

А. Н. Стоянов /к. т. н./, К. Г. Низяев /д. т. н./,
Л. С. Молчанов /к. т. н./
Национальная металлургическая академия
Украины

Оценка энергоемкости внедоменного рафинирования чугуна

Выполнен анализ прироста энергоемкости внедоменной десиликонизации и десульфурации. Определен диапазон изменения энергозатрат при инъекционном рафинировании чугуна различными реагентами. (Ил. 5. Библиогр.: 11 назв.)

Ключевые слова: энергоемкость, внедоменное рафинирование, чугун, десульфурация.

Analysis of increase of energy content of external desiliconizing and desulfuration is made. Range of change of energy consumption at injection refinement of cast iron by various reagents is determined.

Key words: energy content, external refinement, cast iron, desulfuration.

Актуальность исследований

Снижение энерго- и ресурсозатрат, повышение качественных характеристик металлопродукции является приоритетным направлением развития черной металлургии в странах Европы. В сложившихся условиях дефицита энерго-ресурсов, конкурентной борьбы за рынки сбыта эта задача особенно актуальна для сталеплавильного производства Украины.

Обобщение многолетнего опыта исследований и предварительные расчеты показывают, что в структуре энергоемкости кислородно-конвертерной стали доля жидкого чугуна составляет более 90 % (рис. 1). Вместе с тем за последние годы разработаны и успешно внедрены в производство разнообразные способы подготовки чугуна к конвертерной плавке, которые могут в значительной степени влиять на величину его энергоемкости.

В связи с этим возникает необходимость в определении прироста энергоемкости чугуна при проведении внепечной десиликонизации и десульфурации по различным технологическим вариантам.

Краткая характеристика процессов внедоменной обработки чугуна

При анализе энергозатратности процесса десульфурации чугуна были рассмотрены следующие технологии [1–6]: инжестирование гранулированного магния; порошкообразной извести, смеси порошкообразной извести и гранулированного магния; ввод порошковой проволоки содержащей магний, карбид кальция; восстановление магния из оксида в зоне погруженной в металл электрической дуги; ввод экзотермических магниесодержащих брикетов.



Рис. 1. Структура энергоемкости конвертерной стали

В технологических вариантах десиликонизации чугуна можно выделить две основные тенденции: обработка металла на жолобе доменной печи твердыми окислителями и инъекция реагентов в глубинные объемы металла (обработка в заливочном ковше, передвижных миксерах). Необходимо отметить, что первый вариант достаточно прост в реализации, однако эффективность процесса и стабильность достигаемых результатов достаточно низкая [7], кроме того, такая технология не может реализовать вариант комплексного рафинирования металла. Поэтому для анализа был выбран второй вариант обработки – инъекция. При этом в качестве реагентов рассматривались агломерат, окалина и смесь окалины с известью, а в качестве газа-

носителя использовали азот, воздух и кислород, в различном сочетании.

Методика проведения исследований

Поскольку исходные значения энергоёмкости чугуна для различных предприятий отрасли изменяются в значительных пределах, в связи с разнообразием применяемых технологий доменной плавки (использование пылеугольного топлива, коксового газа и т. п.), предложено давать оценку энергоёмкости технологий десиликонизации чугуна по ее изменению.

Для определения прямых энергозатрат в ходе внедоменной обработки жидкого чугуна разработана программа расчета, в основу которой положен расчет материального и теплового балансов процессов десиликонизации и десульфурации чугуна по методике, изложенной в работах [8; 9]. В программе расчета реализованы современные представления теории процессов рафинирования чугуна, уточнены значения термодинамических характеристик, а также обобщены научно-технические данные.

Плотность газопорошковой при инъекции рафинирующих смесей принята $1/100 \text{ м}^3/\text{кг}$, что обеспечивает достаточные условия для стабильной работы инъекционных установок, таких как высокая производительность, исключение запыливания ствола фурменного устройства для инъекции, истечение газо-порошковой струи в струйно-пузырьковом режиме [10; 11].

Результаты исследований

На рис. 2–4 приведены показатели прироста энергоёмкости чугуна в зависимости от заданной степени десиликонизации при использовании различных типов десиликонизаторов и газа для инъекции рафинирующих порошков.

Расчетные показатели прироста энергоёмкости процесса десульфурации чугуна приведены на рис. 5.

