

**СОДЕРЖАНИЕ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В СТАЛИ ПРИ  
ВЫПЛАВКЕ В КОНВЕРТЕРНОМ И ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХАХ****Андрианов Кирилл Александрович**

магистрант, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», РФ, г. Москва

**Ивлев Сергей Алексеевич**

Современные технологии не позволяют в процессе технологических операций сталеплавления передола воздействовать на уровень концентраций примесей цветных металлов. Наличие этих примесей в сталях провоцирует развитие интеркристаллитных трещин, повышает склонность к отпускной хрупкости, приводит к снижению служебных характеристик изделий из выплавляемой стали, то есть препятствует получению металла с требуемыми свойствами[1].

Было выявлено, что содержание вредных примесей в металле напрямую зависит от состава шихтовых материалов, загружаемых в сталеплавильные агрегаты.

Остаточные примеси можно подразделить на три группы: примеси, совершенно не поддающиеся удалению; примеси, поддающиеся удалению в ограниченной степени; легко удаляемые примеси. Примеси могут вноситься разнообразными путями. Сравнительный анализ показывает, что большинство остаточных примесей вносится с ломом. Загружаемый лом должен быть особенно тщательно отсортирован, если стоит задача удерживать содержание примесей на минимальном уровне.

Наличие вредных примесей тем или иным образом влияет на физико-химические свойства стали. Наличие в ломе небольшого количества мышьяка, олова, свинца (0,02 — 0,04 %), которые во время плавки переходят в сталь, вызывают ее хладноломкость. Пластичность стали снижается с увеличением содержания меди, молибдена и олова. Содержание 0,001 % Sb придает стали хрупкость, мышьяк ухудшает свариваемость[2].

Растущие требования, предъявляемые к качеству металла со стороны потребителей, приводят к тому, что в наше время содержание нежелательных добавок регламентируют на уровне 0,001 %. Суммарное содержание примесей (Cu+Mo+Sn+Cr) для производства стали для бесшовных труб должно быть не более 0,280 массовых % [3].

Плавка в кислородном конвертере и в дуговой печи проходит в окислительной среде. Поэтому вопрос состоит в том, какие из остаточных примесей могут быть удалены из металла при преобладании окислительных условий в главном сталеплавильном процессе. Самое низкое химическое сродство к кислороду при 1600 °С имеет медь; далее следуют никель, мышьяк, сурьма, олово, молибден, фосфор, железо, цинк и хром. Если невозможно удаление остаточных примесей посредством окисления с образованием соответствующих оксидов, то остается возможность удалить их под вакуумом. Между тем даже в вакууме невозможно снизить содержание мышьяка, сурьмы и свинца до уровней ниже 0,1 %. Медь и олово вообще невозможно удалить вакуумированием расплава.

Процесс в дуговой печи имеет ряд недостатков по сравнению с кислородно-конвертерным с точки зрения достижения низкого содержания неудаляемых остаточных примесей. Это значит, что в общем случае содержание вольфрама, меди, молибдена, никеля и кобальта в электроласти выше, чем в кислородно-конвертерной стали. Кроме того сталь из дуговой печи

имеет более высокое, чем конвертерная, содержание олова, мышьяка и сурьмы. Образование и накопление вредных остаточных примесей в жизненном цикле стали будет ухудшать ситуацию в будущем.

Как уже было отмечено ранее примеси цветных металлов неблагоприятно влияют на механические свойства готовой продукции. В связи с этим необходимо внедрять решения, позволяющие снизить содержание вредных примесей прежде всего за счет правильного подбора шихтовых материалов. Главным источником примесей цветных металлов является лом. В общем случае, технологии электросталеплавильного производства предполагают использование большого количества лома, вследствие этого концентрация вредных примесей больше в ЭДП.

Проведем упрощенный расчет, исходя из того, что для плавки в конвертере используется 75 % чугуна и 25 % лома, а в дуговой печи 75 % лома и 25 % чугуна. Расчеты проведем для меди, как для самой сложной с точки зрения удаления примеси. Концентрация меди в чугуне на выпуске из доменной печи не регламентируется, поэтому возьмем содержание меди 0,01 %. В качестве металлошихты используем лом, содержание меди в котором по данным источников составляет 0,20 - 0,25 % [4,5]. Таким образом содержание меди в шихте будет равно:

Для конвертерной плавки:

Для электроплавки:

Таким образом, с учетом только лишь заданных материалов, в электропечь вносится в 3 раза больше меди.

