

Е.В. Ковалевський

Державний біотехнологічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ПРОМИВНОГО МЕТАЛУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДВОШАРОВИХ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ З ХРОМОНІКЕЛЕВОГО ЧАВУНУ

Наведено інформацію щодо дослідження методів підвищення міцності шийок двошарових прокатних валків, які є ключовим елементом у металургійній промисловості. Показано, що руйнування шийок валків є однією з основних причин їх передчасного виходу з ладу, що призводить до простоїв виробництва та збільшення витрат на отримання готової продукції. Досліджено вплив хімічного складу промивного металу на міцність шийок. Експериментально доведено, що модифікація промивного металу феросиліцієм (FeSi) дозволяє підвищити вміст кремнію, що, в свою чергу, покращує механічні властивості шийок.

Ключові слова: двошарові валки, чавун, хімічний склад, ресурс, міцність, спосіб модифікування, мікроструктура, структурні складові.

E. V. Kovalevsky

OPTIMIZATION OF THE WAREHOUSE OF WASHING METAL IN THE PRODUCTION

It is shown that the main purpose of the metallurgical industry is to increase productivity and improve the quality of products. The main working tool of rolling mills is the rolls that perform the main function of deformation of the metal, giving it the desired shapes and sizes. The longevity of the rolls is directly related to the productivity of rolling conditions: the longer they serve, the less time it takes to re-adjust the equipment, which reduces the simple and reduces operating costs. The experience of operating the rolls of LPHND-63 showed that the weak chain when used is reduced strength of the necks. It has been experimentally proven that the modification of washing metal with ferroosilicia (Fesi) allows to increase the content of silicon, which, in turn, improves the mechanical properties of the neck. Increasing the level of mechanical properties of the neck will significantly reduce the volume of the destruction of the neck of the rolls during operation.

Keywords: two-layer rolls, cast iron, chemical composition, resource, strength, method of modification, microstructure, structural components.

Постановка проблеми. Основною метою металургійної промисловості є підвищення продуктивності та поліпшення якості продукції, що випускається. У прокатному виробництві це досягається за рахунок розширення асортименту металопрокату, зменшення витрат металу та підвищення його експлуатаційних характеристик.

Основним робочим інструментом прокатних станів є валки, які виконують основну функцію деформування металу, надаючи йому потрібних форм і розмірів.

Довговічність валків безпосередньо пов'язана з продуктивністю прокатних станів: чим довше вони служать, тим менше часу йде на переналагодження обладнання, що скорочує простої та знижує експлуатаційні витрати. Підвищення зносостійкості та міцності валків дозволяє значно оптимізувати роботу прокатних станів, знижуючи їхню витрату на кожну тонну виробленого металопрокату та покращуючи техніко-економічні показники підприємства. Ресурс валків істотно залежить як від форми профілю, що прокатується, так і складу сплавів, з якої виготовляються дані вироби [1].

У світовій практиці широке застосування знайшли чавунні двошарові валки. Значна частка таких прокатних валків відливається стаціонарним способом у комбінованих ливарних формах. Виливка двошарових валків має ряд особливостей, оскільки застосовується два різні метали. Спочатку форму заливають основним високолегованим металом, з якого в процесі кристалізації формується робочий шар, який заливають на 100-150 мм вище верхнього краю бочки валка. Потім виконується витримка протягом 70-90 секунд для формування робочого шару. Щоб уникнути застигання металу в живильнику роблять поштовхи. Зазвичай проводять 3-4 з інтервалом 20-30 секунд подачею розплаву вищої температури, після чого починають промивання шийок і серцевини нелеговані чавуном. Під час промивання метал піднімається до зливної льотки розташованої на 100 - 150 мм вище за рівень підстави прибутку, і по жолобу стікає у встановлену поруч ємність. Час промивання залежить від габаритів та маси валка, а також від довжини шийок і становить 120-300 секунд.

