

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УЧЕТА ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СПЛАВОВ**

*С.С. Сотников, С.Г. Лихоузов*

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор *А.Н. Чичко*  
*Белорусский национальный технический университет*

В данной работе излагаются некоторые подходы к моделированию кристаллизации на ЭВМ. Рассмотрены методы решения одной из важных проблем при моделировании процесса кристаллизации — расчет скрытой теплоты с учетом инертности кристаллизации. Исследован один из часто распространенных методов — корректирование теплоемкости сплава, для чего в промежутке между ликвидусом и солидусом вычисляется корректирующее значение теплоемкости и прибавляется к номинальной теплоемкости сплава при данной температуре; полученное значение теплоемкости используется при расчете. Показано, что при данном методе не учитывает инертность кристаллизации и поэтому не подходит для моделирования интенсивного охлаждения сплава.

Для отражения в моделировании инертности кристаллизации предложен метод накопления скрытой теплоты, при котором рассчитанная скрытая теплота не сразу идет на компенсацию охлаждения сплава, а равномерно распределяется на некотором интервале времени, так что скорость выделения скрытой теплоты при моделировании нарастает плавно. В результате при быстром охлаждении сплава выделение накопленной скрытой теплоты может полностью скомпенсировать, или даже превысить потерю теплоты в результате теплопередачи, моделируя, таким образом, разогрев переохлажденного сплава в результате выделения теплоты при кристаллизации. Выделение скрытой теплоты при кристаллизации начинается гораздо позже, чем при использовании метода корректирования теплоемкости.

На основе предложенного метода был разработан алгоритм и программа моделирования кристаллизации сплавов в сложных пространственных структурах. Компьютерная программа, реализующая данный алгоритм, использует метод конечных разностей для представления объектов. В ней предусмотрено задание начальных и граничных условий, а также введение сложных элементов изображения трехмерного объекта. Программа ориентирована на решение задач, связанных с кристаллизацией сплавов в литейных формах.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЛИТОЙ СТРУКТУРЫ СТАЛИ 35Л И 20 ГСЛ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БКЛ**

*С.А. Вовся, Л.А. Кобилецкая, Д.В. Кондратьев*

Научный руководитель – к.т.н., доцент *В.А. Стасюлевич*  
*Белорусский национальный технический университет*

В данной работе проводились исследования по улучшению физико-механических характеристик и эксплуатационных свойств стали 20 ГСЛ за счет формирования оптимальной структуры на стадии кристаллизации.

Известно, что одним из способов получения отливок с определенной структурой и свойствами является метод воздействия на процесс зональной ликвиции введением модифицированных добавок в расплав и снижение температуры заливаемого расплава. Эти способы можно регулировать и управлять процессом затвердевания металла и получать в средних слоях крупных отливок условия для возникновения зародышей мелких равноосных кристаллов. Это приводит к образованию во внутренней части отливки структурной зоны, состоящей из равноосных различно ориентированных дендритов. Цель исследования – определение возможной причины получения нестабильных значений ударной вязкости стали 20ГСЛ. В качестве модификатора эффективно влияющего на процесс улучшения жидкотекучести и тем самым обеспечение снижения температуры заливки расплава была выбрана бескремниевая комплексная лигатура (БКЛ). После выплавки заготовки подвергались

термообработке: нормализации 880-930 °С и отпуску 630-660 °С. Микрошлифы, изготовленные на половинках ударных образцов, подвергались исследованиям по определению зерна, оценивалась загрязненность металла неметаллическими включениями, определялась микротвердость.

Анализ результатов металлографической оценки загрязненности металла неметаллическими включениями показал, что неметаллические включения не превышают 2 балла по хрупким силикатам, 1-го балла по точным оксидам, 0,5 балла по сульфидам. В результате использования БКЛ на литом металле стали марки 20ГСЛ были получены стабильные значения механических свойств как прочностных, так и пластических, удовлетворяющих требованиям для данной марки стали, причем отмечается повышение уровня значений ударной вязкости.

Реализация технологий, отвечающих поставленным требованиям, проводилась в сталелитейном цеху УРП «МоАЗ им.С.М.Кирова».

## ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В.С. Козюченко, М.И. Курбатова, Е.С. Сериков*

Научный руководитель – *М.И. Курбатов*

*Белорусский национальный технический университет*

Перспективным направлением литейного производства является использование композиционных материалов для изготовления кокилей.

В качестве композита интересно использование спеченных пористых материалов, которые позволяют создавать кокили с повышенной термостойкостью и определенными теплофизическими свойствами. Использование основного несущего и термостойкого слоев, а также возможность расчленения литейной полости кокиля позволяет снизить термические напряжения. Для эффективного подбора теплофизических свойств материала в широких пределах и увеличения прочности формы возможна пропитка пористого материала различными металлами.

Однако затраты на изготовление порошковых материалов значительно превосходят по стоимости литую заготовку, а качество получаемых заготовок во многом определяется способом получения порошков, их фракционным составом, однородностью перемешивания и другими факторами.

Конструкция кокиля выполненного в виде пакета металлических пластин и огнеупорных материалов, предлагается в работе (1). Кокиль, обладая газопроницаемостью, обеспечивает высокое качество литых заготовок, особенности его конструкции позволяют устранить коробление кокиля в процессе работы.

Японские специалисты предлагают использовать пористую литейную металлокерамическую форму, изготовленную из тонкой проволоки нержавеющей стали сплетенной с волокнистым огнеупорным материалом (2). Изготовленная таким способом форма имеет газонепроницаемость 40-60%, что обеспечивает хорошую гидродинамику заполнения формы при ее заливке.

Дальнейшим развитием идеи сборных кокилей из нормализованных элементов является разработка игольчатых кокилей. Идея создания таких кокилей впервые была предложена П.И.Степиным (3). Автор предложил рабочую поверхность формы формировать торцами проволок. Игольчатый кокиль не коробится, температурные напряжения в нем минимальны, при хорошей газопроницаемости его стойкость в десятки раз превышает стойкость монолитных кокилей. Время затвердевания отливок в игольчатом кокиле на 15-25% больше, чем в монолитном, изготовленном из того же материала, что является важным для получения чугунных заготовок без отбела (4).

Несмотря на очевидные преимущества рассмотренных композиционных материалов, сведения о широком использовании их в литейном производстве отсутствуют.