

УДК 669.18

Ломовцев А.А., Столяров А.М., Потапов И.М., Юдин Д.В.

НАУГЛЕРОЖИВАНИЕ МЕТАЛЛА ПРИ КОВШЕВОЙ ОБРАБОТКЕ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Аннотация. В работе проанализирована технология науглероживания металла при производстве высокоуглеродистой стали марки 80. Науглероживание металла производится в два этапа. На первом этапе - в процессе выпуска полупродукта из двухвального сталеплавильного агрегата (ДСА) в сталеразливочный ковш введением около 85% от общего количества карбюризатора УСМ-99 (углеродсодержащего материала или искусственного графита фракцией 3-10 мм) с содержанием 99% углерода. На втором этапе производится корректировка содержания углерода в стали при ковшевой обработке на агрегате «ковш-печь» (АКП) путем присадки УСМ-99 и порошковой проволоки с 99,05% углерода. В работе проанализирован массив производственных данных из 26 плавов стали марки 80. Статистическая обработка цифровых данных позволила установить температурный режим производства стали. Приведены данные об изменении содержания углерода и серы в процессе производства, окисленности металла на АКП. Проведен анализ влияния различных факторов на усвоение углерода для каждого этапа науглероживания металла. Установлено, что повышение температуры выпускаемого металла негативно влияет на усвоение углерода: при температуре не более 1630°C усвоение равнялось 77,6%, а при большей – 72,2%. Поэтому рекомендуется выпускать металл из ДСА с температурой не выше 1630°C. При ковшевой обработке металла на АКП получена зависимость усвоения углерода от температуры металла по приходу на АКП. Для получения более высокого усвоения углерода (от 78 до 89%) рекомендуется иметь температуру металла по приходу на АКП в интервале 1540 – 1560°C.

Ключевые слова: сталь высокоуглеродистая, ковш, агрегат «ковш-печь», карбюризатор, усвоение углерода

В электросталеплавильном цехе (ЭСЦ) ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» производится сталь широкого марочного сортамента, включая высокоуглеродистую сталь марки 80 [1]. Химический состав такой стали (% по массе) для производства катанки и проката круглого сечения с целью изготовления проволоки ответственного назначения по ТУ 14-101-582-2009 следующий:

C	Si	Mn	S	P
0,77-0,85	0,20-0,37	0,40-0,70	≤ 0,005	≤ 0,025
Cr	Ni	Cu	N	Al
≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,008	≤ 0,005

При производстве стали марки 80 достаточно сложной задачей является осуществление эффективного науглероживания металла с высоким усвоением вводимого углерода [2–5].

Полупродукт выплавляется в двухвальном сталеплавильном агрегате (ДСА) 180×180 т, так как в стали вышеназванной марки должна быть низкая концентрация хрома, никеля и меди – не более 0,10%. Науглероживание металла производится в два этапа. На первом этапе – в процессе выпуска полупродукта из ДСА в сталеразливочный ковш введением около 85% от общего количества карбюризатора УСМ-99 (углеродсодержащего материала или искусственного графита фракцией 3-10 мм) с содержанием 99% углерода. На втором этапе производится корректировка содержания углерода в стали при ковшевой обработке на агрегате «ковш-печь» (АКП) путем присадки УСМ-99 и порошковой проволоки с 99,05% углерода [6, 7].

В работе проанализирован массив производственных данных из 26 плавов стали марки 80. Статистическая обработка цифровых данных позволила установить температурный режим производства стали (рис. 1).

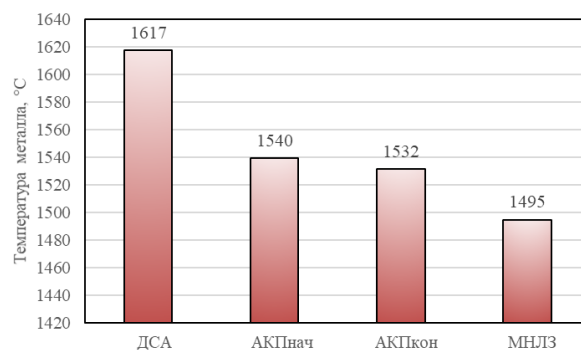


Рис. 1. Средние значения температуры металла на разных этапах производства: перед выпуском из ДСА, в начале и конце обработки на АКП, при разливке на МНЛЗ

На первом этапе науглероживания происходит значительное (в среднем на 77°C) падение температуры металла из-за присадки в ковш основной массы карбюризатора, а также ферросилиция марки ФС65 и силикомарганца марки СМн18. При обработке на АКП (второй этап науглероживания) снижение температуры металла незначительное – в среднем на 8°C. На участке АКП – МНЛЗ металл остывает в среднем на 37°C. При этом средняя температура ликвидус металла составляет 1465°C.