Обобщение результатов исследований

В результате выполненных исследований получены значения прироста энергоёмкости десиликонизации и десульфурации чугуна при использовании различных видов рафинирующих материалов. Так, при десиликонизации диапазон изменения энергоёмкости чугуна составил от 12 до 138 кДж/кг, а при десульфурации, соответственно, 108–265 кДж/кг. Показано, что прирост энергоёмкости чугуна в первую очередь предопределяется энергоёмкостью применяемых материалов. Установлено, что минимальные значения прямых энергозатрат процесса десиликонизации обеспечиваются при использовании окалины, инжектируемой в потоке кислорода, а процесса десульфурации – при инъекции порошкообразной извести.

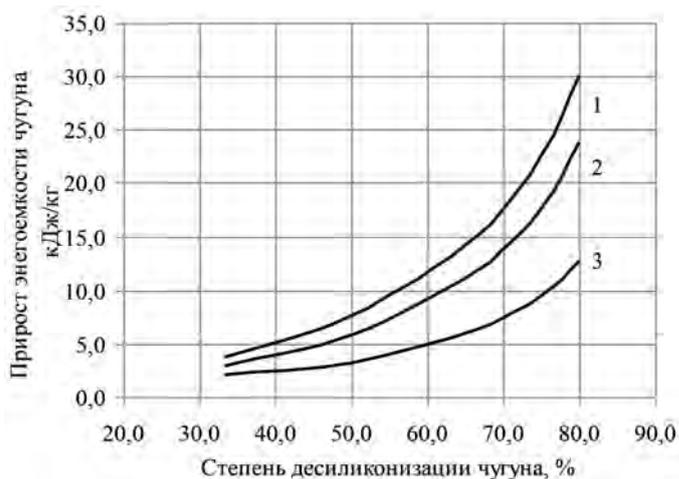


Рис. 2. Влияние степени десиликонизации чугуна на прирост энергоёмкости при использовании окалины (цифры у кривых – тип газа-носителя: 1 – азот; 2 – воздух; 3 – кислород)

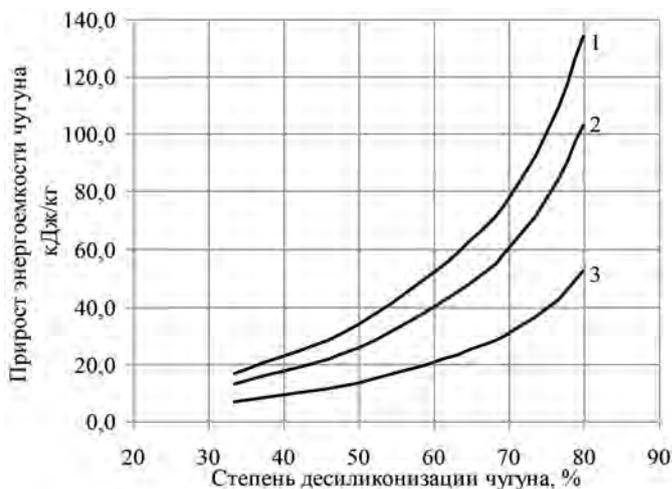


Рис. 3. Влияние степени десиликонизации чугуна на прирост энергоёмкости при использовании агломерата (цифры у кривых – тип газа-носителя: 1 – азот; 2 – воздух; 3 – кислород)

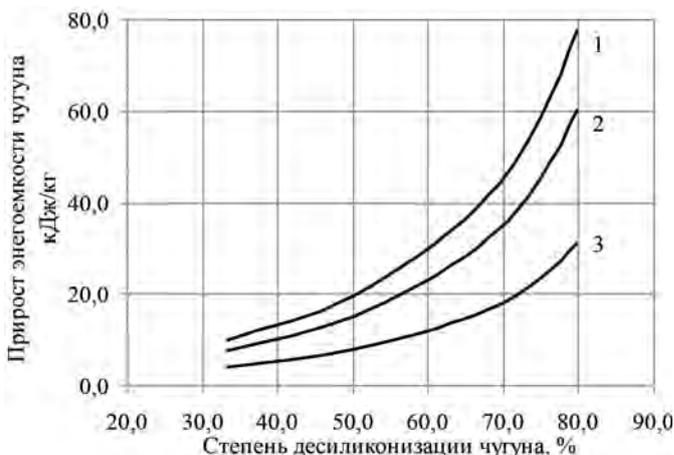


Рис. 4. Влияние степени десиликонизации чугуна на прирост энергоёмкости при использовании смеси окалины и извести в соотношении, %: 80/20 (цифры у кривых – тип газа-носителя: 1 – азот; 2 – воздух; 3 – кислород)

