

system differ from the old ones; a modernized car fleet has also gained different qualitative and quantitative characteristics. In particular, noise indicators of the singular vehicle reduced, but the general cars number increased. Thereby using the old method for equivalent loudness levels calculation isn't reasonable. There is a question of modernizing the calculation method. Nowadays techniques is developing fast so that the equipment for the traffic noise detecting does.

REFERENCE

1. Osipov G. L. Snizhenie shuma v zdanijah i zhilyh rajonah / G. L. Osipov, E. Ju. Judin, G. Hjubner i dr. – Pod red. G. L. Osipova, E. Ju. Judina. – M. : Strojizdat, 1987. – 558 s.
2. Judin E. Ja. Metod rascheta shuma poezda na primagistral'noj territorii / E. Ja. Judin, I. D. Kotova // Zashhita ot shuma v zdanijah i na territorii zastrojki : sb. nauch. tr. // Pod red. E. Ja. Judina. – M. : NIISF, 1987. – 143 s.
3. Karagodina I. L. Gorodskie i zhilishhno-kommunal'nye shumy i bor'ba s nimi / I. L. Karagodina, G. L. Osipov, I. A. Shishkin. – M. : Medicina, 1964. – 231 s.
4. Kovrigin S. D. Arhitekturno-stroitel'naja akustika. – M.: Vysshaja shkola, 1980 g. – 184 s.
5. Samojljuk E. P. Bor'ba s shumom v gradostroitel'stve / E. P. Samojljuk. – K. : «Budivel'nik», 1975 g. – 128 s.
6. Alekseev S. P. Bor'ba s gorodskimi i zavodskimi shumami / S. P. Alekseev, Ju. I. Shnejder. – M.; L.: Gosstrojizdat, 1939.– 325 s.
7. Pospelov P. I. Model' rasprostraneniya shuma ot odinochnogo avtomobilja // Povyshenie transportnyh kachestv avtomobil'nyh dorog / P. I. Pospelov, V. N. Pokid'ko. – M., 1986. – 130 s.
8. Pospelov P. I. Bor'ba s shumom na avtomobil'nyh dorogah / P. I. Pospelov. – M. : – Transport, 1981. – 88 s.
9. K. Yuichi. Issledovanie transportnyh шумов / K. Yuichi, O. Ryuichi, Y. Shizuma. – Nihon onkyo gakkaiishi: J. Acoust. Soc. Jap., 2001. – № 3. – 195 s.
10. Judin E. Ja. Spravochnik proektirovshhika. Zashhita ot shuma / E. Ja. Judin, V. N. Nikol'skij, I. D. Rassadina i dr. – M. : Strojizdat, 1974. – 134 s.
11. Samojljuk E. P. Issledovanie i primenenie shumozashhitnyh jekranirujushhih sooruzhenij v gradostroitel'stve: dis. kand. tehn. nauk. – K., 1968. – 125 s.
12. Ivanov N. I. Teoriya i praktika bor'by s shumom: uchebnik / N. I. Ivanov – M. : Universitetskaja kniga. – Logos, 2008. – 424 s.

УДК 519.21

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧУГУННЫХ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ НА ИХ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В. Н. Волчук, к. т. н., доц.

Ключевые слова: прокатные валки, механические свойства, химический состав, гистограмма, анализ, прогноз

Постановка проблемы. Выход металлургического комплекса Украины на перспективные рынки Восточной Европы, Азии и Африки инициирует выпуск высококачественной продукции с заданными свойствами и конкурентноспособными ценовыми показателями. Требования заказчика на производство металлопродукции с повышенными показателями качества инициирует развитие и разработку новых подходов, позволяющих в сжатые сроки в заводских условиях проводить их контроль.

Оценка качества массивных металлических отливок, в частности, прокатных валков представляет собой сложную задачу в технологии их производства, являющейся периодической, многопараметрической и многокритериальной, где на качество валков оказывает влияние множество параметров технологии, и даже незначительное изменение части из них может привести к значительному изменению их качества.

