

МЕТАЛУРГІЯ СТАЛІ

УДК 669.154.002.61

©Скребцов А.М.¹, Кузьмін Ю.Д.², Терзі В.В.³,
Качиков А.С.⁴, Секачів А.О.⁵

СОДЕРЖАНИЕ ОКСИДНЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРЕГАТА ЕЁ ВЫПЛАВКИ

Неметаллические включения ухудшают качество стали в литых изделиях. Обнаружено, что количество остаточных включений в металле больше, чем больше его температура ликвидус не зависимо от агрегата выплавки.

Ключевые слова: сталь, неметаллические включения, температура ликвидус, агрегаты выплавки стали.

Скребцов О.М., Кузьмін Ю.Д., Терзі В.В., Качиков О.С., Секачов О.О. Вміст оксидних неметалевих включень в сталі в залежності від агрегату її виплавки. Неметалеві включення погіршують якість сталі у литих виробах. Виявлено, що кількість залишкових включень в металі тим більша, чим більша його температура ліквідус не залежно від агрегату виплавки.

Ключові слова: сталь, неметалеві включення, температура ліквідус, агрегати виплавки сталі.

O.M. Skrebtsov, U.D. Kuzmin, V.V. Terzie, O.S. Kachikov, O.O. Sekachov. Table of contents of oxide nonmetallic in steel in dependence on aggregate of her smelting. Content of oxide non-metals in steel depending on the aggregate of her smelting a non-metals worsen quality became in the poured wares. It is educed that amount of the remaining plugging in a metal the more than anymore his temperature liquidus not depending on the aggregate of smelting.

Keywords: steel, non-metals, temperature liquidus, aggregates of smelting of steel.

Постановка проблемы. Количество неметаллических включений в готовой металлопродукции (слитки, отливки, прокат, поковки и т.п.) определяют её качество, т.е. служебные свойства. Поэтому эта проблема постоянно занимает металлургов, ей посвящены в литературе многочисленные исследования [1, 2, 3].

Анализ последних исследований и публикаций. Одна из работ[4] посвящена изучению вопроса влияния на удаление продуктов раскисления из жидкого расплава их агрегатного состояния, жидкого или твёрдого, а также их поверхностной активности. Однако влияние температурных характеристик расплава (например, его температуры ликвидус) в работе совсем не рассматривалось. Этот же вопрос не рассматривается в известных монографиях [1, 2, 3].

Цель статьи – получение новых данных по количеству остаточных оксидных неметаллических включений в стали в зависимости от её температуры ликвидус. Подобное исследование было проведено нами ранее для сульфидных и оксисульфидных включений [5].

Изложение основного материала. В качестве исходных данных при проведении настоящего исследования использовали, в основном, работу Ю.Д. Лукашевич-Дувановой и, частично, результаты других работ. В работе [1] автор приводит процентное содержание неметаллических включений в металле (без сульфидов) для различных плавильных агрегатов – кислой

¹ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² ст. преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

³ аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

⁴ аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

⁵ инженер I категории НИОМЕТ ПАО «Азовобцеаши», г. Мариуполь

и основной мартеновских печах, в бессемеровской и томасовской сталях, в электростали, а также в железе армко. Температуру ликвидус металла ($t_{л}$) определяли по формуле из литературных данных [2]

$$t_{л}, ^\circ\text{C} = 1539 - 70 \cdot \%C - 8 \cdot \%Si - 5 \cdot \%Mn - 4 \cdot \%Ni - 1,5 \cdot \%Cr - 25 \cdot \%S - 40 \cdot \%P,$$

где %C, %Si, %Mn, %Cr, %S и %P – массовые проценты содержания элементов в стали.

На рис. 1 представлено для различных агрегатов выплавки процентное содержание неметаллических включений в стали в зависимости от вычисленных их температур ликвидуса.

