

А. А. Журавлев
УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург
mzhs@urfu.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЮ КАЧЕСТВА ЖИДКОЙ СТАЛИ

Получение качественного и высококачественного металла при его выплавке в дуговых печах зависит от качества полученного жидкого металла, которое определяется примесями, находящимися в стали.

Ключевые слова: шихта, чугуны, лом, электропечь, металл, сера, газы, кислород, углерод, металлизированные окатыши, качество, сталь, медь.

In this article view melting in electric arc furnace for purpose received of steels with high quality.

Keywords: pig iron, scrap metal, electric arc furnace, steel, steels with high quality, carbon steels, copper.

В практике металлургического производства в последнее время наблюдается тенденция все большего ужесточения требований к химическому составу стали и загрязненности ее неметаллическими включениями, газами и цветными металлами. Исходя из рассмотренных стратегий развития различных заводов, можно выделить схему производства стали массового сортамента, а также качественной и высококачественной металлопродукции. Разработанные на сегодняшний день многочисленные варианты техники и технологии получения качественной и высококачественной стали массового сортамента сводятся к следующему:

- Компенсация тепловых потерь жидкой стали в ковше и затрат на формирование рафинировочного шлака.
- Раскисление, легирование, науглероживание и обработка различными реагентами, вводимыми в металл.
- Перемешивание для ускорения тепло- и массообменных процессов в сталеразливочном ковше.
- Экстракционное рафинирование металла шлаковыми смесями [1].

При этом просматриваются три основных момента, которые обуславливают подход к производству качественного металла массового сортамента на этом этапе:

- достижение стабильного качества жидкой стали, уровень которого часто определяется технологическими требованиями;
- обеспечение технологичности работы МНЛЗ, включая скорость разлива, серийность, а также качество поверхности и внутренней структуры непрерывнолитого слитка;

- оптимизация технологии дальнейшей термомеханической обработки заготовки для получения заданных свойств изделий при минимизации материальных, энергетических и временных затрат для технологической цепочки в целом.

Специализация заводов на производстве той или иной группы марок стали ответственного назначения выдвигает на передний план задачу получения жидкого металла в ковше высокой степени рафинирования. На заводах, выплавляющих легированные и специальные марки стали (шарикоподшипниковую, трубную, для автолиста и жести, производства металлокорда, железнодорожных колес и т. п.), уровень кондиций жидкого металла в ковше во многих случаях определяется прежде всего требованиями к служебным свойствам данных изделий.

Получение оптимального химического состава готового металла чаще всего требует обеспечения особо низкого содержания вредных примесей [2]:

- *углерода* (ниже 0,003 % для марок стали с ультранизким содержанием углерода).
- *газов*: водорода (для флокеночувствительных – ниже 2 ppm) и азота (как правило, ниже 70–80 ppm для электростали и 40 ppm для конвертерной стали);
- *серы* (как правило, ниже 0,010 %, а для некоторых марок стали, например, трубной – ниже 0,003 %);
- *кислорода* (менее 15 ppm, например для легированных марок стали с особо низким содержанием кислорода);
- *примесей цветных металлов* – меди, олова, свинца, мышьяка, хрома, никеля.

Кроме того, к продукции ответственного назначения предъявляются высокие требования по макро- и микронеоднородности внутренней структуры готовых изделий и заготовок.

Содержание газов в стали. Общепринято, что если в высокопрочной стали концентрация водорода превышает 2 ppm, то в изделии или заготовке может происходить образование трещин и даже разрушение от остаточных напряжений после закалки. Флокены (микротрещины) могут проявляться в литой стали, а чаще – в прокате или поковках. Установлено, что достижение безопасного уровня содержания водорода в стали (менее 2 ppm) быстро достигается в ходе вакуумирования расплава и позволяет сократить или даже устранить дорогостоящую противфлокеновую обработку.

Снижение концентрации азота в стали в ходе выпечной обработки также достигается вакуумированием. При этом необходимо отметить, что современная вакуумная технология малоэффективна при обработке стали с содержанием азота ниже 0,0050 % и практически неэффективна в условиях массового производства при необходимости снижения азота ниже 0,003 %.

Содержание кислорода и неметаллических включений в стали. Существенное влияние на качество металла оказывает количество кислорода,

растворенного в жидкой стали. Если при кристаллизации стали содержание кислорода превышает максимальную его растворимость в твердом металле, то избыточное количество кислорода может выделяться из пересыщенного раствора в виде газообразного оксида углерода и неметаллических включений. Основное количество эндогенных включений, появляющихся при раскислении, представляет собой продукты взаимодействия кислорода, серы, фосфора, углерода и азота с другими компонентами расплава. Поэтому задача процесса раскисления состоит в получении в готовой стали возможно меньшего количества неметаллических включений и придания им благоприятной формы и свойств.

Для удаления серы применяется рафинировочный шлак с низким окислительным потенциалом на основе $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2$, обеспечивающий процесс глубокой десульфурации металла в ходе внепечной обработки. Известно, что для модифицирования неметаллических включений в раскисленной алюминием стали чаще других применяется: обработка расплава кальцием, кальций, барий, стронций, редкоземельные (иттрий, неодим, празеодим) и рядом нитридообразующих элементов (ванадий, титан, цирконий и др.). Данные элементы применяются с целью понижения растворимости вредных примесей (кислорода, серы, азота и т. д.) в готовой стали, а также совершенствования природы неметаллических включений.