В большинстве сталей допускают на допущения  $< 0,3 \text{ \% Cu}$ . Медь в небольших количествах замедляет коррозию на воздухе. Однако сродство к кислороду ниже, чем у железа, и поэтому когда при нагреве под прокатку железо образует окалину, медь оттесняется в металл, и ее расплав проникает в сталь по границам зерна [6]. Так, уже в стали с 0,17 % при 950...1150 °C находили сетку поверхностных трещин, заполненных медью.

Одним из решений является выбор шихтовых материалов для плавки. Прежде всего это уже повсеместное использование жидкого чугуна при выплавке стали в дуговой печи. Жидкий чугун вносит с собой дополнительное количество тепла (и физического, и химического), и это вызывает сокращение расхода электроэнергии и повышения производительности. Однако возрастает продолжительность плавки.

Также для снижения содержания вредных примесей в электроплавке используют металлизированное сырье, которое имеет следующие преимущества:

- химический состав точно известен,
- сырье однородно и в нем отсутствуют нежелательные примеси;
- растет производительность печи;
- при плавлении меньше шума;
- допускается расширение производства при минимальных капитальных затратах.

К этому относится применение металлизированных окатышей, железа прямого восстановления, горячего брикетированного железа. В последнее время развитие получило использование синтикама. В качестве основы в этом материале содержится чугун (70-90%) и твердые окислители в виде окатышей, концентрата железной руды, агломерата (10-30%). Главное достоинство материала – высокая чистота по примесям цветных металлов, что позволяет выплавлять стали любого сортамента.

В конвертере при производстве сталей с высокими требованиями по химическому составу целесообразно использовать более дорогие, но при этом чистые от примесей охладители. Это

могут быть как металлизированные окатыши, так и железо прямого восстановления.

Концентрация меди в различных шихтовых материалах представлена в таблице.

**Таблица.**

**Содержание меди в шихтовых материалах для выплавки стали**

| Шихтовой материал | [Cu], %   |
|-------------------|-----------|
| Чугун передельный | < 0,01    |
| Лом углеродистый  | 0,2 – 0,3 |
| МОК/ГБЖ           | 0,002     |
| Синтиком          | 0,009     |

Таким образом, использование чистых от примесей цветных металлов шихтовых материалов благоприятно влияет на конечное содержание вредных примесей в готовой стали.

**Список литературы:**

1. Comparative assessment of LD converter and electric arc furnace / Lachmund H., Bannenberg N. // AISTech 2008 Proceedings . № 105 . С. 1-8. Англ.
2. Гузенкова А.С., Иванов С.С., Исаев Г.А., Кудрин В.А. Производство стали, чистой от примесей цветных металлов: Монография/Под ред. В.А.Кудрина .-М.:МГВМИ, 2008 -118 с.
3. Поживанов М. А., Шахпазов Е. Х., Свяжин А. Г. Выплавка стали для автолиста. М.:Интерконтакт.Наука, 2006. 166 с.
4. Бигеев В.А., Валиахметов А.Х., Йенер Бурак, Федянин А.Н7 / Опыт выплавки стали в сверхмощной дуговой печи с повышенным расходом твердого чугуна // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова – 2014 – 1- с. 15-18
5. Современное состояние и тенденции развития технологии производства стали в ДСП и их конструкций/ А. Г. Белковский, Я. Л. Кац, М. В..Краснянский // Бюллетень «Черная Металлургия» - 2013 - 3 - с. 72 – 88
6. Сталь на рубеже столетий. Колл. авторов. Под научной редакцией Ю.С. Карабасова – М: МИСИС, – 2001 – 664 с.
15. Утилизация старых автомобилей: проблемы и перспективы/ Л.Я. Аврашков, Г.Ф. Графова, А.В. Графов// Среднерусский вестник общественных наук – 2015 – 3 – с.176-182
16. Эффективность работы электродуговой плавильной печи от качества шихты / А.Б. Стеблов //Литье и металлургия – 2016 – с. 58 – 62