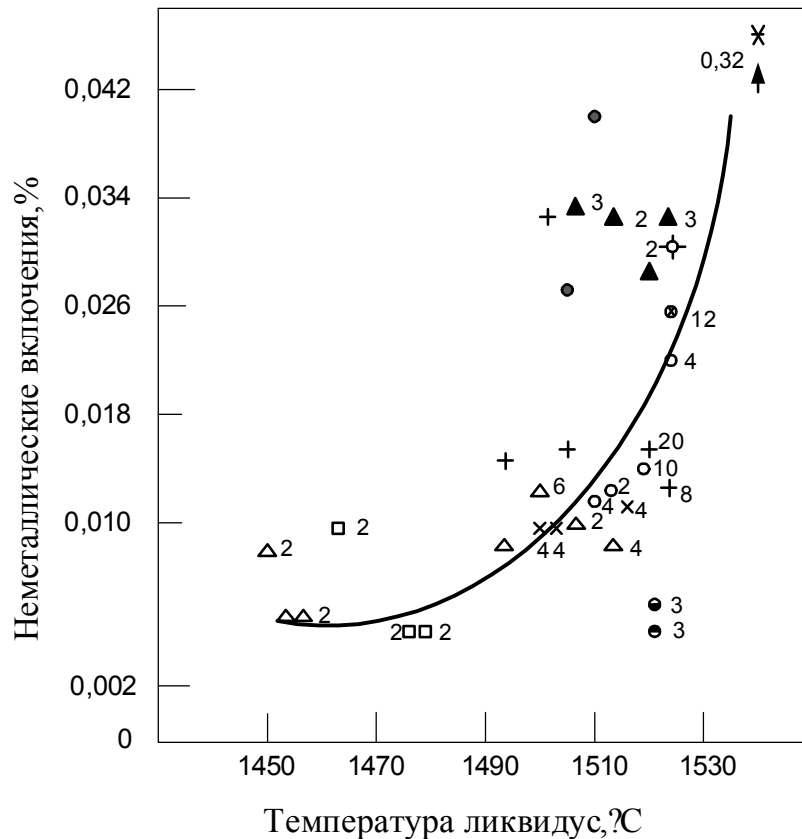


Рис. 1 – Количество оксидных неметаллических включений в стали в различных агрегатах её выплавки: Δ – электрическая печь; \times – малый бессемер; \bullet – томасовская сталь; \square – тигельная сталь; \times – Армко-железо; $\ominus \oplus$ – кипящая сталь; $\otimes \odot \blacktriangle +$ – основная мартеновская печь; \oplus – топочная сталь. Значки – отдельные опыты; цифры у значков – количество опытов.

Как видно из рис. 1, все опытные точки укладываются на одну восходящую линию. Она показывает, что процент оксидных неметаллических включений в стали увеличивается с температурой ликвидус расплава независимо от агрегата выплавки стали. Объяснить полученную зависимость можно следующим образом. На рис. 1. в конце оси координат справа – большие температуры ликвидус. При примерно постоянной тепловой мощности плавильного агрегата, очевидно, что чем больше температура ликвидус металла, тем меньше перегрев расплава над ним. В начале абсциссы рис. 1 – малые значения температур ликвидус металла и, соответственно, большие перегревы расплава над ним. Из положения на координатной плоскости кривой рис. 1 можно считать, что понижение температуры перегрева жидкой стали затрудняет удаление из расплава неметаллических включений, т.е. повышает их количество в конечном металле. Последняя мысль подтверждается результатами работ [6, 7]. В них изучали на металле из мартеновской печи расслоение листовой стали в зависимости от температуры выпуска расплава из печи. Нашли, что в расслоениях металла находятся включения различных оксидов (кремнезём,

алюминаты, окислы металлов и т.д.). За три года (1948-1951) были исследованы 314 плавков топочной стали, котельной – 824. Результаты этого обследования приведены на рис. 2. Из рисунка видно, что при низких температурах выпуска металла из печи (малый перегрев расплава над ликвидусом) количество брака листов из-за расслоений с неметаллическими включениями резко возрастает.

