

УДК 669:382

**А. Я. БАБАНИН**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА  
ОТСОРТИРОВКУ ТОЛСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТА СТАЛИ КАТЕГОРИИ  
ПРОЧНОСТИ Х70 ПО СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫМ ДЕФЕКТАМ**

В условиях конвертерного цеха ОАО «МК "Азовсталь"» выполнены исследования и определены основные закономерности влияния неметаллических включений на отсортировку толстолистого проката из конструкционной трубной стали категории прочности Х70 по сталеплавильным дефектам, в частности по «плена» и УЗК. Установлено, что наиболее отрицательное влияние на отсортировку металла по УЗК оказывают хрупкие силикаты, увеличение среднего балла которых на 0,5 приводит к увеличению отсортировки металла по УЗК на 0,5 %.

**неметаллические включения, силикаты хрупкие, силикаты крупные, сталеплавильные дефекты, плена, контроль УЗК**

Сталь категории прочности Х70 по зарубежным стандартам близка по химическому составу конструкционной стали отечественного производства марки 10Г2ФБ. Традиционно листовой прокат из стали категории прочности Х70 для труб большого диаметра производится из крупных слябов, металл которых в обязательном порядке проходит внепечную обработку кальцием на агрегате ковш-печь, где кальций оказывает окончательное активное воздействие на неметаллические включения [1, 2].

Кроме того, в связи с возрастающими требованиями газовой промышленности к повышению качества труб большого диаметра, вызванными повышением рабочего давления и ухудшением климатических условий эксплуатации (11,8 МПа, суровые условия крайнего Севера), ставят перед металлургами задачу повышения механических свойств толстолистовой трубной стали [3, 4]. Поэтому определение влияния неметаллических включений на качество металла является актуальной задачей.

В результате выполненных исследований проведен анализ и оценка технологических параметров массива из 102 плавок текущего производства листа толщиной 15,9 мм из стали марки Х70, выплавляемой по стандарту США ASTM E 45-97 в условиях конвертерного цеха ОАО «МК "Азовсталь"». В соответствии с техническими условиями, контроль и отсортировку толстого листа производили по следующим дефектам: «плена», «контроль УЗК» и «прокатные дефекты», а также производили учет зачистки металла по поверхностным дефектам.

Значительная отсортировка металла наблюдается по сталеплавильным дефектам «УЗК» и «плена», которые составляют соответственно 38 и 32 %. Прокатные дефекты менее значительны и обнаружены на 11 % плавок, а количество плавок по зачистке поверхностных дефектов существенное и достигает 20 % (табл.).

В результате выполненных исследований установлено, что на снижение отсортировки металла по дефектам «плена» и «контроль УЗК» существенное положительное влияние оказывает содержание кальция в стали по пробе  $[Ca]_{2-2}$ , отобранной на АКП после ввода порошковой проволоки с силико-кальцием. Полученные графические зависимости данных закономерностей представлены соответственно на рис. 1 и 2.

Оценка неметаллических включений в стали исследуемых плавок, выполненная по стандарту ASTM E 45-97 методом А, свидетельствует о присутствии в стали в основном избыточных фаз в виде

Таблица – Результаты анализа дефектной отсортировки металла

Наименование дефекта	Количество отсортированных плавок, шт./%		Среднее количество отсортированных листов в плавке, %		
			max	min	Ср. значение
Контроль УЗК	39	38	13	1	4,9
Плена	33	32	20	1	3,8
Прокатные	11	10,7	3,3	1,2	2
Зачистка	20	19,6	43,3	1,6	8,3

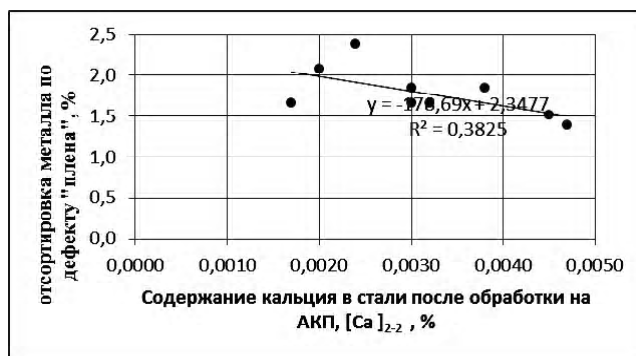


Рисунок 1 – Влияние содержания кальция в стали по пробе  $[Ca]_{2-2}$  на отсортировку толстолистового проката по дефекту «плена».

