

Влияние технологических параметров тепловой обработки заготовок из быстрорежущей стали на процессы окалинообразования

Выполнена количественная оценка образующихся техногенных отходов быстрорежущих сталей на металлургических переделах, в частности в процессе тепловой обработки заготовок из быстрорежущей стали. Определено влияние температуры и времени тепловой обработки заготовок, а также состава атмосферы печи на процессы окалинообразования.

Ключевые слова: быстрорежущая сталь, техногенные отходы, окалина, легирующие элементы, утилизация, ресурсосбережение

Удержание конкурентных позиций в металлургии в сфере производства высококачественных специальных сталей и наращивание объёмов их выпуска затрудняется высокими ценами на тугоплавкие легирующие материалы на основе вольфрама, молибдена, ванадия, кобальта и хрома. Поэтому актуальным является вопрос разработки и внедрения в производство нетрадиционных источников сырья и технологических решений при выплавке специальных сталей [1-3].

В современных условиях особая роль отводится процессам утилизации легирующих элементов из техногенных отходов металлургических и обрабатывающих переделов производства металлопродукции [4]. Практический интерес представляет разработка технологии предварительной подготовки отходов производства быстрорежущих сталей (окалины, стружки, металлообразивной смеси и других) с последующей утилизацией железа и ведущих легирующих элементов при выплавке стали [5-7].

Результаты исследования качественных характеристик окалины быстрорежущей стали разных марок, как исходного сырья, с применением химического и фазового анализов, а также растровой электронной микроскопии в комплексе с рентгеновским микроанализом были выполнены и ранее представлены в работе [8].

Целью же настоящей работы было осуществление количественной оценки образующихся техногенных отходов быстрорежущих сталей на металлургических переделах и переделах обработки металлов давлением, а конкретная задача исследований заключалась в определении влияния температуры и времени тепловой обработки заготовок из быстрорежущей стали, а также состава атмосферы печи, на процессы окалинообразования.

В цехе порошковой металлургии при производстве товарных поковок из быстрорежущих сталей слитки металла подвергаются тепловой обработке в нагревательных печах. Нагрев до температуры 1413-1433 К и последующая выдержка в течение определенного времени сопровождаются образова-

нием окалины, возникающей вследствие высокотемпературного окисления стали.

Известно, что окалинообразование (угар) в нагревательных печах зависит от температуры и времени выдержки металла, от содержания O_2 , H_2O и CO_2 в продуктах сгорания, от марки стали и других параметров. Практически в процессе нагрева можно изменить температуру, время выдержки и содержание кислорода в атмосфере печи.

В промышленных условиях проведена серия нагревов заготовок из быстрорежущей стали с максимальным временем выдержки 2,5 часа при температуре 1273, 1423 и 1523 К (рис. 1, табл.).

На основании экспериментальных данных получены зависимости угара металла от времени выдержки, температуры и состава атмосферы (рис. 1) при изменении соотношения O_2 , N_2 и CO_2 . Для всех вариантов используемых газовых смесей наблюдается существенное увеличение угара в первый час, а в дальнейшем скорость окисления значительно снижается. Последнее объясняется тем, что с ростом толщины слоя окалины затрудняется доступ окислителя к металлу. Из рис. 1 видно также, что добавка в газовую смесь CO_2 при прочих равных условиях вызывает увеличение угара на 0,01-0,04 г/см².

Наиболее существенно на технико-экономические показатели нагрева влияет период выдержки в условиях максимальных температур. Любые задержки выдачи металла приводят к неоправданным потерям на угар. При заранее известных задержках выдачи необходимо снизить температуру томления. Как видно из рис. 1, выдержка в течение одного часа при температуре 1523 К даёт примерно такой же угар, как выдержка в течение двух часов при температуре 1423 К. Схожая закономерность наблюдается в случае выдержки при температурах 1273 и 1423 К соответственно (рис. 1, табл.).

Наиболее существенное увеличение угара металла происходит при изменении содержания кислорода в смеси от 2 до 6 % объёмн. (рис. 2). Целесообразно осуществлять такой режим горения топлива, при котором содержание кислорода в печной атмосфере

близко к 2 %. В этом случае обеспечивается максимальный тепловой эффект от сжигания топлива и минимальный угар металла.

