ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

УДК 504.064.043:62/69

Б.А.Баум, Г.В.Тягунов, Е.Е.Барышев, В.С.Цепелев

Уральский технический университет, г.Екатеринбург

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЫПЛАВКИ СПЛАВОВ

Предложены мероприятия по использованию техногенных металлургических отходов при производстве высококачественных сплавов. Обнаружена взаимосвязь между количеством литейных отходов в шихте с видом и особенностями температурных зависимостей физико-химических свойств расплава. С возрастанием количества отходов повышаются критические температуры. Использование высокотемпературной обработки расплава позволяет существенно улучшить качество отливок из жаропрочных сплавов, содержащих значительное количество литейных техногенных отходов в шихте.

New procedures aimed at applying technogenic foundry waste to produce high quality alloys are considered hereinafter. The interrelation between the foundry waste amount in the furnace charge and the type and peculiarities of temperature dependences of physical-and-chemical properties of melt has been found. The greater the quantity of waste, the higher the critical temperatures. The use of high temperature processing of melt results in improving considerably the quality of foundry of heat-resistant alloys.

Многолетний опыт производства свидетельствует, что одним из важнейших резервов уменьшения структурной и химической неоднородности литого металла, повышения качества металлопродукции электросталеплавильного производства является совершенствование технологии процесса выплавки, получение равновесного, максимально однородного расплава перед кристаллизацией. В настоящее время в большинстве случаев кристаллизация промышленного металла происходит из неравновесного состояния, что усиливает химическую и физическую неоднородность твердого металла, снижает его служебные характеристики, приводит к значительным отклонениям его качества от плавки к плавке.

Наиболее доступным способом получения равновесного расплава служит высокотемпературное воздействие. Поскольку процесс перехода системы в состояние равновесия в результате ее нагрева происходит немонотонно и существенно ускоряется при достижении критических температур, нагрев металла до этих температур является главной особенностью новых, прогрессивных технологий. При охлаждении подготовленного таким образом жидкого металла, его исходная (неравновесная) структура не восстанавливается, т.е. перед кристаллизацией строение расплава оказывается равновесным или близким к нему и существенно отличается от исходного*. На основании полученных результатов рекомендованы оп-

* Состояние многокомпонентной металлической системы после фазового перехода кристалл-жидкость / Б.А.Баум, Г.В.Тягунов, Е.Е.Барышев, В.С.Цепелев // Расплавы, 1999. № 5. С.32-43.

тимальные температурно-временные параметры плавки и литья жаропрочных сплавов, обеспечивающие улучшение качества и повышение служебных свойств металлопродукции*. Такая обработка получила название высокотемпературной обработки расплава (ВТОР). Однако в настоящее время вторичное использование металлургических отходов жаропрочных никелевых сплавов (возврата) в шихте на предприятиях машиностроительного производства невозможно из-за последующего высокого брака по литью, резкого снижения технологических и служебных свойств. Эти нежелательные эффекты вызваны накоплением в шихтовой заготовке различных, зачастую неконтролируемых примесей, которые отрицательно влияют на свойства материала.

Сплав ЭП902 является среднелегированной жаропрочной композицией на никелевой основе. Особенности легирования сплава (наличие 6-7 % Nb, 0,5-1,2 % Al, отсутствие в сплаве титана) позволяют получать детали плавкой в открытых индукционных печах.

При разработке режимов высокотемпературной обработки расплава при плавке сплава ЭП902 необходимо учитывать технологические особенности, которые, в первую очередь, определяются открытым типом выплавки в индукционных печах. Это включает такие факторы, как наведение шлака после расплавления шихты, ввод раскислителей по ходу плавки, разливка из печи через промежуточный чайниковый ковш.

Немаловажной особенностью является и тот факт, что технология выплавки предполагает использование в шихте до 50 % металлургических отходов в виде возврата собственного производства. Необходимо отметить, что включение операции ВТОР в технологический процесс плавки предъявляет высокие требования к качеству тигля и футеровки печи, точности температурного контроля по ходу плавки.

В целом, аномальные изменения поведения температурных зависимостей свойств обусловлены интенсивным разрушением неравновесных атомных ассоциаций, наследуемых расплавом от шихтовых материалов, и соответствуют переходу в равновесное жидкое состояние. Введение в шихту при плавке сплава ЭП902 отходов собственного производства показало, что значения критических температур зависят от количества металлургических отходов. Так, с увеличением доли отходов до 50 % критическая температура вырастает на 40-50 °С.

Изучено влияние состояния расплава на процесс кристаллизации и структуру твердого металла. Кристаллизация сплава начинается с выделения кристаллов твердого никелевого раствора на основе γ-фазы. При последующем охлаждении начинает выделяться двойная эвтектика на основе γ- и γ'-фаз. Для сплава ЭП902 γ'-фаза имеет состав Ni_3Nb. На последних стадиях кристаллизации выделяются тройная и более сложные эвтектики. Несколько ниже температуры солидус из γ-твердого раствора выделяются мелкодисперсные частицы вторичной γ'-фазы игольчатой морфологии.

Состояние расплава существенно влияет на температуру фазовых превращений при кристаллизации. Формирование микрооднородного равновесного расплава при выплавке приводит к понижению температуры ликвидус, т.е. увеличению переохлаждения. Вместе с этим интервал кристаллизации (t_L-t_S) сужается, что благоприятным образом сказывается на качество отливки.

Исследовано влияние температуры нагрева расплава в ходе плавки на структуру и свойства отливки. Показано, что нагрев расплава выше критической температуры приводит к измельчению размера зерна и возрастанию пластических свойств.

Выводы

1. Предложены мероприятия по использованию техногенных металлургических отходов при производстве высококачественных прецизионных сплавов. Обнаружена взаимосвязь между количеством литейных отходов в шихте, видом и особенностями температурных зависимостей физико-химических свойств расплава. С увеличением доли отхо-

* Жидкая сталь / Б.А.Баум, Г.А.Хасин, Г.В.Тягунов и др. М.: Металлургия, 1984. 208 с.

дов в шихте повышаются критические температуры, свидетельствующие о переходе расплава в равновесное состояние.

2. По предлагаемым режимам высокотемпературной обработки расплава проведены опытно-промышленные плавки в ПО «Турбомоторный завод». Установлено, что опытная технология позволяет существенно улучшить качество отливок из жаропрочных сплавов типа ЭП902, содержащих в шихте значительное количество литейных техногенных отходов.