



УДК 621.771.26  
DOI: 10.21122/1683-6065-2018-92-3-63-66

Поступила 06.08.2018  
Received 06.08.2018

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ДВУХСТАДИЙНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КАТАНКИ ДИАМЕТРОМ 5,5–6,5 ММ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ МАРОК СТАЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ СТЕПЕНИ УДАЛЕНИЯ ОКАЛИНЫ МЕХАНИЧЕСКИМ СПОСОБОМ ПЕРЕД ЕЕ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПЕРЕРАБОТКОЙ

*В. В. САВИНКОВ, И. А. КОВАЛЕВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: nl.icm@bmz.gomel.by*

*С целью получения окалины с высокой степенью удаления механическим способом в условиях сортопрокатного цеха № 1 на стане «150» ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания» были разработаны технологические режимы производства катанки из низкоуглеродистых марок стали.*

*Проводили исследования особенности образования окалины, а именно факторов, влияющих на удаляемость, получение оптимальной толщины, и ее фазовых составляющих на катанке диаметром 5,5–6,5 мм в процессе охлаждения непосредственно после прокатки, предназначенной для изготовления проволоки.*

*Для получения необходимого соотношения фазовых составляющих окалины на поверхности катанки учитывали температуру раскладки витков на рольганге в линии воздушного охлаждения; плотность витков (равномерность по длине витка); условия охлаждения спирали витков (предотвращение распада  $4\text{FeO} = \text{F}_3\text{O}_4 - \text{Fe}$ ), где обязательно должно соблюдаться условие охлаждения катанки с 600 до 250 °С, не превышающее 100 с.*

*Представлены результаты металлографических исследований окалины на поверхности катанки. Внедренные технологические режимы обеспечили оптимальную толщину и соотношение  $\text{FeO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  после опытной прокатки металла. Отработанные режимы охлаждения позволили уменьшить расход волок для всех типоразмеров проволоки.*

**Ключевые слова.** Вюстит, магнетит, гематит, толщина окалины, двухстадийное охлаждение, чистовая клеть, минимальная адгезия, расход волок, типоразмер проволоки.

**Для цитирования.** Савинков В. В. Оптимизация режимов двухстадийного охлаждения катанки диаметром 5,5–6,5 мм низкоуглеродистых марок сталей с целью обеспечения требуемой степени удаления окалины механическим способом перед ее последующей переработкой / В. В. Савинков, И. А. Ковалева // *Литье и металлургия*. 2018. Т. 92. № 3. С. 63–66. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-92-3-63-66.

## OPTIMIZATION OF TWO-STAGE COOLING CONDITIONS FOR WIRE ROD DIAMETER 5.5–6.5 MM OF LOW-CARBON STEEL GRADES IN ORDER TO ENSURE THE REQUIRED DEGREE OF DESCALING MECHANICALLY BEFORE ITS SUBSEQUENT PROCESSING

*V. V. SAVINKOV, I. A. KOVALEVA, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: nl.icm@bmz.gomel.by*

*With the aim of obtaining scale with a high degree possibility of mechanical removal under the conditions of the section rolling shop No. 1, at the mill «150» JSC «Belarusian Metallurgical Works – Management Company of Holding «BMC» developed technological modes of production of wire rods made of low-carbon steel grades.*

*The peculiarities of scale formation were studied, namely, the factors influencing the removability, obtaining the optimal thickness and its phase components on the wire rod diameter 5.5–6.5 mm in the cooling process immediately after rolling, intended for wire production.*

*To obtain the necessary ratio of the phase constituents of the scales on the surface of the wire rod, the following factors was taken into account: the temperature of the layout of the turns on the roller table in the air cooling line; (uniformity along the length of the turn), the cooling conditions of the helix of the turns (prevention of the  $4\text{FeO} = \text{F}_3\text{O}_4 - \text{Fe}$  decay), where the condition of cooling the wire rod from 600 to 250 °C, not exceeding 100 s, must be observed.*

*The results of metallographic studies of scale on the wire surface are presented. The introduced technological regimes provided the optimal thickness and the FeO / Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ratio after the experimental rolling of the metal. Exhausted cooling regimes allowed to reduce the consumption of fiber for all types of wire.*

**Keywords.** *Wustite, magnetite, hematite, scale thickness, two-stage cooling, finishing stand, minimum adhesion, fiber consumption, wire size.*