Анализ литературы. Исследованием состава, структуры и свойств массивных чугунных отливок занималось множество ученых. Здесь отметим работы следующих отечественных ученых за последние 70 лет: М. Г. Окнов, И. Н. Богачев, А. Е. Кривошеев, К. П. Бунин, Ю. Н. Таран-Жовнир, Г. И. Сильман, А. А. Жуков, А. П. Чейлях, В. З. Куцова,

И. М. Спиридонова, С. А. Фирстов, В. И. Мазур, Л. С. Малинов, Т. М. Миронова, С. В. Бобырь и другие [1 – 7].

Анализ существующих неразрушающих методов контроля характеристик качества валков свидетельствует о том, что в настоящее время не существует детерминированного метода прогноза их механических свойств, основанного на анализе причинно-следственных связей. Поэтому, на сегодняшний день, использование статистических методов позволяет на основании анализа исследований степени влияния параметров технологии, включая химический состав, получать уравнения для прогноза механических свойств.

Цель статьи. Исследовать степень влияния элементов химического состава валков марок СПХН и СШХН на их механические свойства.

Изложение материала. Анализ технологии производства прокатных валков исполнения СПХН и СШХН за последние 70 лет позволил получить уравнения, описывающие связь между химическим составом и механическими свойствами.

Для валков марок СПХН:

$$Y_1 = 1362,7386 - 392,8718 \cdot x_1 + 265,3299 \cdot x_2 - 761,0881 \cdot x_3 + 690,5904 \cdot x_4 - 1855,1262 \cdot x_5 + 1035,4836 \cdot x_6 - 272,4182 \cdot x_7 \quad (1)$$

$$Y_2 = 2581,7645 - 441,5376 \cdot x_1 - 301,7339 \cdot x_2 - 1111,5714 \cdot x_3 + 1444,3638 \cdot x_4 - 6673,2230 \cdot x_5 + 307,9051 \cdot x_6 + 94,7023 \cdot x_7 \quad (2)$$

$$Y_3 = 55,5393 + 1,7555 \cdot x_1 - 28,8708 \cdot x_2 + 45,4863 \cdot x_3 - 36,1528 \cdot x_4 + 6,9071 \cdot x_5 - 95,5473 \cdot x_6 + 25,3635 \cdot x_7 \quad (3)$$

$$Y_4 = 53,6523 + 3,3726 \cdot x_1 - 4,5515 \cdot x_2 - 56,0294 \cdot x_3 + 4,5422 \cdot x_4 - 65,5854 \cdot x_5 + 35,1607 \cdot x_6 - 3,9772 \cdot x_7. \quad (4)$$

Для валков марок СШХН:

$$Y_1 = 12,6775 - 42,0096 \cdot x_1 + 58,9659 \cdot x_2 - 31,7807 \cdot x_3 + 197,8589 \cdot x_4 - 10634,3995 \cdot x_5 - 104,3966 \cdot x_6 - 9,4802 \cdot x_7 + 11984,5806 \cdot x_8 \quad (5)$$

$$Y_2 = -371,2266 + 72,1156 \cdot x_1 + 41,0662 \cdot x_2 - 117,6987 \cdot x_3 + 156,2337 \cdot x_4 - 9975,4175 \cdot x_5 + 11,9613 \cdot x_6 - 27,7727 \cdot x_7 + 19495,5621 \cdot x_8 \quad (6)$$

$$Y_3 = -34,3381 + 0,0805 \cdot x_1 + 1,7733 \cdot x_2 + 20,3823 \cdot x_3 - 40,5793 \cdot x_4 - 12,1683 \cdot x_5 - 17,3381 \cdot x_6 + 3,3538 \cdot x_7 + 809,5190 \cdot x_8 \quad (7)$$

$$Y_4 = 127,0881 - 11,7771 \cdot x_1 - 0,1518 \cdot x_2 - 9,0870 \cdot x_3 + 4,5789 \cdot x_4 + 29,8008 \cdot x_5 + 14,1879 \cdot x_6 - 0,1249 \cdot x_7 - 859,8517 \cdot x_8, \quad (8)$$

где Y_1 – предел прочности на разрыв, МПа; Y_2 – предел прочности на изгиб, МПа; Y_3 – ударная вязкость, КДж/м²; Y_4 – твердость по Шору, HSD; x_1 – 3,00 ÷ 3,80 % С; x_2 – 0,17 ÷ 2,43 % Si; x_3 – 0,30 ÷ 0,91 % Mn; x_4 – 0,052 ÷ 0,380 % P; x_5 – 0,004 ÷ 0,012 % S; x_6 – 0,16 ÷ 0,82 % Cr; x_7 – 0,17 ÷ 2,40 % Ni; x_8 – 0,030 ÷ 0,058 % Mg.