В чистових і чернових клітях стану 3000 знайшли широке використання валки виконання ЛПХНд-63. Досвід експлуатації цих валків показав, що слабким ланцюгом при їх використанні є понижена міцність шийок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наскільки відомо автору на споживчі властивості прокатних валків суттєво впливають технологічні параметри вилівки, хімічний склад матеріалу та спосіб модифікування. Це проявляється в зміні структури та властивостей металу. Питання виробництва прокатних валків з підвищеними механічними характеристиками шийок досі залишається актуальним [2]. Це пов'язано як із способом модифікування, так і вибором типу присадки. Для підвищення рівня експлуатаційних характеристик останніми роками широко використовують модифікатори із вмістом кремнію до 78% [3-6].

Це свідчить про те, що для підвищення міцності шийок в умовах виробництва найбільш доцільно підвищувати вміст кремнію в промивному металі.

Постановка завдань. Мета роботи – підвищення міцності шийок двошарових валків виконання ЛПХНд-63.

Викладення основного матеріалу. На першому етапі роботи проводили аналіз ресурсу та відмов валків при експлуатації за два періода експлуатації, кожен з яких складав 6 місяців. Під час досліджень враховували такі показники як: твердість поверхні бочки; наробіток налка за весь період експлуатації; величина з'єму метала з поверхні валка при перешліфовках за весь період експлуатації; середній наробіток валка на 1 мм знятого металу при перешліфуваннях; середній наробіток валка за установку; середнє зняття металу за установку.

Твердість досліджуваних валков знаходилась в межах 65-67 HS Дослідження показали, що наробіток налків за весь період експлуатації становить від 112 865 до 115 031 т; величина з'єму метала з поверхні валка при перешліфовках –34.1-40,4 мм; середній наробіток валка на 1 мм знятого металу при перешліфуваннях – 2841-2893 т.мм. середній наробіток валка за установку – 4051-6514 т; середнє зняття металу за установку –1,89-2,37мм

Відсоток відмов за зносом робочого шару складав від 59,6 до 71,3%; руйнуванням шийок від 13,1 до 17,3%; відшаруванням робочого шару від 5,4 до 6,7%; по викрошкам від 4,9 до 6,1% по тріщинам від 5.1 до 6,86,8% і прижогам від 9,8 до 12,1 10% .

Наведені результати свідчать про те, що одним із показників, який суттєво знижує ресурс дослідних формуючих інструментів є руйнування шийк валків.

Ресурс шийок валків суттєво залежить від їх міцностних характеристик, які формується завдяки складу сплава промивного металу серцевини.

У якості промивного металу при виготовленні валків використовували чавун наступного хімічного складу: 2,7 8 - 2 ,8 2 % С, 0, 4 4-0,50 % Si, 0 ,6 0-0,07 % Mn, 0,08-0,09 % S, .47-0,48 % P, 0,71-0,81 % Cr, 2,62-2,75 % Ni.

Для виготовлення дослідних партій валків була прийнята технологія, яка полягала в тому, що при вилівку двошарових валків промивний метал для виготовлення внутрішнього шару додатково модифікували FeSi з розрахунку 0,75-1, 75 кг/т. Прийнята технологія дозволила отримати вилівки з підвищеним вмістом кремнію. Хімічний склад досліджених валків наведено у таблиці 1.

Табл. 1.

Хімічний склад досліджених валків

Номер групи	Вміст елементів, %*						
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
1	$\frac{2,82}{3,58}$	$\frac{0,44}{0,73}$	$\frac{0,60}{0,53}$	$\frac{0,09}{0,13}$	$\frac{0,48}{0,24}$	$\frac{0,71}{-}$	$\frac{2,62}{-}$
2	$\frac{2,78}{3,4}$	$\frac{0,46}{1,38}$	$\frac{0,64}{0,62}$	$\frac{0,09}{0,12}$	$\frac{0,47}{0,25}$	$\frac{0,78}{-}$	$\frac{2,74}{-}$
3	$\frac{2,78}{3,5}$	$\frac{0,51}{1,68}$	$\frac{0,70}{0,55}$	$\frac{0,08}{0,08}$	$\frac{0,47}{0,47}$	$\frac{0,81}{-}$	$\frac{2,75}{-}$

Примітка: в чисельнику наведено вміст елементів в робочому шарі, в знаменнику – вміст елементів в середині серцевини і шийках валків

Всі валки були поділені на три групи.

