного анализа – CAE – Computer Aided Engineering. Специализированное программное обеспечение ориентировано на эффективную работу инженера-технолога и позволяет имитировать технологические процессы виртуально. С помощью пакета «КОМПАС-3D» произвели построение 3D-моделей. Для моделирования процесса заливки и затвердевания отливки была выбрана программа «LVMFlow». Она предназначена для решения задач литейного производства. «LVMFlow» позволяет проследить: заполнение формы металлом, расчет температурных полей, расчет поля жидкой фазы, расчет поля скоростей, расчет конвективных потоков, расчет поля давлений, расчет сегрегации (химическую неоднородность), расчет дефектов и др.



а – дробь ДЧЛ 0,5, б – смесь дроби ДЧЛ 0,5 и ДЧЛ 1 в равной объемной пропорции.

Рисунок 1 - Внешний вид композиционного материала

Как уже было отмечено ранее, программа «LVMFlow» позволяет смоделировать и оценить все необходимые процессы. С ее помощью было проведено моделирование усадочных процессов в форме и оценка пористости отливки с помощью критерия Ниямы используемого для предсказания образования пористости. Методика прогноза пористости по критерию Нияма заключается в вычислении числа Нияма в исследуемой точке отливки с помощью численного моделирования и сравнении его значения с критическим значением, определяемым экспериментально. На рис. 2 представлено распределение усадочных дефектов по всем трем типам залитых композиционных материалов.



а - ДЧЛ 0.5 (диаметр дробинок 0,5 мм), б - ДЧЛ 1 (диаметр дробинок 1,0 мм),
в - их смесь в равной объемной пропорции

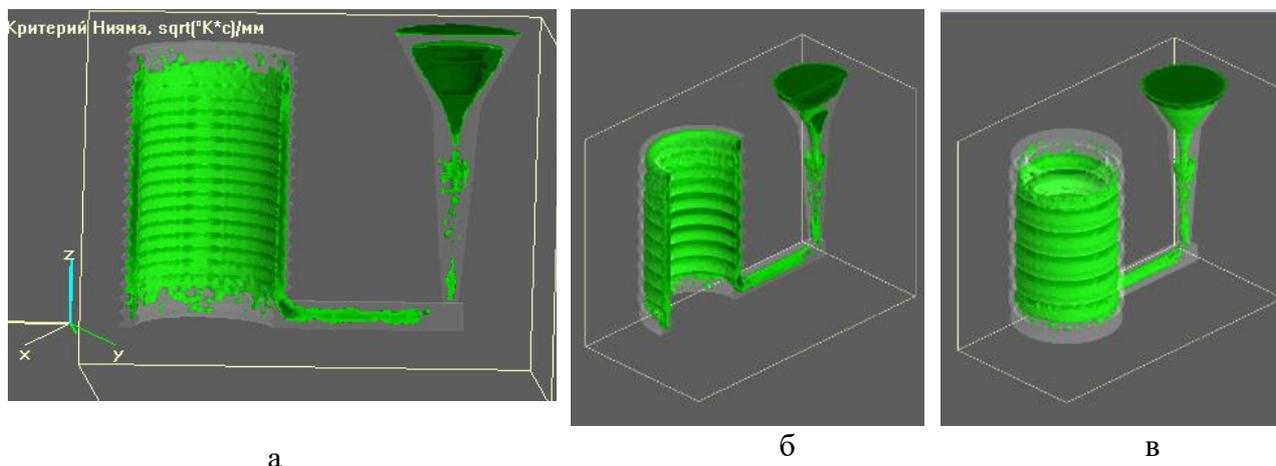
Рисунок 2 - Модель усадки в литых композиционных материалах, состоящих из бронзовой матрицы упрочненной чугуном дробью различных марок.

Как видно из рисунка, усадочные процессы, происходящие в слое композиционного материала напрямую зависят от размера армирующей составляющей (дроби). Видно, что усадочные процессы, происходящие в материалах с одинаковой маркой армирующей составляющей сосредоточены в верхней части отливки, в то время как у втулки с наполнителем из смеси дроби усадочные процессы захватывают практически все тело получаемого изделия, хотя и в относительно небольших количествах. В результате можно с уверенностью утверждать, что отливки, содержащие в себе армирующую составляющую различных типоразмеров, имеют

склонность к наличию усадочных раковин и пористости по всему телу отливки. А оптимальной плотностью тела втулки представляют собой отливки с наиболее крупной фракцией армирующей составляющей.

Следующим этапом был выбран процесс оценки пористости образцов, прошедших моделирование на усадку. Результаты по распределению пористости представлены на рис. 3. Как видно из рисунка, процессы порообразования у отливок со всеми фракциями дробы находится практически на одном уровне. Видно, что у отливки армированной дробью ДЧЛ 0,5 практически отсутствует пористость в районе стояка. В отливках при наличии более крупной армирующей составляющей характер распределения критерия Нияма практически одинаков.

В отличие от варианта моделирования усадки, где композиционный материал, армированный крупной дробью, показал наилучший результат, в данном случае результат получился противоположным. Данный факт возможно объясним широкими каналами между дробинами, и как результат возможность получения микровихрений в них со последующим захватом воздуха и повышенной склонностью к образованию пористости.



а - ДЧЛ 0.5 (диаметр дробинки 0,5 мм), б - ДЧЛ 1 (диаметр дробинки 1,0 мм), в - их смесь в равной объемной пропорции.

Рисунок 3 - Модель распределения пористости по критерию Ниямы в литых композиционных материалах, состоящих из бронзовой матрицы упрочненной чугуном дробью различных марок

Вывод: при моделировании заливки втулки из композиционного материала была показана перспективность заливки изделий на основе дробы одной фракции при анализе условий усадочных процессов. Однако, при моделировании распределения пористости по объему отливаемой заготовки отливки показали себя на высоком уровне.

Литература

1. Калиниченко В.А., Андрушевич А.А. Литые композиционные материалы: состояние и перспективы получения. Литейщик России №2. 2023. С. 27-36.
2. Калиниченко В.А. Моделирование получения металлических ударопрочных композиционных подшипников скольжения, их основные свойства. Сборник тезисов докладов 5 МНПК Инновационные технологии в АПК 17.11.2021. Гомель. С. 67-68.