Оценка степени влияния элементов химического состава на механические свойства, полученная на основании анализа уравнений (1 – 8), представлена в виде гистограмм (рис. 1, 2).

Столбцы гистограммы, направленные вверх, описывают положительное влияние элементов структуры на свойства, вниз – отрицательное.

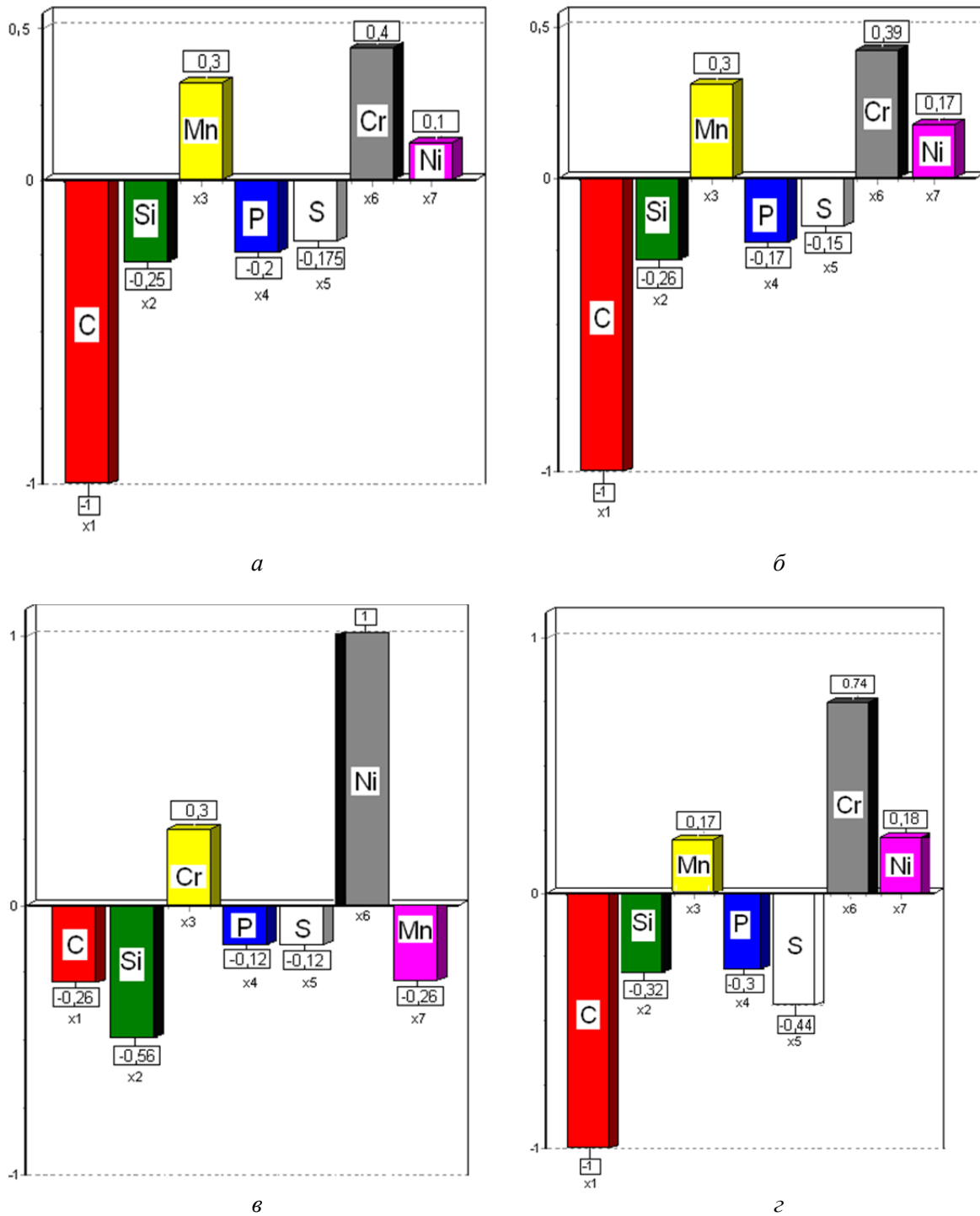


Рис. 1. Степень влияния элементов химического состава валков СПХН на предел прочности на разрыв – Y_1 (а), предел прочности на изгиб – Y_2 (б), ударную вязкость – Y_3 (в), твердость – Y_4 (г)