На основе результатов исследований установлена зависимость влияния параметров тепловой

обработки быстрорежущей стали марок Р6М5Ф3, Р18 и Р12М3К5Ф2 в интервале температур 1273-1523 К в течение 0,5-2,0 часов с содержанием кислорода в атмосфере печи 2,0-12,0 % объёмн. на угар металла, который составляет 0,10-0,30 г/см² после

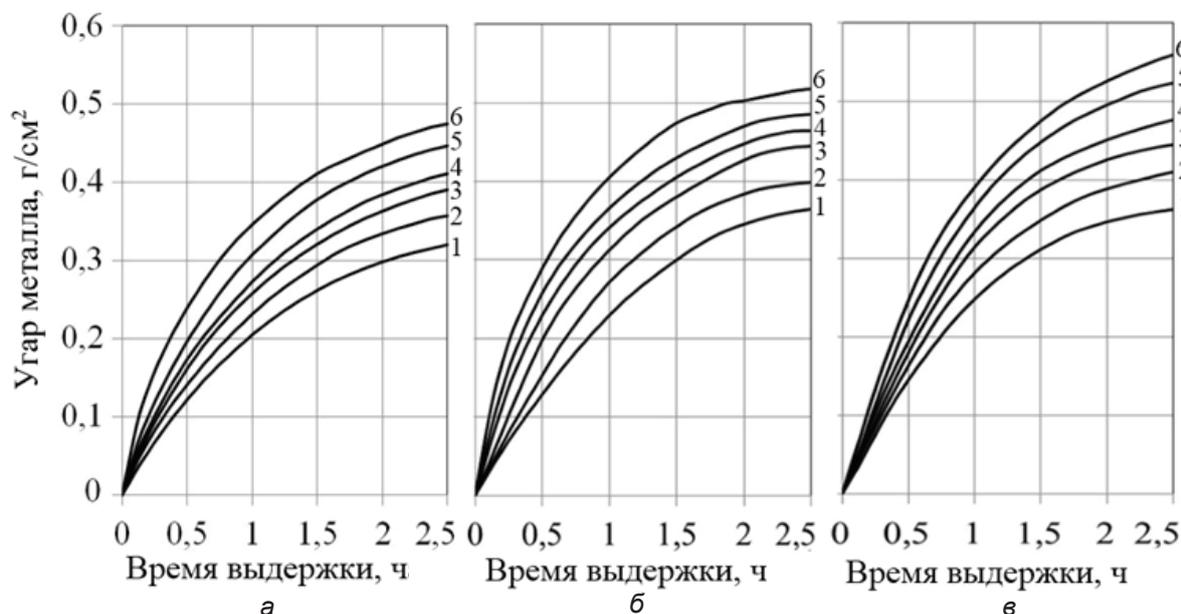


Рис. 1. Зависимость угара металла стали марок Р6М5Ф3 (а), Р18(б) и Р12М3К5Ф2 (в) от времени выдержки при различных температурах и составе атмосфер, % объёмн.: 1 – 1423 К, O₂ – 2,2, N₂ – 97,8; 2 – 1423 К, O₂ – 3,6, N₂ – 96,4; 3 – 1523 К, O₂ – 2,2, N₂ – 97,8; 4 – 1523 К, O₂ – 2,2, CO₂ – 20, N₂ – 77,8; 5 – 1523 К, O₂ – 3,6, N₂ – 96,4; 6 – 1523 К, O₂ – 3,6, CO₂ – 20, N₂ – 77,8

Зависимость угара металла быстрорежущей стали разных марок при 1273 К от времени выдержки и содержания кислорода в атмосфере печи

Марка стали	Угар металла, г/см ²					
	1			2		
Р6М5Ф3	0,12	0,15	0,17	0,20	0,23	0,25
Р18	0,13	0,15	0,17	0,21	0,24	0,26
Р12М3К5Ф2	0,13	0,16	0,18	0,22	0,24	0,26
Время выдержки, ч.	1			2		
Содержание O ₂ , % объёмн.	2,2	3,6	5,7	2,2	3,6	5,7

