
ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ, МЕХАНИЗАЦИИ И КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЛИТЬЯ

УДК 621.745.5.06/07:536.5

Л. Ф. Жуков, А. Л. Корниенко, Н. Ф. Зубенина

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧУГУНА

Для метрологического обеспечения оптической бесконтактной термометрии железоуглеродистых расплавов исследовано влияние углерода, кремния и марганца в видимой, а также ближней и средней инфракрасной областях спектра на частичную излучательную способность (ϵ_{λ}) чугуна. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено неоднозначное влияние углерода на ϵ_{λ} . При увеличении содержания С в высокомарганцовистых чугунах с низким Si ϵ_{λ} уменьшается, а в низкомарганцовистых с высоким Si – повышается. При увеличении содержания кремния и марганца ϵ_{λ} чугунов соответственно повышается и понижается. Влияние химического состава является селективным и определяется селективностью поглощения прозрачных окисных плен и связанной с ними интерференцией излучения.

Ключевые слова: излучательная способность, чугун, химический состав, метрологическое обеспечение.

Для метрологічного забезпечення оптичної безконтактної термометрії залізовуглецевих розплавів досліджено вплив вуглецю, кремнію та марганцю у видимій, а також ближній та середній інфрачервоній областях спектра на часткову випромінювальну здатність (ϵ_{λ}) чавуну. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено неоднозначний вплив вуглецю на ϵ_{λ} . При збільшенні вмісту С в високомарганцевих чавунах з низьким Si ϵ_{λ} зменшується, а в низкомарганцевих з високим Si - підвищується. При збільшенні вмісту кремнію та марганцю ϵ_{λ} чавунів відповідно підвищується і знижується. Вплив хімічного складу є селективним і визначається селективністю поглинання прозорих окисних плівок і пов'язаної з ними інтерференцією випромінювання.

Ключові слова: випромінювальна здатність, чавун, хімічний склад, метрологічне забезпечення.

For metrological ensuring of the optical contactless thermometry of the iron-carbon melts the authors have investigated the influence of the C, Si, and Mn in the visible and also near and middle infrared spectral ranges on the partial emissivity (ϵ_p) of cast iron. They have theoretically justified and experimentally confirmed the ambiguous influence of the C on the ϵ_p . With increasing content of the C in high-manganese cast iron with low Si, ϵ_p decreases, and in low-manganese cast iron with high Si - rises. With increasing content of the Si and Mn ϵ_p in cast irons respectively rises and falls. Influence of the chemical composition is selective and is determined by selective absorption of transparent oxide films and connected with them interference of radiation.

Keywords: emissivity, cast iron, chemical composition, metrological ensuring.

Влияние химического состава на излучательные характеристики жидкого чугуна представляет известный интерес для специалистов в области оптической пирометрии металлических сплавов. Поэтому данному исследованию уделяется особое внимание.

Авторы работ [1-5] (каждый в свое время) занимались изучением этого вопроса и получали количественно и даже качественно отличающиеся результаты. Например, авторы работ [1, 3] установили, что спектрально излучательная способность (ϵ_λ) на длинах волн 0,65 и 0,85 мкм увеличивается и уменьшается с повышением содержания кремния, соответственно, в ваграночном и индукционном чугунах, а с повышением содержания углерода – наоборот, ϵ_λ уменьшается и увеличивается. При исследовании стали Г. Незер [6] и К. Гутман [2] установили, что углерод соответственно повышает и неопределенно изменяет ϵ_λ ($\lambda=0,65$ мкм). Кроме того, К. Гутман утверждает, что кремний уменьшает, а марганец повышает ϵ_λ сталей.

Проведенный анализ показывает, что из-за технических затруднений этому вопросу уделено еще меньше внимания, чем исследованию температурных зависимостей излучательных характеристик.

