

– на плавильных участках – замена вагранок индукционными печами средней частоты (при этом объём вредных выбросов сокращается: пыли и диоксида углерода в 13 раз, диоксида серы в 30 раз), оборудование действующих вагранок и дуговых сталеплавильных печей системами пылегазоочистки со степенью очистки в пределах ПДК;

– на формовочных и стержневых участках – создание и применение малотоксичных и нетоксичных составов смесей и оснащение формовочного и стержневого оборудования эффективными системами улавливания и нейтрализации выделяющихся вредностей;

– на обрубно-очистных участках – организация эффективной работы вентиляционных систем и утилизации твердых отходов, внедрение современного очистного и зачистного оборудования и ручного инструмента с пониженной вибрацией.

Из перечисленных мер следует особо выделить меры по экологической безопасности на стержневых участках, которые используют синтетические смолы в качестве связующих. По экспертной оценке, сегодня эти технологии дают до 70% загрязнений природной среды от литейных цехов.

#### **Список использованных источников**

1. Модернизация экономики – литейное производство региона. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.enginclub.ru>. – Дата доступа: 15.03.2016.

2. Литейное производство таит опасность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inform-progulka.by>. – Дата доступа: 15.03.2016.

УДК 669.17.046

#### **Анализ методов внепечной обработки стали**

Студент гр. 10405412 Свиридов И.М.

Научный руководитель – Менделев Д.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Внепечная обработка стали в настоящее время является неотъемлемой частью технологии производства, позволяющая получать сталь требуемого качества не только по легирующим элементам, но и по содержанию вредных примесей (серы, кислорода, водорода и др.).

Методы внепечной обработки стали могут быть условно разделены на простые (обработка одним способом) и комбинированные (обработка металла несколькими способами одновременно) [1].

К простым методам внепечной обработки стали относятся: обработка металла вакуумом; продувка инертным газом; обработка стали синтетическим шлаком в ковше; введение реагентов вглубь металла; продувка порошкообразными материалами. Основными недостатками перечисленных простых способов обработки стали являются: необходимость перегрева жидкого металла в плавильном агрегате для компенсации снижения температуры металла при обработке в ковше; ограниченность воздействия на сталь (только десульфурация или только дегазация и т.п.). Наилучшие результаты воздействия на качество стали достигаются при использовании комбинированных способов внепечной обработки стали, когда в одном или нескольких, последовательно расположенных агрегатах осуществляется ряд операций. Для их осуществления оказывается необходимым усложнять конструкцию ковша и использовать более сложное оборудование.

Внепечная обработка металла комбинированными методами может производиться в обычном сталеразливочном ковше с футеровкой из шамота и с вертикальным стопором; в сталеразливочном ковше с футеровкой из основных высокоогнеупорных материалов и стопором шибберного типа; в сталеразливочном ковше, снабженном крышкой; в сталеразливочном ковше, оборудованном для вдувания газа или газопорошковой смеси снизу, через смон-

тированные в днище устройства; в агрегате-ковше с крышкой (сводом), через которую опущены электроды, нагревающие металл в процессе его обработки; в агрегате типа конвертера с продувкой металла кислородом, аргоном, паром и т. д.

Многочисленные исследования показали, что, используя различные технологические процессы при выпечной обработке, возможно обеспечить глубокую десульфурацию, дегазацию, очищение от вредных примесей и включений, что приводит к существенному повышению технологических и служебных свойств сталей различных классов [2]. Предел текучести, удлинение, и ударная вязкость повышаются на 20-25%, снижается температура хрупко-вязкого перехода, повышается изотропность металла в толстых сечениях. Повышаются стабильность температуры стали в сталеразливочном ковше при разливке, жидкотекучесть более чем на 50%, трещиностойчивость на 20-60%, пластичность при горячей деформации, снижаются отклонения от среднего заданного содержания легирующих элементов, неоднородность металла в крупных слитках. Одновременно с этим повышается выход годного при горячей пластической деформации и литье. В докладе рассмотрены технологии и оборудование для осуществления процессов выпечной обработки, особенности использования операций при выплавке стали различного марочного состава, основные требования к проведению технологического процесса и пути развития выпечной обработки.