На рис. 2 представлено изменение среднего содержания углерода в процессе производства.

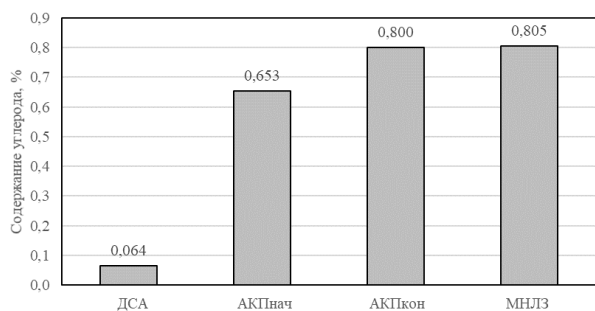


Рис. 2. Среднее содержание углерода в металле перед выпуском из ДСА, в начале и конце обработки на АКП, при разливке на МНЛЗ

При первом науглероживании среднее содержание углерода увеличивается в 10,2 раза, а при втором – в 1,23 раза. Резкое увеличение содержания углерода в сочетании с ростом концентрации кремния и марганца вызывает падение среднего содержания растворенного в металле кислорода на АКП в 10,7 раз (рис. 3).

Получение глубоко раскисленного металла в сочетании с наведением «белого» шлака (среднее содержание монооксидов железа и марганца равно 0,92 и 0,16 % соответственно) способствует эффективной десульфурации металла. На рис. 4 показано изменение содержания серы в металле.

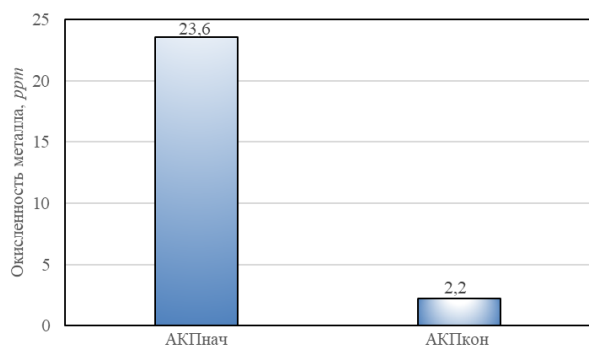


Рис. 3. Информация об изменении окисленности металла в процессе ковшевой обработки на АКП

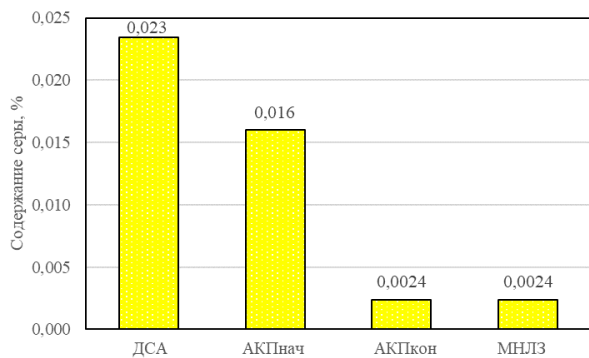


Рис. 4. Изменение содержания серы в металле

Общая степень десульфурации металла имеет высокое значение – 89,6%. Из рис. 4 видно, что наибольший вклад в удаление серы вносит ковшевая обработка металла на АКП – содержание серы снижается в 6,7 раза.

В работе рассчитаны значения усвоения углерода на каждом этапе науглероживания металла (рис. 5). Усвоение углерода на АКП выше в среднем на 1,7%, чем в процессе выпуска из ДСА. Это объясняется использованием на АКП углеродсодержащей порошковой проволоки.