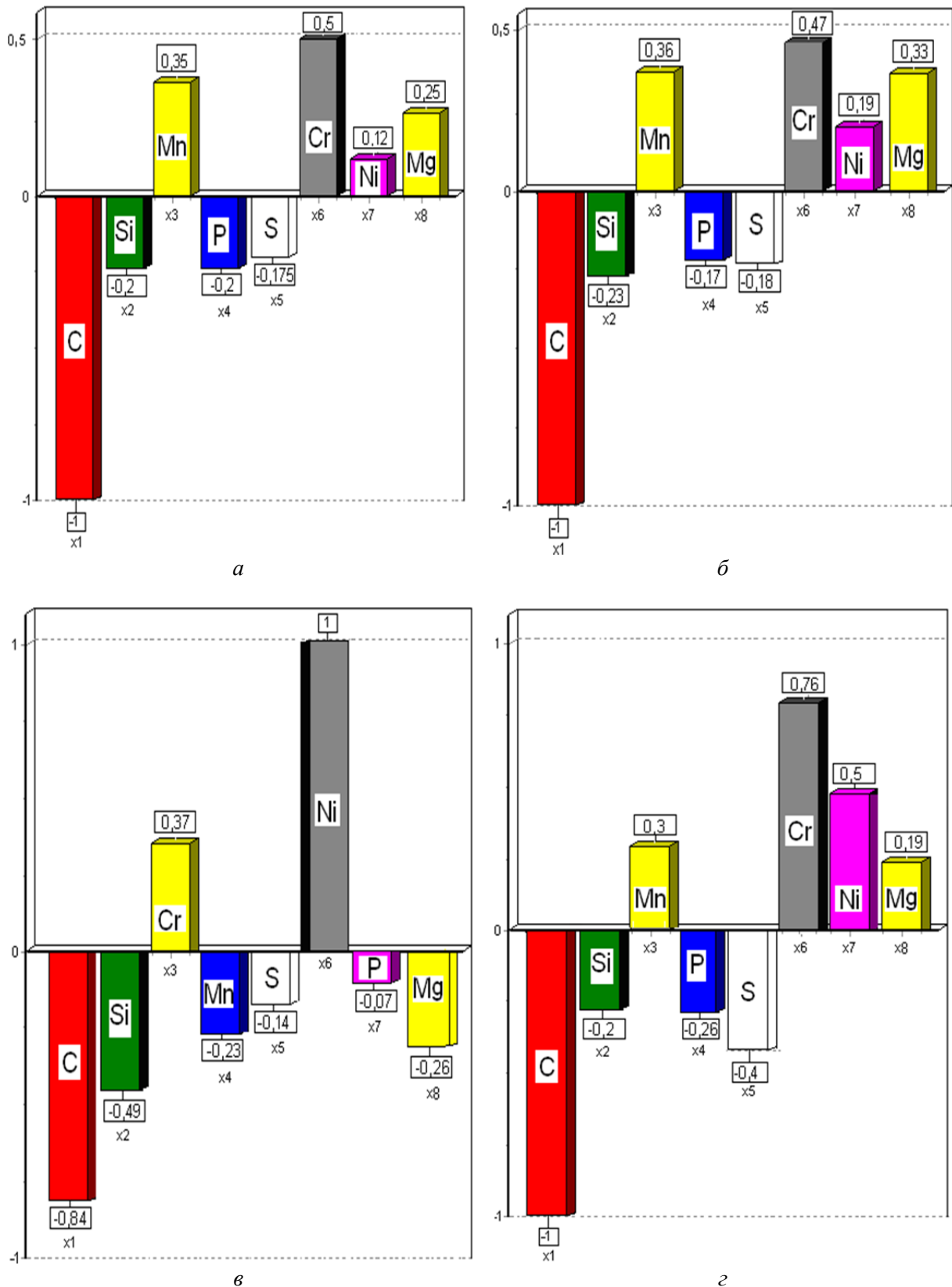


Рис. 2. Степень влияния элементов химического состава валков СШХН на: предел прочности на разрыв – Y_1 (а), предел прочности изгиб – Y_2 (б), ударную вязкость – Y_3 (в), твердость – Y_4 (г)

В таблицах 1 и 2 приведена физико-химическая интерпретация влияния элементов химического состава на механические свойства валкового чугуна.

Оценка влияния элементов химического состава на свойства валков СПХН

Физико-химическая интерпретация влияния элементов химического состава валкового чугуна марок СПХН на его механические свойства	Показатели качества изменяются (при увеличении содержания химического элемента на каждые 0,1 %)			
	HSD	σ_B	$\sigma_{изг}$	КС
В валках диаметром от 300 до 1100 мм с перлитно-графито-цементитным рабочим слоем концентрацию углерода (x_1) следует понижать до < 2,8 %. Это обусловлено тем, что большая часть углерода идет на создание графитных включений и потому увеличение его содержания, в этом случае, ведет к снижению и показателей прочности и пластичности. Связанный углерод при содержании до 1,2 % в легированном чугуне повышает твердость и прочность, стабилизирует перлит, увеличивает количество основной упрочняющей фазы и повышает твердость и снижает пластичность. Показано влияние углерода в пределах 2,6-3,6 % на механические свойства рабочего слоя бочек валков.	+ 0,5+2,6 единиц	- 18-23 МПа	- 20+25 МПа	- 2,5+2,8 кДж/м ²
При малых концентрациях кремния – x_2 (0,2-0,4 %) его используют в качестве достижения необходимой степени графитизации валков. При увеличении концентрации до 2,4 % он укрепляет феррит и уменьшает количество углерода в перлите, что приводит к уменьшению прочности.	- 1,3+1,7 единиц	- 3+8 МПа	- 3+10 МПа	- 1,3+1,5 кДж/м ²