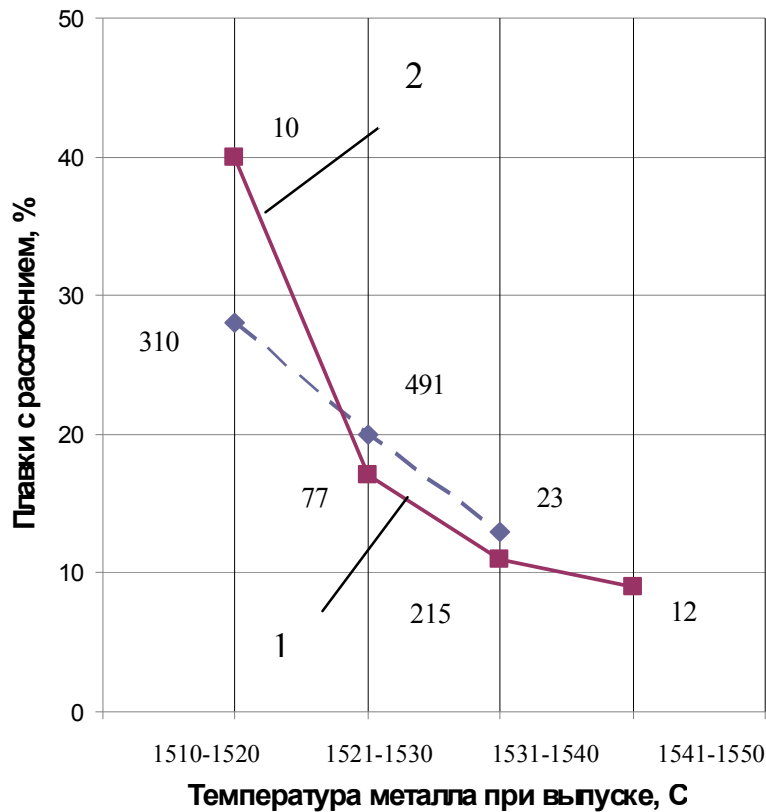


Рис. 2 – Влияние температуры стали при выпуске из печи на образование расслоений [6]: 1 – топочная сталь; 2 – котельная сталь

На рис. 1 нанесена также одна точка по 12 определениями количества оксидных неметаллических включений топочной спокойной стали, выплавленной в мартеновской печи [6]. Как видно из рис. 1, количество неметаллических включений в металле хорошо согласуется с данными работы [1]. Количество неметаллических включений в кипящей стали [8], раскисленной Fe-Mn (на рис. 1 обозначено \ominus) и раскисленной Fe-Mn-Si (обозначено $\omin�$ на рис. 1), значительно меньше, чем в спокойном металле, что объясняется усиленной конвекцией расплава.

Из изображенных на рис. 1, 2 зависимостей можно утверждать, что повышение температуры нагрева спокойной стали перед выпуском из печи (в разумных пределах) повышает его качество из-за уменьшения количества оксидных неметаллических включений.

В кипящей стали, как видно из рис. 1, количество неметаллических включений, по данным работы [8], значительно меньше, чем в спокойной стали.

В литературе есть данные, которые согласуются с результатами рисунка 1. Так в работе [9] нашли, что загрязненность стали марки СХ увеличивается с 1 до 4 баллов при увеличении температуры расплава с 1620 до 1680°С.

Выводы

Обобщены данные различных литературных источников по содержанию оксидных неметаллических в готовой стали в зависимости от её температуры ликвидус и не зависимо от агрегата выплавки стали. Нашли, что чем больше ликвидус стали, т.е. чем меньше перегрев металла над ликвидусом, тем больше в ней содержится неметаллических включений.