Проведен анализ влияния различных факторов на усвоение углерода для каждого этапа науглероживания металла. Установлено, что повышение температуры выпускаемого металла негативно влияет на усвоение углерода (рис. 6): при температуре не более 1630°C (22 плавки) усвоение равнялось 77,6%, а при большей величине (4 плавки) – 72,2%. Поэтому рекомендуется выпускать металл из ДСА с температурой не выше 1630°C.

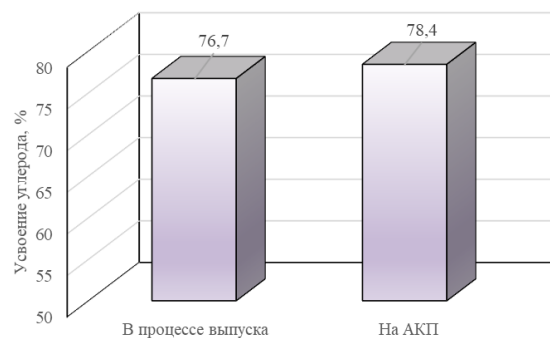


Рис. 5. Усвоение углерода при науглероживании металла в процессе выпуска из ДСА и на АКП

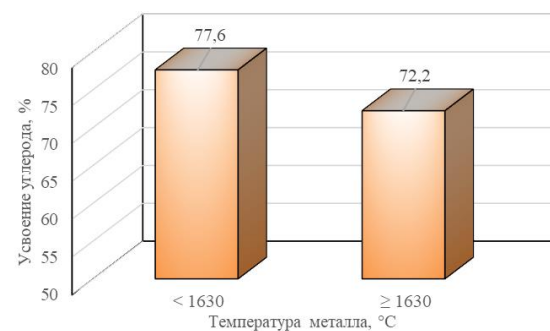


Рис. 6. Усвоение углерода на первом этапе науглероживания при разной температуре металла перед выпуском из ДСА

При ковшевой обработке металла на АКП получена зависимость, представленная на рис. 7.

Для получения более высокого усвоения углерода (от 78 до 89%) необходимо иметь температуру металла по приходу на АКП в интервале 1540–1560°C.

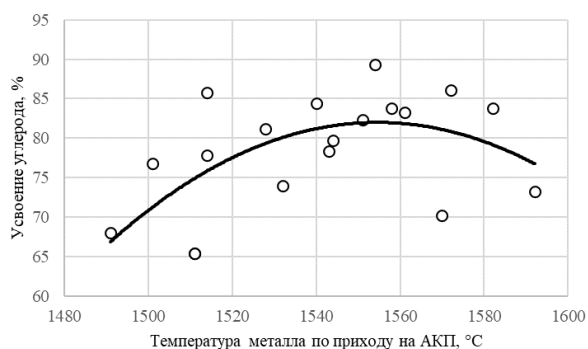


Рис. 7. Зависимость усвоения углерода на втором этапе науглероживания от температуры металла по приходу на АКП

Заключение

В работе проанализирована технология науглероживания металла при производстве высокоуглеродистой стали марки 80. Науглероживание металла производится в два этапа. На первом этапе – в процессе выпуска полупродукта из ДСА в сталеразливочный ковш введением около 85% от общего количества карбюризатора УСМ-99 (углеродсодержащего материала или искусственного графита фракцией 3-10 мм) с содержанием 99% углерода. На втором этапе производится корректировка содержания углерода в стали при ковшевой обработке на агрегате «ковш-печь» (АКП) путем присадки УСМ-99 и порошковой проволоки с 99,05% углерода. В работе проанализирован массив производственных данных из 26 плавки стали марки 80. Статистическая обработка цифровых данных позволила установить температурный режим производства стали. Приведены данные об изменении содержания углерода и серы в процессе производства, окисленности металла на АКП. Проведен анализ влияния различных факторов на усвоение углерода на каждом этапе науглероживания металла. Установлено, что повышение температуры выпускаемого металла негативно влияет на усвоение углерода: при температуре не более 1630°C (22 плавки) усвоение

Сведения об авторах

Ломовцев Антон Александрович – магистр кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материаловедения, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия.

Столяров Александр Михайлович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материаловедения, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия. E-mail: sam52.52@mail.ru

Потапов Иван Михайлович – бакалавр, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия.

Юдин Данил Владиславович – бакалавр, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия.