**For citation.** *Savinkov V. V., Kovaleva I. A. Optimization of two-stage cooling conditions for wire rod diameter 5.5–6.5 mm of low-carbon steel grades in order to ensure the required degree of descaling mechanically before its subsequent processing. Foundry production and metallurgy, 2018, vol. 92, no. 3, pp. 64–66. DOI: 10.21122/1683-6065-2018-92-3-64-66.*

Вопросы подготовки поверхности перед волочением всегда остаются актуальными. Механический способ удаления окалины заключается в пропуске катанки с окалиной через ряд роликов с резкими перегибами. При хорошей системе механического окалиноудаления обеспечивается удовлетворительное удаление окалины с формированием светлой металлической поверхности катанки перед волочением, что обеспечивает получение блестящей равномерной поверхности.

В результате взаимодействия железа с кислородом среды, в которой оно находится при сравнительно высоких температурах, образуются три устойчивых оксида: вюстит (FeO), магнетит (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) и гематит (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Слои, составляющие окалину, располагаются таким образом, что непосредственно к металлу примыкает слой оксида с наименьшим содержанием кислорода FeO, далее следует средний слой промежуточного состава Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, наружный слой окалины состоит из высшего оксида Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Соотношение толщин слоев и одновременное существование всех трех оксидов зависят от условий окисления поверхности железа [<http://metallopraktik.ru/novosti/nemnogo-ob-okaline/>].

Толщина окалины и ее состав зависят, главным образом, от температуры. При температуре конца прокатки выше 900 °С доля магнетита увеличивается за счет доли вюстита. Поэтому необходимо обеспечить высокоскоростное охлаждение при температуре с 600–570 до 300–250 °С с продолжительностью не более 100 с для предотвращения превращения вюстита в магнетит, который обладает высокой адгезией к металлооснове и соответственно плохой способностью к удалению с поверхности катанки. Общая толщина и структура окалины на катанке, подвергаемой двухстадийному охлаждению, зависят от температуры, скорости и способа охлаждения проката после его выхода из чистовой клетки. Согласно литературным данным, толщина окалины для удовлетворительного удаления механическим способом должна быть в пределах 7–16 мкм, а соотношение фазовых составляющих окалины (FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) должно быть не менее 2. На катанке, предназначенной для дальнейшего метизного передела, существуют ограничения как по удельному содержанию количества окалины, так и по ее качественному составу\*.

В настоящей работе проводили исследования особенности образования окалины, а именно факторов, влияющих на удаляемость, получение оптимальной толщины, и ее фазовых составляющих на катанке диаметром 5,5–6,5 мм в процессе охлаждения непосредственно после прокатки, предназначенной для изготовления проволоки.

На формирование толщины образования окалины, в частности, слоя вюстита (FeO), обладающего минимальной адгезией к поверхности катанки (легко удаляемый слой механическим способом), влияют следующие факторы: температура раскладки витков после виткообразователя (один из наиболее важных факторов); большая плотность мотков приводит к значительным колебаниям толщины в зависимости от расположения витков в мотке (максимальной – по бокам и минимальной – по центру рольганга); интенсивность охлаждения, которое влияет на преобразование вюстита в магнетит и количество окалины.

Учитывая эти факторы, проводили работу для получения необходимого соотношения фазовых составляющих окалины на поверхности катанки, где учитывали температуру раскладки витков на рольганге в линии воздушного охлаждения; плотность витков (равномерность по длине витка), условия охлаждения спирали витков (предотвращение распада вюстита), где обязательно должно соблюдаться условие охлаждения катанки с 600 до 250 °С, не превышающее 100 с.

Для получения окалины с высокой степенью удаления механическим способом в условиях сортопрокатного цеха № 1 (СПЦ-1) на стане «150» ОАО «БМЗ» на первом этапе работы были прокатаны плавки марки стали Ст1сп на катанку диаметром 6,5 мм. Причем одна часть плавков была прокатана по штатному режиму, а другая – по опытному режиму при увеличенном времени термостатирования и сохранении остальных температурно-скоростных параметров прокатки. Результаты исследования фазового состава окалины на образцах катанки диаметром 6,5 мм приведены в табл. 1.

\* Дефекты стальных заготовок и металлопродукции Белорусского металлургического завода. Справ.-атлас. Санкт-Петербург, 2014. 326 с.