В першу групу увійшли виливки з вмістом кремнію до 0,73%, у другу і третю з вмістом кремнію 1,38 % та 1,68 % відповідно.

Для дослідження впливу висококремністого промивного чавуну на властивості робочого шару, перехідної зони та шийок в кожній групі відлитих валків при їх механічній обробці відбирали проби від нижнього кільця бочки.

Аналіз структурних складових чавуну валків з різним вмістом кремнію в робочому шарі, перехідній зоні, серцевині і шийках наведено в таблицях 2 - 5, відповідно, а механічні властивості в табл.6.

Табл. 2.

Структурні складові робочого шару валків на глибині від 5 до 25 мм

№ групи	Структурні складові, %	Відстань від поверхні, мм				
		5	10	15	20	25
1	Доля цементиту	41,1	41,0	37,9	34,9	32,5
	Доля продуктів розпаду аустеніту	58,55	58,22	61,02	63,0	64,9
	Доля графіту	0,35	0,78	1,18	2,1	2,6
2	Доля цементиту	41,9	40,4	39,1	35,0	34,9
	Доля продуктів розпаду аустеніту	56,62	57,6	67,9	62,0	61,9
	Доля графіту	1,48	2,0	2,9	3,0	3,2
3	Доля цементиту	43,1	40,9	39,9	35,1	35,0
	Доля продуктів розпаду аустеніту	55,9	57,5	56,9	62,0	61,4
	Доля графіту	1,0	1,6	2,9	2,9	3,6

Табл. 3.

Структурні складові у перехідній зоні, серцевині і шийках

№ групи	Структурні складові, %	Перехідна зона	Серцевина	Шийки	
				верхня	нижня
1	Доля цементиту	24,9	19,2	14,9	2,0
	Доля продуктів розпаду аустеніту	71,4	77,1	95,5	93,8
	Доля графіту	3,49	6,2	2,7	3,9
2	Доля цементиту	14,9	10,1	0,78	0,49
	Доля продуктів розпаду аустеніту	80,7	80,1	92,2	90,4
	Доля графіту	3,9	10,1	4,7	6,9
3	Доля цементиту	-	-	2,0	0,2
	Доля продуктів розпаду аустеніту	16,1	11,2	0,9	0,6
	Доля графіту	80,1	81,2	90,6	92,7
	Доля ферриту	-	-	3,9	0,4

Табл. 4.

Мікротвердість структурних складових робочого шару валків на глибині від 5 до 25 мм

№ групи	Мікротвердість, Н-50, кгс/мм ²					
	Структурна складова	Відстань від поверхні, мм				
		5	10	15	20	25
1	Продукти розпаду аустеніту	403	381	369	361	360
	Цементит	1261	1264	1147	1129	1129
2	Продукти розпаду аустеніту	928	370	368	348	340
	Цементит	1109	1105	1054	1055	970
	Продукти розпаду аустеніту	469	391	373	364	363
	Цементит	1243	1195	1008	1008	1007

Табл. 5.

Мікротвердість структурних складових у перехідній зоні, серцевині і шийках

№ групи	Мікротвердість, Н-50, кгс/мм ²				
	Структурна складова	Перехідна зона	Серцевина	Шийки	
				верхня	нижня
1	Цементит	360	290	325	302
	Продукти розпаду аустеніту	1129	1224	865	968
2	Цементит	308	288	294	347
	Продукти розпаду аустеніту	928	925	1151	1128
	Феррит			189	180
3	Цементит	335	332	334	363
	Продукти розпаду аустеніту	941	924	1058	1078
	Феррит	-	-	178	189

Отримані результати свідчать про те, що використання в якості промивного металу модифікованого FeSi чавуну до (1, 75 % Si) не впливає на вміст карбідної фази в робочому шарі.

Доля карбідної фази суттєво зменшується у перехідній зоні, серцевині і шийках валків. Додаткова обробка промивного металу сприяє тому, що у сплаві з'являється ферит і збільшується доля графіту.

