

твердении» огнеупорных материалов происходит полимеризация фосфатных связок – объединение существующих или вновь образовавшихся соединений в крупные молекулы, что и приводит их к затвердеванию. Под действием термонагрузок фосфатные связующие становятся хрупкими, что позволяет выбивать стержни из отливок механическим способом.

Жидкое стекло представляет собой водный раствор силиката натрия $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Особенностью жидкого стекла является способность быстро затвердевать при продувке углекислым газом или при тепловой обработке. Тепловую сушку применяют крайне редко, т.к. данный процесс является весьма энергозатратным и как следствие дорогостоящим. CO_2 -процесс обладает рядом преимуществ: низкая стоимость исходных материалов и их доступность; простота технологии, экологическая безопасность процесса. Однако, основными недостатками процесса являются затрудненная выбиваемость, большие трудозатраты на финишных операциях, затрудненная регенерация отработанных смесей, большой объем вывоза их в отвал.

Цементы были первыми связующими, примененными в 30-е годы для изготовления форм, отверждаемых на воздухе. Цемент получают путем обжига при 1300–1450°С до спекания измельченных смесей природных пород известняка и глины или других минералов. Упрочнение форм основано на гидратации при взаимодействии с водой минералов цемента с образованием кристаллогидратов, которые, срастаясь, создают связи между песчинками смесей. Недостатком цементов, как связующих, является снижение активности при длительном хранении вследствие образования гидратных оболочек на их частицах.

Учитывая все преимущества и недостатки неорганических связующих материалов можно сделать вывод об их высоком потенциале в отличие от органических связующих материалов, неорганические являются экологически чистыми. Они имеют более низкую цену, а также хорошо выдерживают воздействие высоких температур.

Список использованных источников

1. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства. Формовочные материалы и смеси/ Д.М. Кукуй, Н.В. Андрианов // уч. пособие – Мн.: БНТУ, 2005. – 301 с.

УДК 621.746

Применение неравновесного затвердевания для получения новых материалов

Студент гр. 10404116 Прищепчик Н.И.

Научный руководитель – Калиниченко А.С.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Современное развитие техники требует создание новых материалов с заданными свойствами, которые должны превосходить существующие по своим эксплуатационным характеристикам. Огромные возможности в создании новых материалов с уникальными свойствами (включая аморфные металлические материалы) открыли процессы неравновесного затвердевания, протекающие при высоких скоростях охлаждения расплава. При высоких скоростях охлаждения в процессе кристаллизации сплавов формируются метастабильные структуры в данной температурно-концентрационной области, к особенностям которых относятся: пересыщенные твердые растворы, образование промежуточных и аморфных фаз, изменение структурных морфологий и др. Фиксирование неравновесных состояний весьма перспективно с точки зрения улучшения комплекса физико-механических свойств сплавов, полуфабрикатов и готовых изделий из них.

Применительно к металлическим материалам эффекты скоростного затвердевания проявляются при высоких скоростях охлаждения сплава из жидкого состояния ($10^2 - 10^{10}$ К/с). Достижение таких высоких скоростей охлаждения возможно при эффективном отводе теп-

лоты от жидкого металла и малых геометрических размеров, хотя бы в одном направлении. Для достижения высоких эксплуатационных свойств в готовых изделиях необходимо, чтобы в процессе затвердевания формировалась определенная микроструктура.

Характер формирующихся микроструктур зависит от многих параметров: химического состава сплава, скорости охлаждения из жидкого состояния до момента начала кристаллизации, переохлаждения на фронте затвердевания, интенсивности теплообмена в процессе затвердевания и последующего охлаждения, особенности структурных превращений в твердом состоянии и др. Отсюда видна решающая роль управления технологическими параметрами для обеспечения контролируемых и предсказуемых условий кристаллизации и последующего затвердевания отливки, благодаря чему возможно создавать изделия с требуемыми свойствами.

Главной задачей, которая решается при создании новых сплавов, является улучшение эксплуатационных характеристик изделия. Повышение физико-механических свойств можно добиться, в первую очередь, за счет измельчения зерна, благодаря чему происходит измельчение всех структурных составляющих, а также подавляются в большей или меньшей мере сегрегационные явления. Причем измельчение зерна может происходить как в процессе затвердевания, так и в ходе фазовых превращений в твердом состоянии.

Рассмотрим методы воздействия на процесс измельчения зерна в процессе затвердевания. Эти методы можно разделить на три основные группы: а) термические; б) основанные на введении модифицирующих добавок; в) использующие различные энергетические воздействия.

В термических процессах измельчение зерен происходит за счет создания глубокого переохлаждения в расплаве и увеличение количества центров кристаллизации. Существует ряд методов создания значительных переохлаждений. Например, возможно подавление зародышеобразования в объеме расплава при низких скоростях охлаждения за счет механического удаления возможных центров кристаллизации (например, за счет центрифугирования расплава) или создание условий, препятствующих появлению центров кристаллизации. Кроме того, глубокое переохлаждение жидкого металла можно обеспечить за счет высоких скоростей охлаждения от температуры заливки до момента начала кристаллизации (эффект закалки из жидкого состояния).

