

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ ЖАРОПРОЧНЫХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ В ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ

П. Э. РАТНИКОВ, канд. техн. наук
Белорусский национальный технический университет

Предложены рекомендации по совершенствованию технологии выплавки жаропрочных сталей и сплавов в дуговых печах литейного класса. Данная технология позволяет уменьшать потери стали за счет более низкого содержания оксидов металлов в шлаке, а также за счет извлекаемости металлических частей из шлака.

Ключевые слова: выплавка жаропрочных сталей, высокоосновный шлак, углеродосодержащие восстановители.

TECHNOLOGY FOR MELTING HEAT-RESISTANT CHROMON-NICKEL STEEL IN ARC STEEL-MELTING FURNACES

P. E. RATNIKOV, Ph. D. in Technical Sciences
Belarusian National Technical University

Recommendations for improving the technology of smelting heat-resistant steels and alloys in casting-class arc furnaces are proposed. This technology makes it possible to reduce steel losses due to the lower content of metal oxides in the slag, as well as due to the recoverability of metal parts from the slag.

Keywords: smelting heat-resistant steels, highly basic slag, carbon-containing reducing agents.

При выплавке жаропрочных хромоникелевых сталей в дуговых печах основными проблемами, с которыми приходится сталкиваться, являются потери металла при окислении легирующих элементов и в виде корольков. Как известно, стоимости феррохрома и ферроникеля (или металлического никеля) весьма высоки и последнее время имеется тенденция их увеличения (стоимость тонны никеля

на Лондонской бирже в 2022 году уже превышала 100 000 долл. США), что делает задачу ресурсосбережения весьма актуальной.

Классическая технология выплавки заключается в следующем [1]. В завалку загружают металлическую шихту и часть ферросплавов (до 80 % массы), а оставшуюся часть (примерно 20 %) вводят в состав охлаждающей навески, присаживаемой в металл после окислительного обезуглероживания газообразным кислородом. Шлак удаляется после 5 мин интенсивного кипения и присадки углеродистого феррохрома в количестве 4–5 % от металлозавалки. При таком способе часть оксидов восстанавливается за счет углерода феррохрома, хорошо удаляется кремний, что облегчает формирование рафинировочного шлака.

После плавления, продувки металла кислородом и удаления окисленного шлака осуществляется наводка рафинирующего шлака путем присадки извести и плавикового шпата (1,6 и 0,4 % соответственно). Расплав предварительно раскисляют кусковым и молотым ферросилицием ФС45 (1,4 и 0,6 % соответственно), а окончательно – добавлением алюминия в количестве 0,4 %.

Недостатком такого способа являются высокие потери хрома и большая длительность плавки, что обуславливается высоким содержанием оксидов хрома в шлаке и необходимостью нагрева расплава до высоких температур для активизации углерода.

Предлагается использовать следующую технологию плавки хромоникелевых жаропрочных сталей аустенитного класса. В период плавления формировать высокоосновный шлак, содержащий 10–20 % оксидов железа и температуру расплава поддерживать на уровне 1500–1600 °С. Далее шлак обрабатывают углеродосодержащим восстановителем до содержания оксидов железа на уровне 0,5–7 % и удаляют его перед продувкой кислородом. Схема предложенной технологии приведена на рисунке 1.

При выплавке хромоникелевых сталей по предложенному способу высокий окислительный потенциал шлака в период плавления приводит к полному угару кремния. Одновременно окисляются хром, марганец, железо. Уменьшение окислительного потенциала шлака за счет присадок углеродосодержащих восстановителей позволяет восстанавливать оксиды хрома, марганца, железа без восстановления кремния. Нагрев расплава до температуры 1550–1600 °С обеспечивает высокую интенсивность восстановления за счет со-

здания благоприятных термодинамических условий протекания процесса. Слив шлака периода плавления позволяет сдвинуть равновесие реакции окисления хрома в сторону уменьшения, так как активность оксидов хрома будет близка к 1. Это приводит к снижению потерь хрома на окисление, а также сокращению длительности плавки за счет снижения температуры и времени загорания углерода при продувке кислородом. Еще одним преимуществом предлагаемой технологии является высокая основность скачиваемого шлака и низкое содержание в нем оксидов хрома, марганца и железа, что приводит к тому, что в процессе охлаждения шлак становится мелкодисперсным и из него легко отделять металлические составляющие путем просеивания.

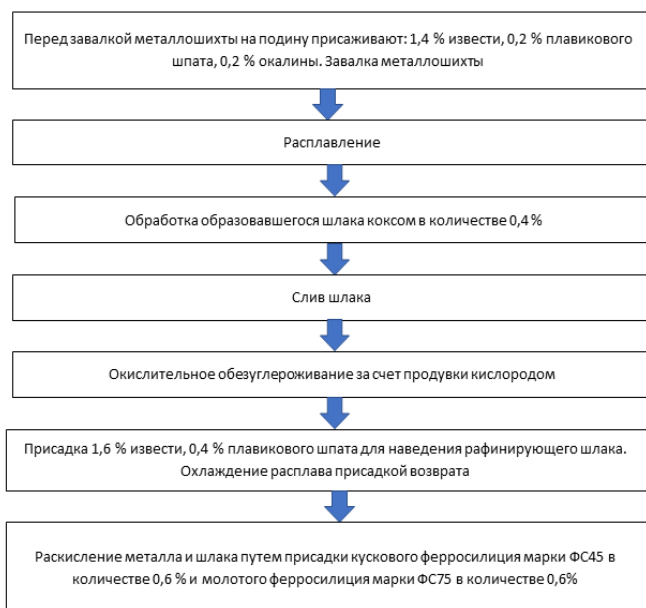


Рисунок 1 – Предлагаемая технология выплавки жаропрочной хромоникелевой стали

При содержании оксидов железа в шлаке менее 10 % при температуре нагрева 1550 °С окислительный потенциал шлака недостаточен для полного окисления кремния, что приводит к увеличению

потерь хрома из-за снижения активности оксидов хрома в шлаке в процессе обезуглероживания и рафинирования. Если же оксидов железа в шлаке при данной температуре больше 20 %, то будет окисляться значительно больше хрома и повысится расход углеродосодержащих восстановителей и увеличится продолжительность плавки.

В случае нагрева расплава до температур ниже 1550 °С повышается вязкость шлака, что приводит к снижению скорости восстановления углеродом хрома из оксидов, а значительное количество углерода сгорает на поверхности шлака за счет окисления кислородом воздуха. При нагреве расплава до температур выше 1600 °С повышается расход электроэнергии.

Таким образом, данная технология позволяет уменьшать потери стали за счет более низкого содержания оксидов металлов в шлаке, а также за счет извлекаемости металлических частей из шлака.

Список литературы

1. Кудрин, А. В. Теория и технология производства стали : учебник для вузов / А. В. Кудрин. – М.: Мир, 2003. – 528 с.

References

1. Kudrin, A. V. *Teoriya i tekhnologiya proizvodstva stali : uchebnik dlya vuzov* [Theory and technology of steel production: Textbook for universities] / A. V. Kudrin. – Moscow: Mir Publ., 2003. – 528 p.

Поступила 20.11.2023

Received 20.11.2023