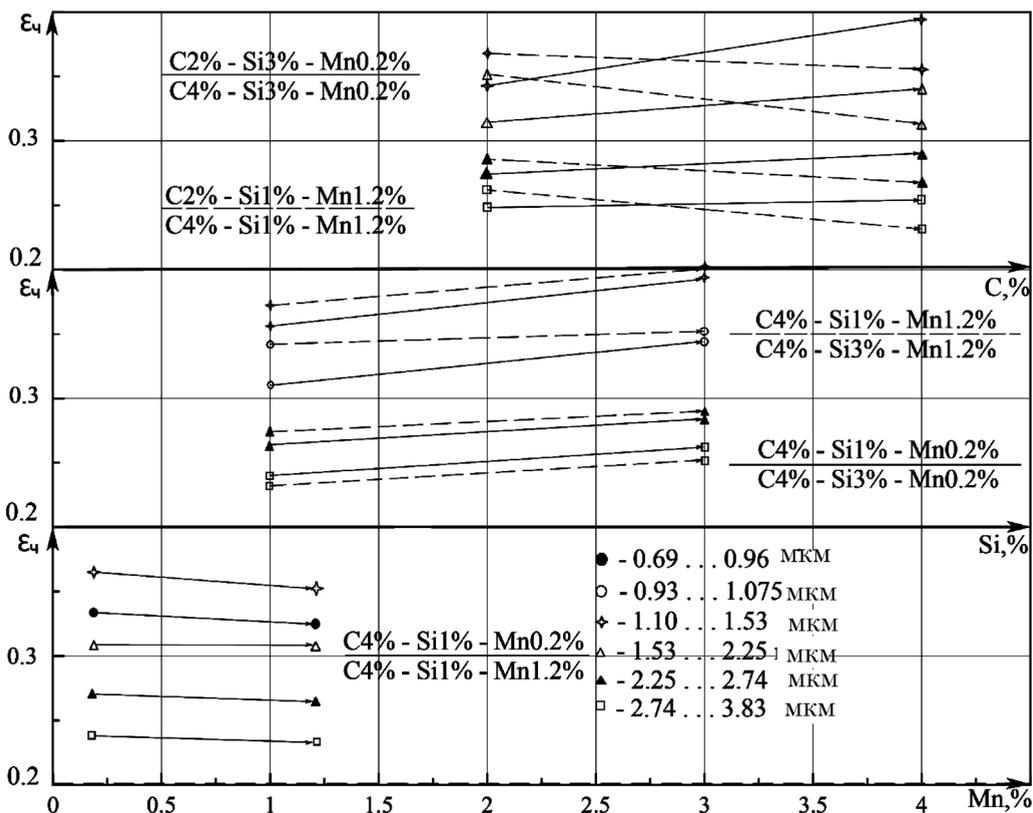
По полученным экспериментальным данным [7] при исследовании температурных зависимостей было построено уравнение регрессии, связывающее частичную излучательную способность (ϵ_c) в спектральном диапазоне 0,4-1,1 мкм с содержанием С, Si и Mn. Оценка достоверности коэффициентов по критерию Стьюдента показала, что они незначимы для выбранных интервалов варьирования. Тем не менее полученные данные позволяют качественно оценить влияние химического состава чугуна на ϵ_c . При повышении содержания углерода и кремния ϵ_c возрастает. Влияние совпадает с данными работ [8-10], в которых представлены исследования ϵ_λ ($\lambda = 0,65$ мкм) железоуглеродистых расплавов, и качественно отличается от результатов работы [1]. Вывод о воздействии кремния согласуется с результатами работы [1] и качественно отличается от данных работы [2].

Полученные в результате предварительных исследований [7] данные явились предпосылкой для более глубокого изучения этого вопроса. На втором этапе влияние содержания углерода, кремния и марганца на ϵ_c исследовалось на образцах чугуна, выплавляемого в электропечи сопротивления. Химические составы образцов представлены в таблице.

На рисунке показаны полученные зависимости ϵ_c от содержания С, Si и Mn. Интерпретация экспериментальных данных определяет четкую связь излучательной способности чугуна с его химическим составом. Углерод влияет на ϵ_c неоднозначно, в зависимости от содержания кремния и марганца. ϵ_c низкомарганцовистых чугунов с высоким содержанием кремния повышается с увеличением количества углерода, а высокомарганцовистых чугунов с низким кремния – понижается. Объяснить это можно тем, что углерод восстанавливает MnO значительно легче, чем SiO₂. Поэтому при низком содержании кремния и высоком марганца углерод интенсивно раскисляет поверхность и уменьшает ϵ_c (рисунок). Кремний однозначно повышает ϵ_c , так как с повышением его содержания усиливается окисление поверхности чугуна и, следовательно, увеличивается ϵ_c . Интересно, что с увеличением содержания марганца влияние кремния уменьшается (рисунок) и это естественно, так как при повышенном содержании марганца в окисной пленке содержится больше легко восстанавливаемых его окислов.

Таблица. Химический состав образцов

Содержание углерода, кремния и марганца, %		
С	Si	Mn
1,85	1,07	0,77
3,97	1,10	0,19
1,55	2,60	0,24
3,52	3,55	0,57
1,98	2,00	0,58



Зависимости $\epsilon_{\text{ч}}$ от содержания углерода, кремния и марганца в чугуна, выплавленном в электропечи сопротивления

При высоком содержании углерода $\epsilon_{\text{ч}}$ низкокремнистых чугунов уменьшается с повышением содержания марганца. Это объясняется тем, что с увеличением содержания марганца окисная пленка больше содержит его оксидов, которые легче восстанавливаются, раскисляют поверхность и уменьшают $\epsilon_{\text{ч}}$. Зависимости $\epsilon_{\text{ч}}$ от содержания марганца ослабевают с увеличением количества в чугуна кремния.