Зменшення долі карбідної фази, утворення фериту і збільшення долі графіту сприяє підвищенню тимчасового опору при розриві металу нижньою шийкою.

Дослідження механічних властивостей отриманих сплавів на глибині 25-30мм показали, що твердість робочого шару практично не залежить від зміни вмісту кремнію у промивному чавуні. Тимчасовий опір при розриві металу нижньої шийки вилівка, який додатково модифікували FeSi в обсязі 0,75 кг/т, складав $\sigma_b=380-450$ МПа, а сплавів, з додатковим модифікуванням FeSi в обсязі 1,2-1,75 кг/т $\sigma_b=507-547$ МПа.

Табл. 6.

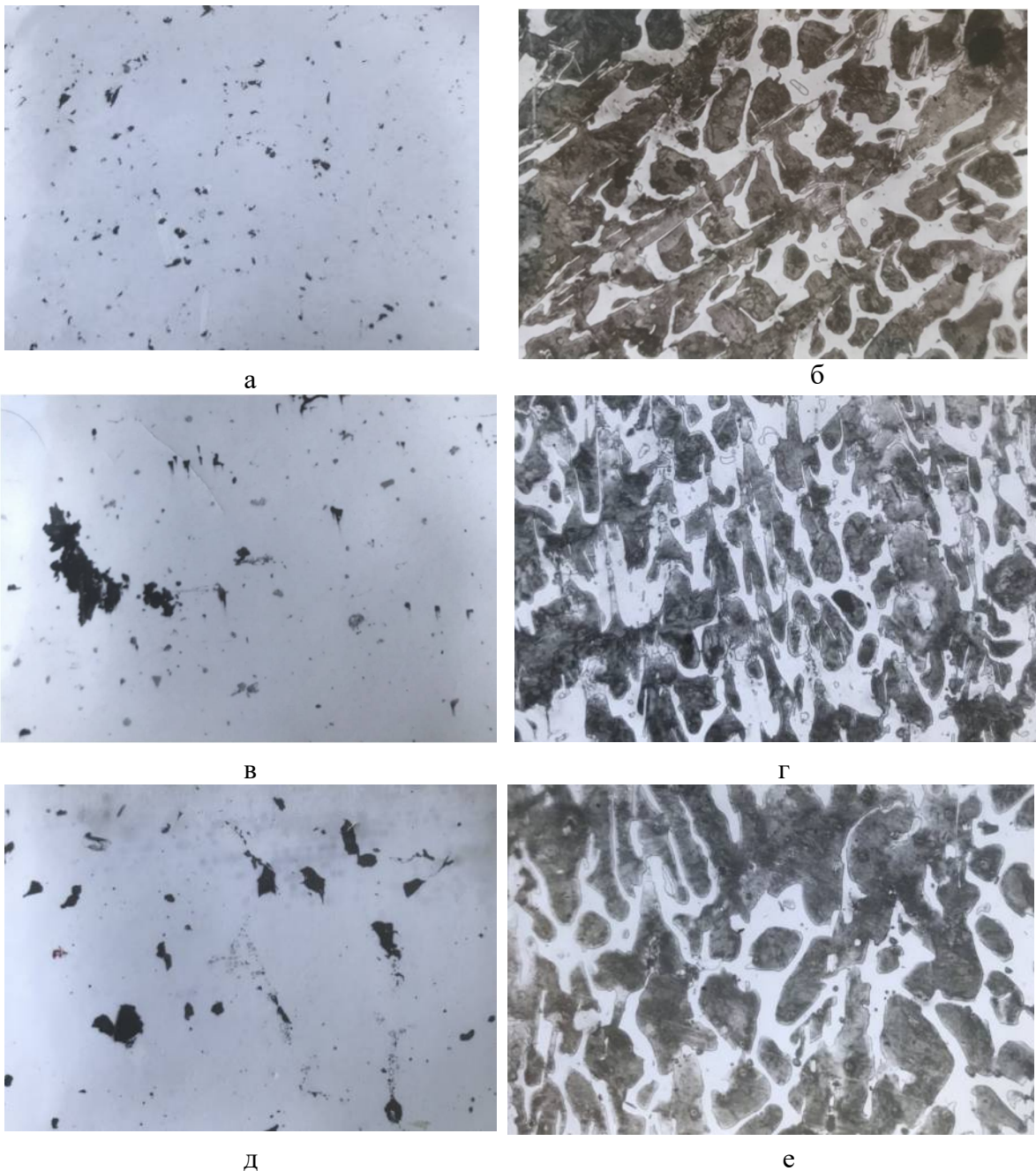
Механічні властивості дослідних виливків на глибині 25-30мм