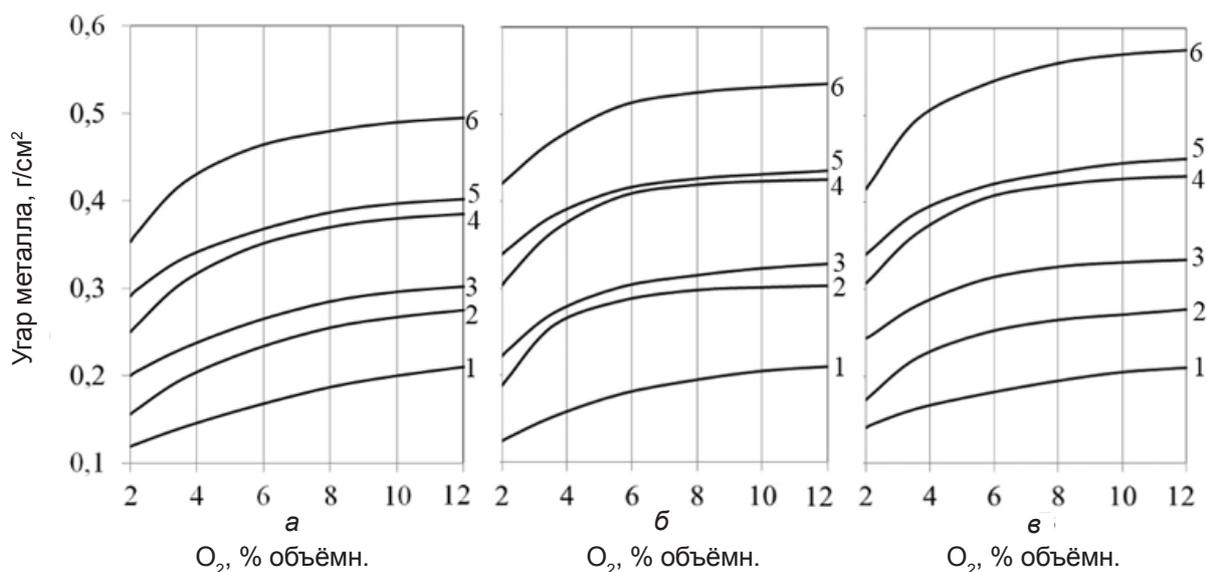


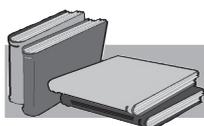
Рис. 2. Зависимость угара металла стали марок Р6М5Ф3 (а), Р18 (б) и Р12М3К5Ф2 (в) от содержания кислорода в печи, % объёмн., при различных температурах и времени выдержки, : 1 – 0,5 ч, 1423 К; 2 – 0,5 ч, 1523 К; 3 – 1 ч, 1423 К; 4 – 1 ч, 1523 К; 5 – 2 ч, 1423 К; 6 – 2 ч, 1523 К

выдержки 0,5 ч., 0,12-0,43 г/см² после выдержки 1,0 ч. и 0,21-0,58 после выдержки 2,0 ч. Рост температуры от 1273 К до 1523 К приводит к повышению угара металла в 1,7-2,6 раза. Изменение содержания кислорода в атмосфере печи от 2,0 до 12,0 % объёмн. приводит к повышению угара металла на 27-75 %. Полученные зависимости позволяют выполнить количественную оценку образующихся техногенных отходов быстрорежущих сталей на металлургических переделах и переделах обработки металлов давлением.

Выводы

Количественная оценка угара быстрорежущих сталей при нагреве и обработке металла давлением позволила определить потери стали в окалину на

уровне 3-4 %мас. (в некоторых случаях до 12 %мас.) от массы нагреваемых слитков. Такой угар в условиях цеха порошковой металлургии ПАО «Электрометаллургический завод «Днепропетцсталь» им. А. Н. Кузьмина» сопровождается образованием в течение года 300-400 т окалины, которая содержит все элементы исходных заготовок быстрорежущей стали. Концентрация легирующих элементов в окалине снижается на величину содержания кислорода, который появляется в результате термической обработки и обработки металлов давлением. В связи с резким повышением цен на тугоплавкие легирующие элементы на мировом рынке (а Украина их полностью импортирует), образующиеся объёмы окалины, как вторичного сырья, представляют не только научный, но и практический интерес.