Для метрологического обеспечения бесконтактной пирометрии излучения чугуна безусловный практический интерес представляет спектральное распределение влияния химического состава на $\epsilon_{\text{ч}}$. Установлено селективное влияние химического состава на $\epsilon_{\text{ч}}$, обосновать которое можно селективным воздействием оптически прозрачных жидких окисных плен и связанной с ними интерференцией излучения. Такое обоснование вполне очевидно вытекает из анализа зависимостей $\epsilon_{\text{ч}} = f(\Delta\lambda)$ [12]. В спектральных диапазонах 1,10-1,53; 3,83-5,00; 4,25-8,00 мкм $\epsilon_{\text{ч}}$ имеет максимумы за счет повышения поглощения окисными пленками, а там где поглощение минимально (2,25-2,74 мкм), $\epsilon_{\text{ч}}$ принимает меньшее значение.

Выводы

Таким образом, экспериментально установлено и теоретически обосновано неоднозначное влияние углерода на частичную излучательную способность, которая при увеличении содержания углерода в высокомарганцовистых чугунах с низким кремния, уменьшается, а в низкомарганцовистых чугунах, с высоким Si – увеличивается. При увеличении содержания кремния и марганца частичная излучательная способность чугунов, соответственно, повышается и понижается. Влияние химического состава на частичную излучательную способность является селективным и определяется селективностью поглощения прозрачных окисных плен и связанной с ними интерференцией излучения.



Список литературы

1. Ковалев А. П. Исследование некоторых технических бесконтактных методов пирометрии жидкого чугуна: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – М., 1967. – 23 с.
2. Gufmann K. Vergleichende Temperaturmessungen an Roheisen // Gusseißen – Sfhmelzen St. U. Eis. – 1937. V-57, № 44. – P. 45
3. Абэ К., Сайто Т., Нонума Е. Влияние содержания С и Si на измерение температуры расплавленного чугуна бесконтактными методами // Имоно. – 1972 – № 3. – С. 728-729.
4. Schuman M. Uber die Sfrahlung der Oberfiachen von Eisen – und Sfhahschmelzen im Gebief les Sichtbaren Lichfes// Freiburger Forschungsh. – 1964. – V. B, № 84. – P. 18-23.
5. Жуков Л. Ф. Разработка и исследование методов и средств непрерывного измерения температуры расплавов в металлургических агрегатах по излучению: Дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 1980 – 239 с.
6. Naeser G. Ausschussverminderung durch Strahlungsmessungen im Schmelzbetrieb mit dem Farb // Helligreits – Purometer biopfix St. U. Eis. – 1939. – V. 59, № 20. – P. 14-18.
7. Жуков Л. Ф. Исследование температурных закономерностей теплового излучения железоуглеродистых расплавов // Процессы литья. – 1996. – № 4. – С. 9-19.
8. Оптические константы сплавов железа с углеродом в интервале температур 20-1600 °С / К. М. Шварев, В. С. Гушин, В. А. Баум и др. // Теплофизика высоких температур. – 1979. – № 1, Т. 17. – С. 66-72.
9. Топерверх Н. И., Шерман М. Я. Теплотехнические измерительные и регистрирующие приборы на металлургических заводах. – М.: Металлургиздат, 1951. – 200 с.
10. Самарин А. М. Фотоэлектрическая пирометрия жидких металлов// Экспериментальная техника и методы исследований при высоких температурах. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1959. – С. 636-644.
11. Lindorf H. Technische temperaturmessungen // Essen. – 1952. – № 4. – P. 23-28
12. Жуков Л. Ф. Исследование спектрального распределения теплового излучения железоуглеродистых расплавов // Процессы литья. – 1998. – № 3-4. – С. 154-157.

Поступила 31.05.2011

Вниманию авторов!

*В соответствии с требованиями ВАКа все статьи, поступающие в редакции научных журналов, должны обязательно проходить рецензирование, иметь аннотации и ключевые слова на русском, украинском и английском языках. Объем статьи – не более **10 стр.**, рисунков – не более **5**.*

*Статьи в редакции поступают как на бумажном, так и электронном носителях. Для текстовых материалов желательно использовать формат **doc**. Для графических материалов – формат **jpeg**. Графические материалы необходимо сохранять в отдельных файлах. Фотографии, рисунки, графики и чертежи должны быть черно-белыми, четкими и контрастными.*