Номер групи	Твердість робочого шару, HS	Тимчасовий опір при розриві металу нижньою шийкою σ_b , МПа
1	63	<u>380-450</u> 414
2	64	<u>509-547</u> 528
3	65	<u>507-545</u> 527

Примітка: в таблиці наведені значення тимчасового опору при розриві за результатами п'яти-шести визначень

Отримані результати добре співпадають з даними структурного аналізу і результатами вимірювань мікротвердості структурних складових (див табл.4 та 5).

Аналіз мікроструктури дослідних валків (рис. 1 та рис.2) показує, що по перетину робочого шару від поверхні до центру розміри карбідних включень збільшуються, а доля їх знижується незначно.



**Рис.1. Мікроструктура робочого шару валків на глибині 20мм, $\times 100$:
а, б – валок з вмістом Si 0,73%; в,г – валок з вмістом Si 1,38%; д,е – валок з вмістом Si 1,8; %; б,г,е – травлення 4%розчином азотної кислоти в етиловому спирті**

У дослідних валках першої групи форма графіту в робочому шарі перехідної зони і нижній шийки точкова а в верхній шийки і серцевині включення пластинчатої у вигляді розведених колоній

У валках другої та третьої групи форми і кількість графіта в робочому шарі серцевині і верхній шийки суттєво не відрізнялись від валків першої групи, а в нижній шийки з'явилися компактні включення графіта типу бичий глаз з феретною оторочкою біля таких включень, що сприяє підвищенню міцності чавуну.

Аналізуючи зміни мікротвердості структурних складових дивись таблицю 3, слід відмітити деякий спад значень по глибині робочого шару разом з тим особливої різниці в структурах досліднених валків не відмічалось.