При низких скоростях охлаждения (<10 К/с) процесс затвердевания идет по хорошо изученной и описанной схеме при незначительном переохлаждении расплава. При более высокой скорости охлаждения кристаллизация начинается при температуре T_2 значительно ниже равновесной температуры солидуса T_c . В результате затвердевания выделяется скрытая теплота кристаллизации, и температура расплава поднимается (процесс рекалесценции) до величины T_3 немного ниже равновесной температуры затвердевания. Далее кривая охлаждения имеет плато, и процесс затвердевания продолжается по обычной схеме. Поскольку процессы закалки из жидкого состояния могут быть реализованы только в тонких сечениях, то можно предположить одномерную задачу затвердевания и отсутствие температурных перепадов по сечению. Скрытая теплота кристаллизации L частично рассеивается теплопроводностью в затвердевшем слое и частично отводится в охлаждающую среду (например, стенка формы). В результате поглощения выделяющегося тепла происходит рост температуры отливки. Уравнение теплового баланса в этом случае:

$$L \cdot \rho \cdot v = \alpha(T_1 - T_2) + X \cdot \rho \cdot c \cdot dT / dt,$$

где $v = dy/dt$ – скорость затвердевания;

y – толщина затвердевшего слоя;

dT/dt – скорость роста температуры в затвердевшем слое;

T_1, T_2 – температура затвердевшего слоя и теплоотводящей поверхности соответственно

Установлено, что для сплавов Cu – 30 ат.%Ni, Cu – 30 ат.%Ni – 1 ат.% при переходе критического значения переохлаждения (180–220 К) величина зерна уменьшается на 2 порядка, а скорость роста дендритов увеличивается на порядок. Кроме того, увеличение

внешнего теплоотвода способствует измельчению микроструктуры и подавлению рекристаллизации.

Успехи в снижении удельной плотности сплавов при одновременном увеличении модуля упругости были достигнуты при легировании алюминия литием в количестве до 4 %, что значительно выше, чем в сплавах, получаемых слитковой технологией.

Прочность коррозионностойких алюминиевых сплавов 7000-й серии (типа В95) была повышена путем дисперсионного упрочнения с кобальтом и цирконием. Благодаря процессам скоростного затвердевания были значительно расширены области растворимости в твердом состоянии (до 3...10 %) переходных и редкоземельных металлов (Fe, Ni, Co, Mn, Ce и др.) и повышены физико-механические свойства при повышенной температуре на 15–20 %.

Перспективно использования неравновесного затвердевания для повышения эффективности действия промышленных модификаторов для чугунного и алюминиевого литья. Установлено, что применение переработки этих модификаторов в процессах скоростного литья позволяет на 20–40 % повысить эффективность модифицирующего действия при обработке расплавов. Значительным преимуществом быстро затвердевших ленточных модификаторов для чугунного литья является возможность применения для внутриформенного модифицирования при производстве ЧШГ. Высокие скорости охлаждения позволяют значительно повысить технологические свойства стронций-содержащих лигатур для алюминиевого литья.

Таким образом, неравновесные условия затвердевания позволяют измельчить структуры, расширить область легирования тугоплавкими элементами и, как следствие, повысить физико-механические свойства сплавов.

УДК 621.74

Способы предварительного подогрева металлошихты для электроплавки чугуна и стали

Студент гр.10404118 Дикун А.О., гр. 10404115 Ярошевич А.И.

Научный руководитель – Ровин С.Л.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Предварительный подогрев шихты является одним из самых эффективных способов интенсификации электроплавки чугуна и стали.

Помимо сокращения удельных затрат на плавку предварительный подогрев шихты способствует: увеличению срока службы печи, повышению качества металла, снижению себестоимости продукции, улучшению экологических характеристик плавки [1].

Подогрев шихты может осуществляться как внутри печи (непосредственно в рабочем пространстве печи или в комбинированных установках), так и вне её на пластинчатых конвейерах, подающих шихту в плавильные печи, на стендах в завалочных бадьях, во вращающихся проходных печах, в специальных нагревательных камерных печах и т.д.

Подогрев может осуществляться при помощи отходящих от плавильной печи газов, или на установках с автономным источником энергии: потоком движущихся над слоем шихты или проходящих через шихту горячих газов, полученных при сжигании топлива, излучением от нагретых поверхностей, а также с помощью индукционного нагрева. При этом наиболее простыми и надежными в обслуживании и эксплуатации являются автономные установки с газовым подогревом шихты. Наиболее экономичными, но существенно более сложными и дорогими являются установки подогрева шихты, использующие тепло отходящих от плавильных агрегатов дымовых газов. Использование вторичных энергоресурсов (ВЭР) вызывает проблемы, связанные с синхронизацией работы печи и установки подогрева, а также необходимостью проведения дополнительных мероприятий, направленных на повышение стабильности и эффективности работы системы пылегазоочистки, что значительно увеличивает инвестиционные затраты на установки такого типа.