равнялось 77,6%, а при большей (4 плавки) – 72,2%. Поэтому рекомендуется выпускать металл из ДСА с температурой не выше 1630°C. При ковшевой обработке металла на АКП получена зависимость усвоения углерода от температуры металла по приходу на АКП. Для получения более высокого усвоения углерода (от 78 до 89%) рекомендуется иметь температуру металла по приходу на АКП в интервале 1540–1560°C.

Список литературы

1. Бигеев В.А., Столяров А.М., Валиахметов А.Х. Металлургические технологии в высокопроизводительном электросталеплавильном цехе: учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. 320 с.
2. Бигеев А.М., Бигеев В.А. Металлургия стали. Теория и технология плавки стали: учебник для вузов. 3-е изд., перераб и доп. Магнитогорск: МГТУ, 2000. 544 с.
3. Поволоцкий Д.Я. Основы технологии производства стали: учебное пособие для вузов. Челябинск: ЮУрГУ, 2004. 191 с.
4. Еланский Г.Н., Линчевский Б.В., Кальменев А.А. Основы производства и обработки металлов: учебник. М.: МГВМИ, 2005. 416 с.
5. Рошин В.Е., Рошин А.В. Электрометаллургия и металлургия стали: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. 572 с.
6. Современные процессы ковшевой десульфурации чугуна / С.Н. Ушаков, В.А. Бигеев, А.М. Столяров, М.В. Потапова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2019. Т.17. №2. С. 17–23.
7. О возможности корректировки места приложения мягкого обжатия слябовой непрерывнолитой заготовки из трубной стали / Е.А. Бунеева, В.В. Мошкун, А.М. Столяров, М.В. Потапова // Теория и технология металлургического производства. 2020. № 1 (32). С. 4-10.

METAL CARBONIFYING IN THE COURSE OF HIGH CARBON STEEL LADLE TREATMENT

Lomovtsev Anton A. – master degree student of Metallurgy and Chemical Technology Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: mcm@magtu.ru

Stolyarov Alexander M. – Professor of Metallurgy and Chemical Technology Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: sam52.52@mail.ru

Potapov Ivan M. – bachelor degree student of Metallurgy and Chemical Technology Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: potapivan14@gmail.com

Yudin Danil V. – bachelor degree student of Business Informatics Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: ydv2002@mail.ru

Abstract. In the work the technology of metal carburization during production of high-carbon steel (80 grade) was analyzed. Metal carburization is carried out in two stages. At the first stage - in the process of tapping the semi-product from a double-bath steelmaking unit (DSU) into ladle by introducing about 85% of the total amount of USM-99 carburizer (carbon-containing material or artificial graphite with a fraction of 3-10 mm) containing 99% carbon. At the second stage, the carbon content in steel is adjusted during ladle processing on a ladle-furnace unit (LAF) using the USM-99 additive and flux-cored wire with 99.05% carbon. The work analyzed an array of production data from 26 heats of grade 80 steel. Statistical processing of digital data made it possible to establish the temperature regime of steel production. Data are presented on changes in carbon and sulfur content during the production process, and metal oxidation at the automatic transmission. An analysis of the influence of various factors on carbon assimilation was carried out for each stage of metal carburization. It was established that an increase in the temperature of the produced metal negatively affects the assimilation of carbon: at a temperature of no more than 1630°C, the assimilation was 77.6%, and at a higher temperature - 72.2%. Therefore, it is recommended to produce metal from DSA at a temperature no higher than 1630°C. When ladle processing of metal on the automatic transmission machine, the dependence of carbon assimilation on the temperature of the metal upon arrival at the automatic transmission machine was obtained. To obtain higher carbon assimilation (from 78 to 89%), it is recommended to have the temperature of the metal upon arrival at the automatic transmission in the range of 1540–1560°C.

Key words: steel, high-carbon, ladle, ladle-furnace unit, carburizer, carbon assimilation.

Ссылка на статью:

Науглероживание металла при ковшевой обработке высокоуглеродистой стали / А.А. Ломовцев, А.М. Столяров, И.М. Потапов, Д.В. Юдин // Теория и технология металлургического производства. 2023. №4(47). С. 8-11.
Lomovtsev A.A., Stolyarov A.M., Potapov I.M., Yudin D.V. Metal carbonifying in the course of high carbon steel ladle treatment. *Teoria i tehnologija metallurgicheskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2023, vol. 47, no. 4, pp. 8–11.