Основные направления развития выпечной обработки предусматривают [3]:

- введение в эксплуатацию двухстендовых агрегатов печь-ковш, обеспечивающих электродуговой нагрев с достижением заданного интервала температур и гомогенизацию расплава, десульфурацию, легирование, микролегирование, перемешивание инертным газом и др.;

- введение в эксплуатацию двух-, четырехпозиционных установок вакуумной дегазации RH с возможностями принудительного обезуглероживания и химического нагрева, подогрева футеровки вакуум-камеры и удаление гарнисажа после вакуумирования;

- использование промежуточного ковша установок непрерывной разливки стали для выпечной обработки. Широкое использование пористых керамических вставок для фильтрации неметаллических включений, применение электродугового нагрева для стабилизации температуры стали и освоения корректировки химического состава стали в промежуточном ковше;

- в цехах, не имеющих вакууматоров и печь-ковшей инжектирование (с целью десульфурации) плавящихся реагентов, обеспечивающих устойчивые показатели по десульфурации с исключением увеличения содержания водорода.

Помимо указанных направлений, при дальнейшем развитии методов выпечной обработки металла можно отметить следующие [4]:

- снижение продолжительности обработки металла вне печи за счет отказа от глубокой десульфурации (например, при производстве стали для нефте- и газопромысловых труб);

- оптимизация вакуумирования или отказ от этой операции при производстве стали для труб;

- повышение эффективности процесса микролегирования и модифицирования металла в ковше и на разливке с использованием комплексных модификаторов.

#### **Список использованных источников**

1. Выпечная обработка стали.– Черная металлургия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://emchezgia.ru>. – Дата доступа: 11.03.2016.

2. Разработка технологии выпечной обработки хромоникелевых конструкционных сталей для энергомашиностроения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tekhnosfera.com>. – Дата доступа: 11.03.2016.

3. Концепция развития выпечной обработки и непрерывной разливки стали. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcena.ru>. – Дата доступа: 11.03.2016.

4. Голубцов, А.В. Внепечная обработка и модифицирование стали / А.В. Голубцов, Р.Г. Шубя, Р.Г. Усманов // Бюллетень «Черная металлургия». – 2006. – №11. – С. 47 – 51.

УДК 621.74

### **Плавка чугуна в вагранках и электрических печах**

Студент гр. 10405412 Кухновец А.Д.  
Научный руководитель – Кабишов С.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Технико-экономическая эффективность того или иного метода плавки может быть оценена относительной себестоимостью одной тонны жидкого чугуна, которая учитывает такие статьи затрат, как стоимость шихтовых материалов, огнеупоров, энергозатрат, стоимость содержания и эксплуатации оборудования, удельные капитальные вложения. В настоящее время основными агрегатами для выплавки чугуна в машиностроительном производстве являются вагранки, дуговые печи переменного и постоянного тока, а также индукционные печи.

Сравнение себестоимости 1 т чугуна в указанных печах показывает, что в дуговых печах переменного тока она в 2 раза выше, чем в газовых вагранках, в дуговых печах постоянного тока – в 1,8 раза, в индукционных печах – в 1,8 – 2,0 раза выше по сравнению с газовой вагранкой [1].

При оценке эффективности метода плавки следует учитывать технологию получения чугуна. Например, на этапе плавки эффективность коксовой вагранки и индукционной печи средней частоты примерно одинакова и несколько ниже, чем в электродуговой печи постоянного тока. На этапе выдержки эффективность индукционной печи средней частоты намного выше, чем вагранки и дуговой печи, поэтому в дуговых печах наиболее экономичным является использование в качестве второго плавильного агрегата индукционной печи.

С точки зрения потребления электроэнергии можно отметить, что установки средне-частотной плавки могут успешно конкурировать с традиционными плавильными агрегатами (коксовые и газовые вагранки, дуговые печи переменного и постоянного тока). Например, самой дешевой плавкой по энергозатратам является одиночная плавка в индукционной печи средней частоты.

Следует также отметить, что в индукционных печах возможно применение стружки черных металлов практически в любых количествах, что невозможно осуществить в вагранках.

Приоритетным направлением дальнейшего повышения эффективности индукционных плавильных систем является создание печей непрерывного действия, в которых достигаются постоянные во времени условия работы всех элементов конструкции [2]. Другим направлением разработки индукционных плавильных установок непрерывного действия является комплексное использование индукционных нагревательных и магнетогидродинамических агрегатов. Для обеспечения более интенсивной циркуляции расплава, а также придания расплаву других, не свойственных обычным ИТП, видов движения металла целесообразно совмещение ИТП с линейными асинхронными двигателями, которые могут обеспечить бесконтактное силовое воздействие на расплав, придавая ему поступательное, вращательное или любое другое движение в рабочем объеме тигля. Среди последних разработок можно отметить новые типы индукционных плавильных систем – турбоиндукционные тигельные печи (ТИТП) непрерывного и полунепрерывного действия [2].

#### **Список использованных источников**

1. Сравнение эффективности процессов СЭМ. Технико-экономические показатели. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mydocx.ru>. – Дата доступа: 11.02.2016.