Увеличение содержания марганца (x_3) в рабочем слое прокатных валков от 0,5 до 3,5 % повышает показатели твердости и прочности благодаря увеличению длины переходной зоны и сохранению карбидной составляющей по всему объему валка.	+ 0,5+1 единиц	+ 4+8 МПа	+ 4+10 МПа	- 0,3+0,8 кДж/м ²
Сера образует тугоплавкие соединения с марганцем (x_4), магнием и кислородом. Повышение содержания серы уменьшает прочность чугуна, но способствует повышению глубины отбела, твердости и хрупкости валков. В отбеленных валках содержание не должно превышать 0,1 %.	понижает механические свойства			
Фосфор (x_5) уменьшает показатели прочности валков благодаря появлению твердых и хрупких фосфидных эвтектик: Fe ₃ P Fe ₂ P-Fe ₃ C, нарушающих сплошность металлической матрицы. Чтобы не допустить понижение прочности, содержание фосфора в валках допускают до 0,5 %.	- 5+10 единиц	≤0,3% +2,5+5%	≤0,3% +3+4%	≤0,3% - 0,5+1,5 кДж/м ²
Никель (x_6) является графитизирующим элементом, который повышает износоустойчивость, но уменьшает твердость. При содержании до 1,3 % он легирует феррит и уменьшает включения графита в серой зоне и перлитно-графито-цементитном рабочем слое и таким образом снижает твердость, но повышает прочность и износоустойчивость чугунных валков. При совместном влиянии с хромом никель повышает твердость валков, а в количествах до 1 % повышает их прочность и износоустойчивость.	+ 0,4+1,3 единиц	+ 1+5 МПа	+ 1+8 МПа	+ 2+3 кДж/м ²
Хром (x_7) ограничивает степень графитизации. Он укрепляет феррит перлита, вызывает уменьшение размеров включений графита и увеличивает твердость и показатели прочности. Показано влияние хрома при его содержании до 1 %.	+ 3+4 единицы	+ 7+10 МПа	+ 7+12 МПа	+ 0,5+0,8 кДж/м ²
Медь (x_8) действует в том же направлении, что и никель, но слабее. Показано влияние присадки меди при ее содержании до 1 %.	+ 0,4+0,6 единиц	+ 3+4 МПа	+3+5 МПа	+ 0,3+0,8 кДж/м ²

