

## СОВРЕМЕННОЕ ПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПОДГОТОВКА ШИХТЫ

*Б.А. Кулаков*

В последнее время в России производится порядка 7,7 млн тонн отливок в год, в том числе из чугуна – 5,3 млн тонн, из стали – 1,3 млн тонн, из сплавов цветных металлов – 1,1 млн тонн.

При этом в литейном производстве страны наметились следующие негативные тенденции:

- использование в качестве шихты некачественного дешевого лома, что приводит к повышению себестоимости отливок из-за увеличения брака;
- продолжение эксплуатации устаревшего оборудования, в том числе плавильного. Например, в чугунолитейном производстве 67 % составляют старые коксовые вагранки, 30 % – индукционные печи промышленной частоты и 2,5 % – дуговые электропечи;
- в целом около 80 % литейного оборудования эксплуатируется более 30 лет, а современное, в основном импортное, составляет не более 6 %.

Однако следует учитывать, что в автомобилях, тракторах, комбайнах, судах и других машинах доля отливок составляет 35–50 % мас., а в станкостроении и кузнечно-прессовом оборудовании до 60 % мас., т. е. перевод литейного производства страны на современный уровень неизбежен.

При этом структура современного литейного производства изменяется в следующих направлениях:

- уменьшается доля отливок из стали и ковкого чугуна (~ 10–15 %);
- увеличивается доля отливок из высокопрочного чугуна и цветных сплавов, в особенности из алюминия;
- идет оптимизация соотношений различных технологических процессов;
- повышается производительность, и снижаются энергозатраты плавильного передела;
- возрастает точность геометрических размеров, снижается толщина стенок и припусков на мехобработку;
- усложняется конструкция литых деталей;
- создаются гибкие, легко перенастраиваемые мобильные литейные производства;
- организуются специализированные предприятия по производству кондиционных литейных материалов, инструмента, технологической оснастки, средств контроля и программирования;
- ведется целенаправленная реализация системы качества, регламентированной международным комплексом стандартов ISO 9000, что дает сертификат качества на технологии и выпускаемые отливки;
- широко внедряются системы автоматизированного проектирования литейных технологий, управления ими, а также изготовления литейной оснастки;

- внедрение компьютеризации и электронных средств связи в литейной отрасли растет по экспоненте. Моделирование гидравлических и тепловых процессов в форме позволяет резко повысить надежность технологий;

- использование методов быстрого прототипирования для изготовления моделей, стержневой оснастки, пресс-форм, форм и стержней одноразовых моделей для литья по выплавляемым и выжигаемым моделям позволяет в десятки раз сократить время на освоение новых изделий и ускорить их выход на рынок.

В свете указанных тенденций в развитых промышленных странах меняется технология плавильного производства в литейных цехах и используемое оборудование. Основными плавильными агрегатами становятся тигельные индукционные печи средней частоты (ИПСЧ), а для плавки цветных металлов, в основном для алюминия, ванны газовой печи. При литье стали и чугуна в мировой практике индукционные печи практически полностью вытеснили дуговые печи переменного и постоянного тока, а также вагранки.

Преимущества ИПСЧ в следующем:

- «всеядность», т. е. пригодность для плавки сталей, чугунов, сплавов цветных металлов;

- садочный режим плавки (без болота), что выгодно для сменного режима работы;

- одновременная работа от одного преобразователя частоты двух и более тиглей в разных режимах;

- уменьшение интенсивности движения металла в тигле, что повышает стойкость футеровки печи;

- почти в три раза повышается мощность (до 1000 кВт·ч/т), обеспечивающая и увеличение производительности печи;

- высокая скорость нагрева шихты (до 50 °С/мин);

- ниже эксплуатационные расходы и удельные капитальные затраты;

- программное управление плавкой.

В свою очередь, применение таких печей требует и специальной предварительной подготовки шихты, что во многом определяет качество получаемого металла, культуру плавильных процессов и их производительность.

