



ДИССЕРТАЦИЯ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Жиров Д. М. «Особенности процесса плазменно-дугового жидкофазного восстановления железа газами». Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия черных и цветных металлов и специальных сплавов» — Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев, 2011 г. Дата защиты 23 февраля 2011 г.

Диссертация посвящена исследованиям закономерностей процесса плазменно-дугового жидкофазного восстановления железа газами и разработке элементов технологии для реализации такого процесса.

Проведены исследования электрических характеристик дуги переменного тока плазменно-дугового нагревателя прямого действия при использовании восстановительных газов в качестве плазмообразующих. Установлено, что градиент напряжения дуги при работе на природном газе и пропан-бутане составляет 15 В/см, а при работе на пропан-бутан-воздушной смеси — 12 В/см. При этом падение напряжения на дуге в случае использования природного газа, пропан-бутана и его смеси с воздухом возрастает, по сравнению с работой на аргоне, соответственно в 4,8; 5,0 и 4,4 раза.

Установлено влияние расхода восстановительного газа на степень извлечения железа. Показано, что в процессе восстановления необходимо повышать расход газообразного восстановителя. Экспериментально доказана большая эффективность пиролиза углеводородов в плазме дуги над железорудным расплавом с образованием сажи, по сравнению с воздушной конверсией, которая повышает окисленность восстановительного газа, а также удельный расход восстановителя (в 2 раза при условиях экспериментов).

Подтверждена эффективность повышения степени извлечения железа при плазменно-дуговом жидкофазном восстановлении путем увеличения основности шлакового расплава. Показано, что ее повышение от 0,1 до 1,2 при расходе пропан-бутана 35 л/мин и длительности восстановления 14 мин способствует повышению степени извлечения железа от 65 до 90 %.

Исследования полученного металла показали, что при регулировании основности шлакового расплава в пределах 0,8... 1,2 можно получать продукт с содержанием кремния 0,12... 0,03 мас. %. Массовая доля углерода составляет 0,02 %, т. е. науглероживания металла не происходит. Концентрация серы и фосфора благодаря использованию чистых, по сравнению с углем и коксом, восстановительных газов составляет около 0,007 мас. %, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к большинству сталей. Массовая доля кислорода в полученном по предложенной схеме продукте в 2... 3 раза превышает его обычное содержание в кипящей стали.

Анализ отработанных в процессе плазменно-дугового жидкофазного восстановления газов свидетельствует о более высокой восстановительной способности водорода, по сравнению с монооксидом углерода при этих условиях. Из-за высокой концентрации восстановителей в отработанных газах их целесообразно использовать для предварительного твердофазного восстановления.

Проведен анализ восстановительной способности различных газов. Показано, что в связи с дефицитом углеводородов и наличием запасов угля в Украине представляет интерес разработка технологии газификации угольной пыли, в которой источником теплоты является электроэнергия, а не энергия от сжигания природных ресурсов. При плазменной паровой газификации полученный генераторный газ может использоваться в качестве восстановителя. Определены технологические особенности такого процесса. Установлено, что с увеличением содержания влаги в воздушно-пылеугольной смеси на каждый 1 мас. % напряжение повышается на 5... 10 В. Показано, что при содержании влаги 10 мас. % концентрация $\text{CO} + \text{H}_2$ в полученном генераторном газе составляет не менее 34 об. %.

Предложена технологическая схема производства стали из железорудного сырья, предусматривающая предварительное твердофазное и окончательное жидкофазное восстановление железа газообразными восстановителями в печи с плазменно-дуговым нагревом и последующую переработку жидкого металла в агрегатах внепечной обработки стали, а также использование отработанных газов для генерации электроэнергии, что позволит существенно уменьшить ее внешнее потребление.

Результаты проведенных исследований являются научной основой для проектирования пилотного образца оборудования и разработки технологии плазменно-дугового жидкофазного восстановления железа газами.