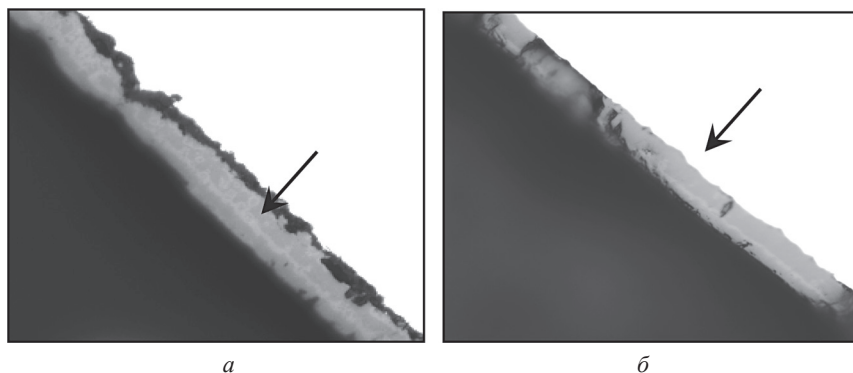


Рис. 1. Слои окалины: а – опытный режим; б – штатный режим. х500

Таблица 1. Толщина и величина фазового состава окалины на образцах катанки диаметром 6,5 мм

Диаметр, мм	Основные параметры прокатки		Поверхностная окалина			
	температура после виткообразователя, °С	режим	толщина, мкм		FeO/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	среднее
			макс.	мин.		
6,5	940	Опытная плавка № 1	15	10	2,5; 3,3; 1,75; 1; 1,5; 0,5; 0,3	1,42
		Термостатирование 75 с	16	9	5; 1,14; 1,3; 0,7; 1,4; 2,3; 1; 1,2; 1,2; 0,5; 0,3; 0,1	
		Штатная плавка № 1	14	10	2,5; 1,8; 2,25; 1,6; 2; 4; 1,4; 2,3;	2,25
		Термостатирование 23 с	17	12	3,25; 1,83; 2,2; 3,6; 2,5; 1,6; 1,8; 2,25; 3; 1,3; 1,6	
		Опытная плавка № 2	13	10	1,6; 2; 1,4; 2,3; 1,2; 1,5; 0,6	1,46
		Термостатирование 75 с	14	8	2,25; 1,3; 1; 1;	
Штатная плавка № 2	24	8	3; 4,5; 3; 1; 1,25; 1;	2,21		
Термостатирование 23 с	26	8	3,3; 2; 2,6; 1,2; 1,5;			

Исследования фазового состава окалины на поверхности катанки показали, что среднее значение FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> на образцах, прокатанных по опытному и штатному режимам, составляет 1,42 (1,46) и 2,25 (2,21) соответственно. Отмечено, что распределение фазовых составляющих окалины, так же как и их соотношение, на образцах, прокатанных по штатному режиму, более равномерное.

С помощью инвертированного металлографического микроскопа отраженного света «OLYMPUS» с цифровой системой изображений были определены состав окалины, ее расположение по периметру катанки, а также соотношение вюстита и магнетита.

Из рис. 1 видно, что слой вюстита на образцах опытного режима неравномерный (отмечен стрелкой) ввиду трансформации его в магнетит по причине медленного охлаждения. И, наоборот, слой вюстита на образцах штатного режима равномерный, с четкой границей.

Катанку, прокатанную по опытному режиму, перерабатывали под проволоку общего назначения диаметром 5,0 мм. При переработке опытного металла была отмечена низкая технологичность (частые остановки для замены волок, снижение скорости волочения). Расход волок составил 0,21–0,25 шт. на 1 т. При этом средний расход волок при штатном режиме охлаждения – 0,07 шт. на 1 т. Размер удаляемых частиц окалины как на опытных, так и штатных плавках не отличался и составлял 1–2 мм.

По результатам первого этапа работы было принято решение не использовать теплоизоляционные крышки (термостатирование) в линии воздушного охлаждения при прокатке катанки диаметром 5,5–6,5 мм низкоуглеродистых марок стали, а регулировать фазовые составляющие и толщину окалины только температурой на виткообразователе. Поэтому был проведен второй этап эксперимента – прокатка двух низкоуглеродистых плавков на катанку диаметром 5,5 мм. Прокатку проводили по опытному (при температуре после виткообразователя 970 °С) и штатному режимам (при температуре после виткообразователя 940 °С). Результаты оценки толщины и фазовых составляющих окалины на поверхности катанки приведены в табл. 2.

Из таблицы следует, что соотношение FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> на всех режимах находится на высоком уровне и в среднем составляет 3,8–4,57.