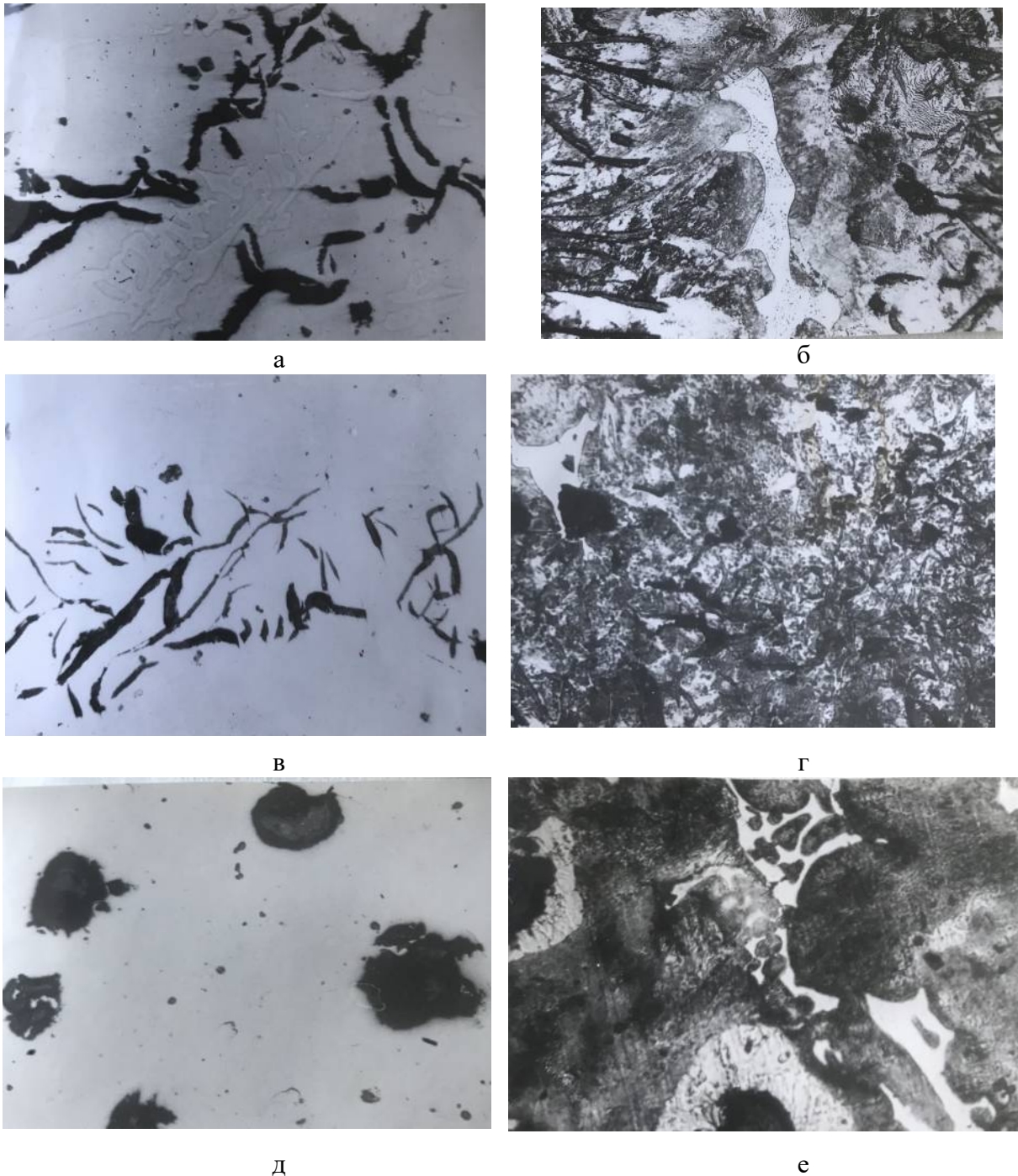


Рис.2. Мікроструктура шийк валків, $\times 100$: а, б – валок з вмістом Si 0,73%; в,г – валок з вмістом Si 1,38%; д,е – валок з вмістом Si 1,8; %; б,г,е – травлення 4% розчином азотної кислоти в етиловому спирті

Висновок. Модифікування промивного металу FeSi дещо збільшує долю графіта в робочому шарі, шийках серцевині і перехідному шарі та змінює його форму. В нижніх шийках з'являється компактні включення графіта, виділяється незначна кількість ферита і дещо знижується доля карбідної фази, особливо в перехідній зоні, серцевинні і шийках. Це не знижує твердість і глибини робочого шару, проте зменшується схильність до викрашування, а також забезпечує підвищення міцності шийок в середньому на 25%.

Підвищення рівня механічних властивостей шийок суттєво сприятиме зниженню обсягу руйнуванням шийок валків при експлуатації.

Список літератури.

1. Производство и применение прокатных валков: справочник / Т. С. Скобло и др. Ред. Т. С. Скобло. Харьков, 2013. ЦД № 1. 572 с.

2. Skoblo T. S., Avtukhov A. K., Sokolov R. G. Vliyaniye modifikatorov novogo pokoleniya Superseed® 75 i Reseed® na strukturu metalla tsentrobezhnolitykh listoprokatnykh valkov. Liteynoye proizvodstvo. 2015. №2. S. 12-14.

3. Т.С.Скобло, В.К. Триполко, С.А. Бурцев Анализ существующих методов модифицирования высокопрочных чугунов. Сб. Вісник ХНТСГ.-Харьков.2011.-№110.-С.193-205.

4. Elkem ASA Research. Модификатор Superseed®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2003. – № 11 (39).

5. Elkem ASA Research. Модификатор Foundrisil®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2004. – № 2 (42).

6. Elkem ASA Research. Модификатор Reseed®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2004. – № 7 (47).

Рецензент: Рудюк О.С., заступник генерального директора ДП «УКРНТЦ «ЕНЕРГОСТАЛЬ», к.т.н.