Список использованных источников:

1. Лукашевич-Дуванова Ю.Д. Шлаковые включения в железе и стали / Ю.Д. Лукашевич-Дуванова. – М. : Металлургиздат, 1952. – 187 с.
2. Шульте Ю.А. Неметаллические включения в электростали / Ю.А. Шульте. – М. : Metallurgiya, 1964. – 208 с.
3. Виноград М.И. Включения в легированных сталях и сплавах / М.И. Виноград, Г.П. Громова. – М. : Metallurgiya, 1972. – 216 с.
4. Попель С.И. Факторы, влияющие на скорость всплывания включений в стали / С.И. Попель, А.А. Дерябин // Изв. Вузов. Чёрная металлургия. – 1965. – № 4. – С. 25-29.
5. Влияние температуры ликвидус металлического расплава на количество включений в стали / Ю.Д. Кузьмин [и др.] // Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве. Материалы 3 Международной научно-технической конференции. – Краматорск. – 2011. – С. 121-122.
6. Филичкин И.Ф. О природе расслоений в толстых листах топочной спокойной стали / И.Ф. Филичкин. – Труды НТОЧМ. – т. 4. – М. : Metallurgizdat, 1955. – С. 199-212.
7. Мылко С.Н. Влияние некоторых технологических факторов на механические свойства и расслоения топочной и котельной стали / С.Н. Мылко. – Труды НТОЧМ. – т. 4. – М. : Metallurgizdat, 1955. – С. 239-246.
8. Неметаллические включения в слитках кипящей стали, раскисленной различными способами / С.И. Попель [и др.] // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1958. – № 5. – С. 51-57.
9. Влияние внепечной обработки стали при выпуске её из ДСП на качество металлопродукции / Сиддики Фарук [и др.] // Сталь. – 2006. – № 2. – С. 28-30.

Bibliography

1. Lukashevich-Duvanova Y.D. Slag inclusions in iron and steel/ Y.D. Lukashevich-Duvanova–M.:Metallurgizdat,1952. – 187p. (Rus.)
2. Shulta Y.A. Nonmetallic inclusions in Electrostal /Y.A. Shulta. – M. : Metallurgiya,1964. – 208 p. (Rus.)
3. Vinograd M.I. Vklyucheniya in alloyed steels and alloys / M.I. Vinograd, G.P. Gromova. – M. : Metallurgiya, 1972. – 216 p. (Rus.)
4. Popel S.I. The factors influencing speed of emerging of inclusions in steel / S.I. Popel, A.A. Derjabin // Izv. Higher education institutions. Ferrous metallurgy. – 1965. – № 4. – P. 25-29. (Rus.)
5. Kuzmin Yu.D. Influence of temperature liquidus of metallic fusion on the amount of including in steel / Yu.D. Kuzmin [and other] // Perspective technologies, materials and the equipment in foundry production. Materials 3 International scientific and technical conferences. – Kramatorsk. – 2011. – P. 121-122. (Rus.)
6. Filichkin I.F. About the nature of stratifications in thick sheets of furnace quiet steel / I.F. Filichkin. – Works NSOFM. – т. 4. – М. : Metallurgizdat, 1955. – P 199-212. (Rus.)
7. Mylko S.N. Influence of some technology factors on mechanical properties and stratifications furnace and a boiler room became / S.N. Mylko. – Works NSOFM. – т. 4. – М. : Metallurgizdat, 1955. – P. 239–246 (Rus.)
8. Nonmetallic inclusions in ingots of boiling steel, raskislenny in the various ways / S.I. Popel [and other] // Izv. Vuzov. Ferrous metallurgy. – 1958. – № 5. – P. 51–57. (Rus.)
9. Influence of extra oven processing of steel at its release from a particleboard on quality of steel products / Siddiki Farouk [and other] // Steel. – 2006. – № 2. – P. 28-30. (Rus.)

Рецензент: В.Г. Ефременко
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 14.11.2012