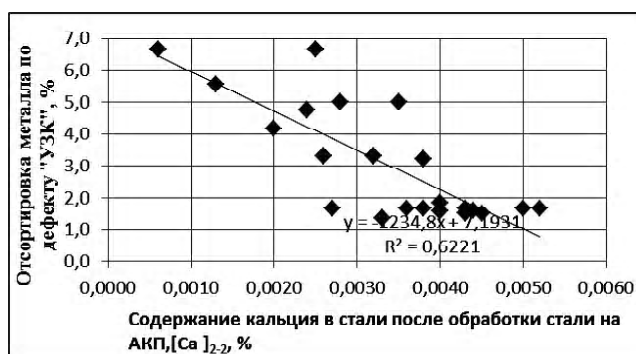


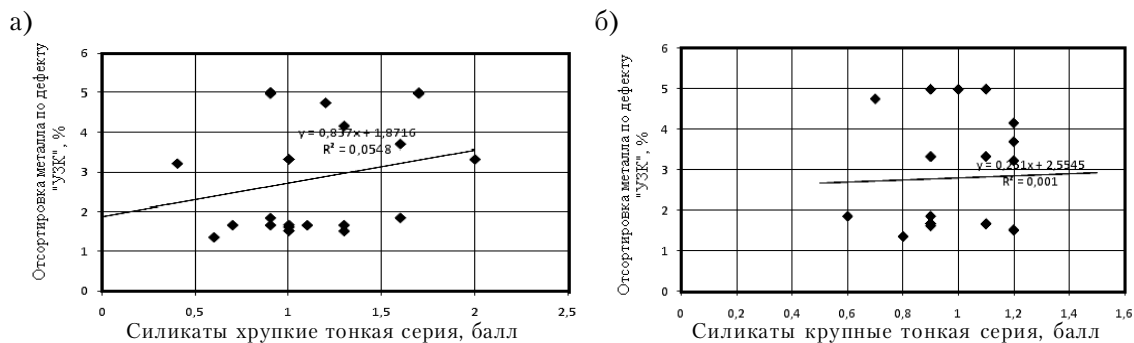
Рисунок 2 – Влияние содержания кальция в стали по пробе  $[Ca]_{2-2}$  на отсортировку толстолистового проката по дефекту «УЗК».

хрупких силикатов (В) и крупных недеформированных (глобулярных) силикатов (Д). Неметаллические включения в виде сульфидов (А) и силикатов пластичных (С) практически отсутствуют, их средний балл равен нулю. Полученные закономерности влияния неметаллических включений на отсортировку толстолистового проката по дефекту «УЗК» в виде графических зависимостей для силикатов хрупких и силикатов крупных недеформированных (глобулярных) представлены соответственно на рис. 3а и 3б.

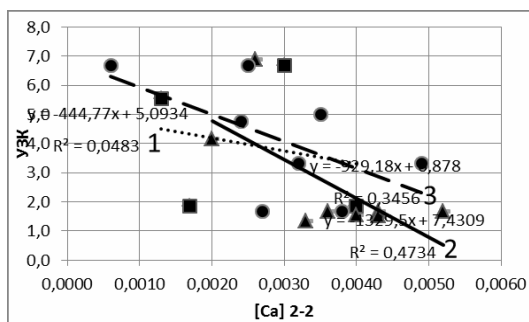
Установлено, что наиболее отрицательное влияние на отсортировку металла по УЗК оказывают хрупкие силикаты, увеличение среднего балла которых на 0,5 приводит к увеличению отсортировки металла по УЗК на 0,5 %. При увеличении среднего балла недеформируемых глобулярных силикатов на 0,5 увеличение отсортировки составляет всего 0,2 %.

Предварительно установлено влияние углерода в стали на повалке на образование первичных НВ и поэтому в данной работе выполнена оценка возможного влияния углерода на повалке на отсортировку металла по УЗК в виде полученной графической зависимости отсортировки металла по УЗК от содержания кальция в металле после обработки на АКП (проба  $[Ca]_{2-2}$ ) при различном содержании углерода в стали на повалке, представленной на рис. 4.

Из представленных зависимостей следует, что содержание углерода в стали на повалке в значительной степени влияет на отсортировку металла по УЗК. Так, при сверхнизком содержании углерода в стали после повалки равном 0,03 % наблюдается стабильно высокая отсортировка металла, которая



**Рисунок 3** – Влияние хрупких (а) и крупных (б) недеформированных глобулярных силикатов на отсортировку толстолистого проката по дефекту «УЗК».



**Рисунок 4** – Зависимость отсортировки металла по УЗК от содержания кальция в металле после обработки на АКП (проба  $[Ca]_{2-2}$ ) при различном содержании углерода в стали на повалке. Обозначения: 1. ■ – содержание углерода в стали после повалки (С.п.) равно 0,03 %; 2. ▲ – содержание углерода в стали после повалки (С.п.) равно 0,05 %; 3. ● – содержание углерода в стали после повалки (С.п.) равно 0,06 %.

почти не снижается при повышении содержания кальция. Повышение содержания кальция в металле на каждые 0,001 % приводит к снижению отсортировки металла по УЗК всего лишь на 0,3 %.

Из представленных зависимостей следует, что содержание углерода в стали на повалке в значительной степени влияет на отсортировку металла по УЗК. Так, при сверхнизком содержании углерода в стали после повалки равном 0,03 % наблюдается стабильно высокая отсортировка металла, которая почти не снижается при повышении содержания кальция. Повышение содержания кальция в металле на каждые 0,001 % приводит к снижению отсортировки металла по УЗК всего лишь на 0,3 %.