Примечание. Знаки обозначают: + - повышение, -- - понижение.

Таблиця 2

Оценка влияния элементов химического состава на свойства валков СШХН

Физико-химическая интерпретация влияния элементов химического состава валкового чугуна марок СШХН на его механические свойства	Изменение показателей качества при увеличении содержания химического элемента на каждые 0,1 %			
	HSD	σ_B	$\sigma_{изг}$	КС
В валках диаметром от 300 до 1100 мм с перлитно-графито-цементитным рабочим слоем концентрацию углерода (x_1) следует понижать до < 2,8 %. Это обусловлено тем, что большая часть углерода идет на создание графитных включений, и потому увеличение его содержания в этом случае ведет к снижению и показателей прочности и пластичности. Связанный углерод при содержании до 1,2 % в легированном чугуне повышает твердость и прочность, стабилизирует перлит, увеличивает количество основной упрочняющей фазы и повышает твердость и снижает пластичность. Показано влияние углерода в пределах 2,6-3,6 % на механические свойства рабочего слоя бочек валков.	+ 0,4+2 единиц	- 15-20 МПа	- 15+20 МПа	- 2,2+2,5 кДж/м ²
При малых концентрациях кремния – x_2 (0,2-0,4 %) его используют в качестве достижения необходимой степени графитизации валков. При увеличении концентрации до 2,4 % он укрепляет феррит и уменьшает количество углерода в перлите, что приводит к уменьшению прочности.	- 1,2+1,5 единиц	- 2+6 МПа	- 2+8 МПа	- 1,2+1,5 кДж/м ²
Увеличение содержания марганца (x_3) в рабочем слое прокатных валков от 0,5 до 3,5% повышает показатели твердости и прочности благодаря увеличению длины переходной зоны и сохранению карбидной составляющей по всему объему валка.	+ 0,8+1,5 единиц	+ 4+8 МПа	+ 4+10 МПа	- 0,4+0,8 кДж/м ²
Сера образует тугоплавкие соединения с марганцем (x_4), магнием и кислородом. Повышение содержания серы уменьшает прочность чугуна, но способствует повышению глубины отбела, твердости и хрупкости валков. В отбеленных валках содержание не должно превышать 0,1 %.	понижает механические свойства			
Фосфор (x_5) уменьшает показатели прочности валков благодаря появлению твердых и хрупких фосфидных эвтектик: Fe ₃ P Fe ₂ P-Fe ₃ C, нарушающих сплошность металлической матрицы. Чтобы не допустить понижение прочности, содержание фосфора в валках допускают до 0,5 %.	- 5+10 единиц	≤0,3% +2,5+5%	≤0,3% +3+5%	≤0,3% - 0,5+1,5 кДж/м ²
Никель (x_6) является графитизирующим элементом, который повышает износоустойчивость, но уменьшает твердость. При содержании до 1,3 % он легирует феррит и уменьшает включения графита в серой зоне и перлитно-графито-цементитном рабочем слое и таким образом снижает твердость, но повышает прочность и износоустойчивость чугунных валков. При совместном влиянии с хромом никель повышает твердость валков, а в количествах до 1 % повышает их прочность и износоустойчивость.	+ 0,8+1,2 единиц	+ 2+10 МПа	+ 2+12 МПа	+ 2+3 кДж/м ²
Хром (x_7) ограничивает степень графитизации. Он укрепляет феррит перлита, вызывает уменьшение размеров включений графита и увеличивает твердость и показатели прочности. Показано влияние хрома при его содержании до 0,4 % с условием добавки никеля.	+ 3+4 единицы	+ 8+10 МПа	+ 8+15 МПа	+ 0,4+0,6 кДж/м ²
Магний (x_8) на валковые расплавы оказывает обескисляющее, раскисляющее и карбидизирующее воздействие, а при содержании ≥ 0,03 % приводит к образованию графитных включений шарообразной формы. Повышает износоустойчивость, термостойкость и прочность валков. Показано влияние присадки магния при его содержании от 0,03 до 0,056 %.	+ 0,2+0,5 единиц	+ 10+20 МПа	+15+ 25 МПа	- 1+2 кДж/м ²