ЛИТЕРАТУРА

1. *Волынкина Е. П.* Отходы металлургического предприятия: от анализа потерь к управлению / Е. П. Волынкина, Е. В. Протопопов // Изв. вузов. Чёрная металлургия. – 2005. – № 6. – С. 72-76.
2. *Керкхофф Х. Ю.* Взрыв цен на сырьё – угроза экономическому подъёму / Х. Ю. Керкхофф // Чёрные металлы. – 2010. – № 10. – С. 61-66.
3. *Григор'єв С. М.* Стратегічні й тактичні напрями ресурсо- та енергосбереження в металургії важкотопких легувальних матеріалів і спеціальних сталей / С. М. Григор'єв // Держава та регіони: Серія «Економіка та підприємництво». – 2009. – № 6. – С. 70-76.
4. *Эндеман Г.* Образование пыли, окалины и шлама и их утилизация на металлургических заводах Германии / Г. Эндеман, Х. Б. Люнген, К. -Д. Вупперман // Чёрные металлы. – 2007. – № 2. – С. 49-56.
5. *Петрищев А. С.* Некоторые физико-химические закономерности получения металлизированной окалины быстрорежущей стали / А. С. Петрищев, С. М. Григорьев // Сталь. – 2012. – № 3. – С. 20-26.
6. *Григорьев С. М.* Особенности фазовых превращений в процессе восстановления окалины быстрорежущей стали / С. М. Григорьев, А. С. Петрищев // Металл и литьё Украины. – 2011. – № 7. – С. 16-20.
7. *Петрищев А. С.* Исследование карбосилицидопревращений при восстановительной плавке металлооксидных техногенных отходов быстрорежущих сталей / А. С. Петрищев, С. М. Григорьев // Металл и литьё Украины. – 2012. – № 6. – С. 28-32.
8. *Петрищев А. С.* Особенности фазового состава и структуры мелкодисперсных техногенных отходов стали марок Р6М5Ф3 и Р12М3К5Ф2 / А. С. Петрищев, С. М. Григорьев // Металл и литьё Украины. – 2012. – № 4. – С. 25-31.

Анотація

Петрищев А. С.

Вплив технологічних параметрів теплової обробки заготовок із швидкоріжучої сталі на процеси окалиноутворення

Виконано кількісну оцінку техногенних відходів швидкоріжучих сталей, що утворюються на металургійних переделах, зокрема в процесі теплової обробки заготовок із швидкоріжучої сталі. Визначено вплив температури і часу теплової обробки заготовок, а також складу атмосфери печі на процеси окалиноутворення.

Ключові слова

швидкоріжуча сталь, техногенні відходи, окалина, легуючі елементи, утилізація, ресурсозбереження.

The quantitative estimation of a formed technogenic waste of rapid tool steels on metallurgical repartitions, in particular in the course of thermal machining of preparations from a rapid tool steel is executed. Agency of temperature and a time of thermal machining of preparations, and also furnace atmosphere composition on scaling processes is defined.

Оформление рукописи для опубликования в журнале "Металл и литьё Украины":

Материалы для публикации необходимо подавать в формате, поддерживаемом Microsoft Word, размер страницы А4, книжная ориентация, шрифт – Arial, 10, междустрочный интервал – 1,5. Объём статьи – не более 10 стр., рисунков – не более 5.

Рукопись должна содержать:

- УДК;
- фамилии и инициалы всех авторов (на русском, украинском и английском языках);
- название статьи (на русском, украинском и английском языках);
- название учреждения(й), в котором(ых) работает(ют) автор(ы);
- аннотации (на русском, украинском и английском языках);
- ключевые слова (не менее шести) – на русском, украинском и английском языках;
- предлагаемая структура текста (Arial 10, прямой) научной статьи: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы».
- таблицы должны иметь порядковый номер (Arial 10, курсив) и заголовок (Arial 10, п/ж), текст в таблице (Arial 9, прямой), примечания к таблицам размещаются непосредственно под таблицей (Arial 8, курсивом).
- формулы (Arial 11, русские символы – прямым, английские – курсивом, греческие – Symbol 12, прямым) должны иметь порядковый номер (Arial 10, прямой);
- рисунки, схемы, диаграммы и другие графические материалы должны быть чёрно-белыми, чёткими, контрастными, обязательно иметь номер и подрисуночную подпись (Arial 9, прямой); все громоздкие надписи на рисунке следует заменять цифровыми или буквенными обозначениями, объяснение которых необходимо выносить в подрисуночную подпись;
- список литературы (Arial 9);
- ссылки нумеруются в порядке их упоминания в тексте, где они обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках (например - [1]).