При содержании углерода в стали после повалки 0,05 % повышение содержания кальция в металле на каждые 0,001 % приводит к значительному снижению отсортировки металла по УЗК, которое составляет порядка 1,3–1,4 %. При содержании углерода в стали на повалке 0,06 % повышение содержания кальция в металле на каждые 0,001 % приводит к снижению отсортировки металла по УЗК на 0,8–0,9 %.

## ВЫВОДЫ

Установлено, что содержание кальция в стали по пробе  $[Ca]_{2-2}$  оказывает положительное влияние на снижение отсортировки как по плене, так и по УЗК и при увеличении содержания кальция в стали на каждые 0,001 % снижение отсортировки толстолистого проката по данным дефектам соответственно составляет 0,4 и 1,3 %, при этом более положительное влияние кальций оказывает на снижение отсортировки металла по дефекту УЗК. Наиболее отрицательное влияние на отсортировку металла по УЗК оказывают хрупкие силикаты, увеличение среднего балла которых на 0,5 приводит к увеличению отсортировки металла по УЗК на 0,5 %. При увеличении среднего балла недеформируемых глобулярных силикатов на 0,5 увеличение отсортировки составляет всего 0,2 %. Содержание углерода в стали на повалке в значительной степени влияет на отсортировку металла по УЗК. Так при сверхнизком содержании углерода в стали на повалке равном 0,03 % наблюдается стабильно высокая отсортировка металла, которая почти не снижается при повышении содержания кальция. Повышение содержания кальция в металле на каждые 0,001 % приводит к снижению отсортировки металла по УЗК всего лишь на 0,3 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хулка, К. Перспективные трубные стали для газопроводов [Текст] / К. Хулка, С. Александров // *Металлург.* – 2006. – № 3. – С. 52–55.
2. Пантелеенко, В. Особо чистый металл [Текст] / В. Пантелеенко, Н. Овчинников, С. Семенов // *Металл.* – 2000. – № 1. – С. 62–67.
3. Нуриахметов, Ф. Д. Тенденции развития производства электросварных труб большого диаметра для магистральных трубопроводов [Текст] / Ф. Д. Нуриахметов // *Черная металлургия : Бюлл.* – 2001. – № 5. – С. 7–14.
4. Исследование эксплуатационных характеристик газопроводных труб на рабочее давление до 11,8 МПа [Текст] / В. И. Столяров, И. Ю. Пышминцев, И. О. Струин [и др.] // *Сталь.* – 2010. – № 1. – С. 73–76.
5. Носоченко, О. В. Качество непрерывнолитых слябов перитектического состава [Текст] / О. В. Носоченко // *Сталь.* – 2012. – № 3. – С.12–15.

Получено 28.05.2013

А. Я. БАБАНИН

### АНАЛІЗ ВПЛИВУ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА ВІДСОРТОВУВАННЯ ТОВСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ СТАЛІ КАТЕГОРІЇ МІЦНОСТІ Х70 ЗА СТАЛЕПЛАВИЛЬНИМИ ДЕФЕКТАМИ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

В умовах конвертерного цеху ВАТ «МК "Азовсталь"» виконані дослідження та визначено основні закономірності впливу неметалевих включень на відсорткування товстолистого прокату з конструкційної трубої сталі категорії міцності Х70 за сталеплавильними дефектами, зокрема за «пленю» і УЗК. Встановлено, що найбільш негативний вплив на відсорткування металу по УЗК надають крихкі силікати, збільшення середнього балу яких на 0,5 призводить до збільшення відсорткування металу по УЗК на 0,5 %.

**неметалеві включення, силікати крихкі, силікати великі, сталеплавильні дефекти, плена, контроль УЗК**

ANATOLY BABANIN

### ANALYSIS OF THE IMPACT OF NON-METALLIC INCLUSIONS ON THE SEGREGATION OF ROLLED PLATE STEEL STRENGTH GRADE X70 FOR STEELMAKING DEFECTS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

With the converter manufactory of OAO «MM "Azovstal"» conducted researches have been done and identified the main patterns of influence of non-metallic inclusions on the segregation of structural steel plate pipe steel X70 category for steelmaking defects, in particular on the «captivity» and CPO have been determined. It has been carried out that the most negative effect on the segregation of the metal silicates CPO have brittle, increasing the average score of 0,5 which leads to an increase in metal sorting by CPO at 0,5 %.

**non-metallic inclusions, brittle silicates, silicates are large, steel-making defects, captivity, monitoring UT**

**Бабанин Анатолій Якович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри підйомно-транспортних, дорожніх, будівельних машин та обладнання Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: конструкційні трубні сталі для виробництва труб великого діаметру магістральних газо-нафтопроводів.

**Бабанин Анатолий Яковлевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортных, дорожных, строительных машин и оборудования Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: конструкционные трубные стали для производства труб большого диаметра магистральных газо-нефтепроводов.

**Babanin Anatoly** – PhD (Eng.), Associate Professor, Lifting Transport, Building, Road Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: structural steel pipe for large diameter pipes of main gas oil pipelines.