Для изучения поверхности катанки были отобраны пробы. При металлографическом исследовании окалины было выявлено, что слой вюстита на образцах опытного и штатного режимов одинаковый, с четкой границей. Различие составляет расположение окалины, по периметру образца с опытным режимом – равномерное, слой окалины толще (рис. 2).

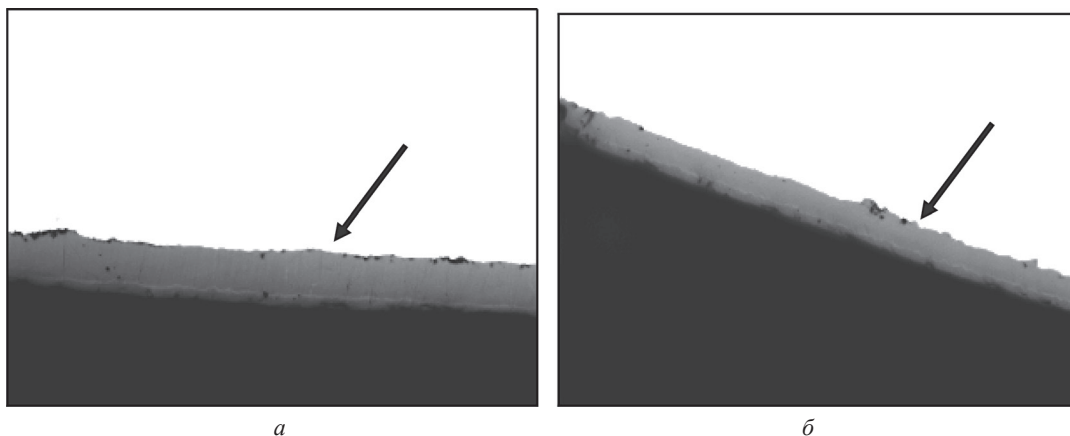


Рис. 2. Слои окалины: *a* – опытный режим; *б* – штатный режим. х500

Т а б л и ц а 2. Толщина и величина фазового состава окалины на образцах катанки диаметром 5,5 мм

Диаметр, мм	Температура после виткообразователя, °С	Поверхностная окалина				
		толщина, мкм		FeO/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	среднее по образцу	среднее по режиму
		макс.	мин.			
5,5	970 Опытная плавка № 1	18	12	8; 6; 2,5; 5;	5,4	4,57
		18	10	3,5; 1,6; 3,3; 5; 4;	3,5	
		12	10	3,3; 5; 4; 1,5;	3,5	
		14	8	6; 12; 4,5; 4; 3;	5,9	
	940 Штатная плавка № 1	13	7	3,3; 5; 4; 6;	4,6	4,3
		10	8	4; 8; 3; 6;	5,3	
		12	7	5; 5; 6;	5,3	
	970 Опытная плавка № 2	10	7	4; 1,5; 1; 1,3	2,0	4,05
		16	13	3; 12; 5; 2;	5,5	
		14	10	2,5; 2,25; 4; 2,6	2,8	
		15	10	4; 5; 2; 4;	3,8	
	940 Штатная плавка № 2	20	16	4; 6; 3,5; 3;	4,1	3,8
12		8	5; 4; 3,5; 3	3,9		
14		10	6; 2,6; 2,3	3,6		
		13	10	5,5; 4; 2,3;	3,9	

Проведенные исследования качественных показателей катанки показали, что определяющими критериями в оценке удаляемости окалины механическим способом являются величина фазовых составляющих, соотношение (FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> не менее 2), а также толщина окалины.

Плавки, прокатанные по опытному режиму, перерабатывались под арматурную проволоку периодического профиля диаметром 5,0 мм. Размер удаляемых частиц окалины на опытных плавках был больше, чем на штатных, и составлял 9–11 мм. Расход волок для штатных плавков составил 0,08, для опытных – 0,03 шт. на 1 т. При этом средний расход волок при штатном режиме охлаждения – 0,1 шт. на 1 т.

Таким образом, после перехода на прокатку с опытным режимом охлаждения наблюдалось заметное снижение расхода волок для всех типоразмеров проволоки.

В результате проведенной работы был разработан технологический режим производства катанки из низкоуглеродистых марок стали, предназначенной для изготовления проволоки, который позволил получить оптимальную толщину и фазовые составляющие в процессе охлаждения после прокатки и обеспечил удовлетворительное удаление окалины механическим способом.