Данный процесс включает:

- 1) разделку под требуемые габариты;

- 2) очистку от масляных включений, остатков СОЖ, а также гидрооксидов (ржавчины, белых налетов на Al, Zn), которые являются основными источниками насыщения сплавов водородом;

- 3) брикетирование очищенной стружки;

- 4) проверку на химсостав;

- 5) точное взвешивание всех составляющих и выбор оптимальной мощности печи;

б) подогрев шихты перед подачей в печь, который осуществляют разными способами:

- в колодцах с газовым подогревом;
- непосредственно в печи газовыми горелками;
- отходящими печными газами в специальных боровах.

Подогрев позволяет в 1,5 раза сократить время плавления и расход электроэнергии на 150–170 кВт·ч/т при выплавке стали.

Вообще, чем лучше подготовлена шихта, тем выше производительности плавки и качество металла, а, следовательно, и отливки. Это касается любого типа плавильного агрегата и видов сплавов.

Следует также отметить, что в современном литейном производстве большое внимание уделяется внепечной обработке металлических расплавов, например, с целью их модифицирования и рафинирования.

Основными направлениями по совершенствованию данных методов являются:

1) ускорение процесса ввода модификаторов за счет предварительного подогрева (расплавления), применения экзотермических брикетов;

2) интенсификация теплообменных процессов путем усиления движения расплава (пневматическое, механическое, электромагнитное перемешивание, использование энергии падающей струи при сливе металла в ковш);

3) создание модификаторов и рафинаторов с оптимальными физико-химическими свойствами;

4) совершенствование способов ввода материалов в расплав (выстреливание специальными пулями, погружение брикетов штангами, вдувание порошкообразных материалов, введение порошковой проволоки и т. д.).

Наибольшее применение при реализации процесса ввода в жидкий металл различных материалов нашли 3 способа:

- обработка порошковой проволокой;
- продувка порошкообразными материалами;
- обработка порошковыми материалами.

Наиболее эффективным считается использование порошковой проволоки, изготовленной из требуемых компонентов и вводимые в расплав с помощью трайб-аппаратов. Преимущества данного способа в следующем:

- регулируется скорость подачи проволоки;
- точный учет количества вводимых материалов;
- высокая степень и стабильность усвоения вводимых компонентов;
- отсутствуют проблемы хранения и транспортирования гидрофильных, ядовитых и пожароопасных материалов;
- возможность введения материалов в ковш любой емкости;
- меньшее снижение температуры расплава при его обработке;
- экологическая чистота процесса;
- небольшие эксплуатационные затраты.

Трайб-аппараты по способу ввода могут быть вертикальными, горизонтальными и наклонными, а по типу одноручьевыми и многоручьевыми.

Проволока с порошковым наполнителем представляет собой металлическую трубку диаметром 9–13 мм, в которой находятся необходимые для обработки расплава компоненты в виде порошка или гранул.

Внепечная обработка позволяет существенно повысить качество металла отливки по физико-механическим свойствам, получать сплавы с заданной структурой.

По данным [1] внепечная обработка в ковше углеродистой и низколегированной стали титаном и кальцием позволяет в 2–3 раза снизить загрязненность стали нитридами, сульфидами, карбидами и, тем самым, устранить провалы по пластичности стали.

Авторы работы [2] установили, что обработка углеродистой стали комплексами, включающими ЩЗМ и РЗМ, дает возможность снизить загрязненность металла неметаллическими включениями, глобулизировать их и, следовательно, облегчить их более эффективное удаление из расплава.

#### Библиографический список

1. Анализ провалов пластичности стали при высоких температурах / Ю.Я. Скок, В.Л. Найдек, Р.Я. Яковше и др. // Процессы литья: сб. науч. тр. – Киев, 2002. – № 4. – С. 56–61.

2. Неметаллические включения в низкоуглеродистой стали при введении циркония, алюминия, кальция и церия / В.Н. Баранова, Н.Ф.Наконечный, Е.Д. Тараненко, и др. // Проблемы стального слитка. Физико-химические и теплофизические процессы кристаллизации слитков: материалы VI конф. по слитку. – М.: Металлургия, 1978. – С. 320–325.