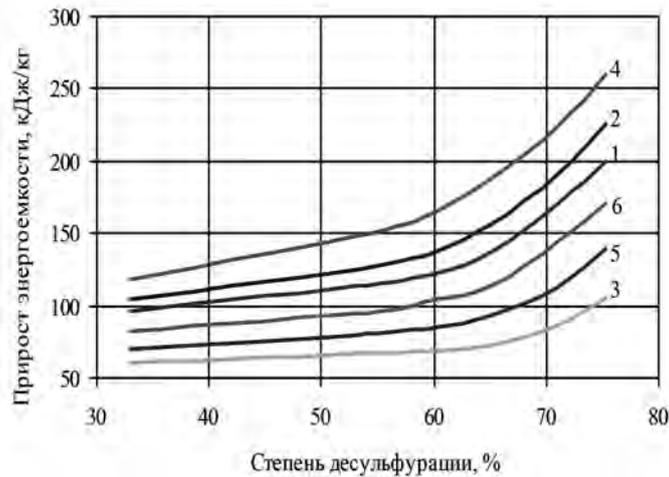


Рис. 5. Изменение прироста энергоемкости чугуна в зависимости от заданной степени десульфурации при использовании различных технологий:

- 1 – инъекция гранулированного магния; 2 – инъекция смеси гранулированного магния и извести; 3 – инъекция порошкообразной извести; 4 – ввод магнийсодержащей проволоки; 5 – обработка экзотермическими брикетами, содержащими магний; 6 – десульфурация магнием, восстановленным из оксида за счёт тепла электрической дуги

Библиографический список

1. Десульфурация чугуна в 420-тонных передвижных миксерных ковшах / Н. А. Воронова, А. С. Вергун, И. М. Лафер [и др.] // Бюллетень ЦНИИЧМ. – 1983. – № 8. – С. 46–47.
2. Рациональная технология десульфурации чугуна гранулированным магнием в большегрузных заливочных ковшах / А. Ф. Шевченко, Б. В. Двоскин, А. С. Вергун [и др.] // Черметинформация. – 2001. – № 1. – С. 12–14.
3. Выбор рационального решения ковшевого рафинирования чугуна магниевыми реагентами / А. Ф. Шевченко, В. А. Александров, А. В. Зотов [и др.] // Сталь. – 2002. – № 6. – С. 16–19.
4. Чернятевич А. Г. Особенности десульфурации чугуна при вдувании диспергированного магния / А. Г. Чернятевич, А. С. Вергун, К. И. Чубин // Изв. ВУЗов. ЧМ. – 2000. – № 12. – С. 3–8.
5. Рафинирование чугуна и стали в ковше погружаемой электрической дугой / К. Г. Низяев, Б. М. Бойченко, А. Н. Стоянов [и др.] // Теория и практика металлургии. – 2003. – № 4. – С. 23–26.
6. Особенности десульфурации чугуна экзотермическими брикетами, содержащими оксид магния / Л. С. Молчанов, К. Г. Низяев, Б. М. Бойченко [и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2012. – № 7. – С. 42–44.
7. Nomijama T. Study of Optimum Silicon Content Between Ironmaking and Steelmaking Process on the Hot Metal Pretreatment / T. Nomijama et. al. // Tetsu to Hagane. – 1983. – Vol. 69. – № 15. – P. 1738–1745.
8. Затраты первичной энергии на получение стали различными способами / В. И. Бапгизманский, Б. М. Бойченко, А. Г. Зубарев [и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. – 1984. – № 8. – С. 47–55.
9. Тепловая работа кислородных конвертеров / В. И. Бапгизманский, Б. М. Бойченко, В. П. Черевко. – М.: Металлургия, 1988. – 174 с.
10. Стоянов А. Н. Работа инъекционных систем для внепечной обработки металла / А. Н. Стоянов, К. Г. Низяев, В. А. Петренко // Металл и литье Украины. – 2003. – № 5. – С. 20–21.
11. Айронз Г. А. Научный и практический аспекты конструирования фурм для вдувания порошков / Г. А. Айронз // Труды конференции. Инжекционная металлургия'86. – М.: Металлургия. – 1990. – С. 44–62.

Поступила 27.05.2015