Примеси цветных металлов оказывают существенное влияние на качество стали: ухудшая ее прокаливаемость, снижая механические свойства и коррозионную стойкость в атмосферных условиях. При горячем деформировании стали, содержащей медь, последняя может внедряться в границы зерен, и тем самым вызывая образование поверхностных трещин. Особенно при таких видах горячей обработки давлением, с которыми связано появление значительных растягивающих напряжений на поверхности стали. Следует отметить вредное влияние меди на жаропрочные стали (снижение последней под действием меди) котельные, у которых увеличивается трещинообразование под ее действием. Все-таки основной причиной ограниченного применения сталей с повышенным содержанием меди является склонность таких сталей к образованию поверхностных трещин при горячей обработке давлением.

Низкое содержание примесей цветных металлов (например, меди) в шихте сталеплавильных агрегатов дает возможность использовать такое сырье при производстве стали в двух направлениях: получение металла очень высокого качества, при большой доле чистого сырья в шихте (металлизированных окатышей), или применение дешевого скрапа низкого качества в шихте для получения стали обычного качества, но при более низкой ее стоимости. В настоящее время используют оба направления.

Для получения высококачественных сталей чаще всего используется металлизированное сырье, которое практически не содержит цветных примесей и имеет довольно низкое содержание серы (0,005–0,025 %) и фосфора (0,011–0,035 %). Учитывая сегодняшнюю потребность автопрома в сталях с высокими механическими свойствами и, следовательно, с низ-

ким содержанием примесей, нами сделана попытка увязать влияние доли металлизированных окатышей в шихте ДСП-120 при постоянном «болоте» на содержание меди, никеля и серы в шихте по расплавлению металла, при выплавке углеродистых сталей. Для этого на кафедре металлургии железа и сплавов УрФУ (Екатеринбург) была разработана программа расчета материального баланса выплавки стали в ДСП с проведением двух периодов плавки: плавления и окислительного. Шихта для расчета материального баланса плавки состояла из доли лома марки А-4 (100, 90, 85, 80 и 75 %), доли «болота» (5, 10, 15 %), доли металлизированных окатышей (0, 10, 20, 30 %) и соответствующей данному варианту доли передельного чугуна (5, 10, 15, 20 %). Стали для расчета: Ст 20, 25, 30, 35, 40, 50.

Проведенные расчеты, для углеродистых сталей марок 10–50, позволили установить влияние доли окатышей в шихте ДСП на количество примесей цветных металлов в готовой стали (рис. 1). Из данных рис. 1 следует, что при использовании лома и чугуна в шихте количество цветных металлов и примесей составляет (в процентах): $[Cu] = 0,493$, $[Ni] = 0,227$, $[S] = 0,045$ (точки на оси ординат). При увеличении доли окатышей в шихте до 30 %, цветные примеси понижаются до $[Cu] = 0,305$, $[Ni] = 0,138$, $[S] = 0,035$ (почти попадая в ГОСТ). А при использовании 100 % окатышей количество цветных металлов и вредных примесей (например, серы) в готовом металле уменьшаются до: $[Cu] = 0,011$, $[Ni] = 0,021$, $[S] = 0,022$.

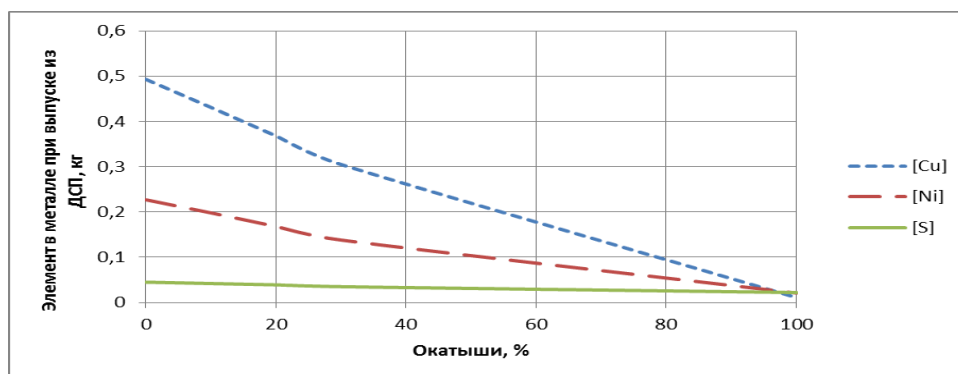


Рис. 1 . Влияние доли окатышей в шихте ДСП на количество цветных примесей и серы в металле

Список литературы

1. Поволоцкий Д. Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов / Д. Я. Поволоцкий, В. Е. Рошин, Н. В. Мальков. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Металлургия, 1995. 592 с.
2. Украинская ассоциация сталеплавильщиков / Информационный портал о черной и цветной металлургии. [Электронный ресурс]. URL: <http://uas.su/books/2011/dsp/dsp.php> (дата обращения: 03.03.2013).