Вывод. Реализация изложенного в статье подхода позволяет прогнозировать механические свойства прокатных валков марок СПХН и СШХН в заводских условиях.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Кривошеев А. Е.** Литые валки / Теоретические и технологические основы производства. – М. : Metallurgizdat, 1957. – 360 с.
2. **Бунин К. П.** Основы металлографии чугуна / К. П. Бунин, Я. Н. Малиночка, Ю. Н. Таран. – М. : Metallurgija, 1969. – 416 с
3. **Богачев И. Н.** Металлография чугуна. – М. : Metallurgizdat, 1962. – 392 с.
4. **Бунин К. П.** Строение чугуна / К. П. Бунин, Ю. Н. Таран. – М. : Metallurgija, 1972. – 160 с.
5. **Макаренко К. В.** Влияние графитовой фазы на процессы разрушения в чугунах / К. В. Макаренко, Д. А. Илюшкин // Metallurgija mashinostroenija. – 2010. – № 3. – С. 25 – 29.
6. **Добровольский И. И.** Расчет структуры и механических свойств нелегированного и легированного чугунов / И. И. Добровольский, А. А. Жуков, И. О. Пахнючий // Литейное производство. – 1988. – № 5. – С. 6 – 8.
7. **Миронова Т. М.** Структура и свойства деформируемых чугунов / Т. М. Миронова, В. З. Куцова. – Д: НМетАУ, 2009. – 190 с.

SUMMARY

Problem statement. Exit metallurgical complex of Ukraine on promising markets of Eastern Europe, Asia and Africa initiates production of high-quality products with desired properties and competitive in price indices. Customer requirements for the production of steel products with high levels of quality development and initiates the development of new approaches that in a short time in the factory to carry out their control.

Assessment of quality solid metal castings, in particular rolling rolls represents a challenge in their production technology, which is periodic, and multiparameter multicriteria where quality roll influenced by many parameters of technology, and even small changes in some of them can lead to a significant change in their quality.

Analyzing of the resent research. Study of the composition, structure and properties of bulk iron castings engaged many scientists. Here we mention the following local scientists over the past 70 years: M. G. Oknov, I. N. Bogachev, A. E. Torticollis, K. P. Bunin, Y. N. Taran-Zhovnir, G. I. Silman, A. A. Zhukov, A. P. Cheylyah, V. Z. Kutsova, I. M. Spiridonova, S. A. Firstov, V. I. Mazur, L. S. Raspberry, T. M. Mironov, S. V. Bobyr and others [1 – 7].

Analysis of the existing non-destructive testing quality characteristics rolls indicates that currently there is no deterministic method of prediction of their mechanical properties, based on the analysis of causality. Therefore, to date, the use of statistical methods based on the analysis allows research the degree of influence of technology parameters, including chemical composition, to obtain equations for the prediction of mechanical properties.

Research objective. Explore the extent to which elements of the chemical composition of the roll marks SPHN SSSHN and their mechanical properties.

Conclusions. Implementation of the approach outlined in the article allows to predict the mechanical properties of rolls and brands SPHN, SSSHN factory.

REFERENCES

1. Krivosheev A. E. Litye valki / Teoreticheskie i tehnologicheskie osnovy proizvodstva. – М. : Metallurgizdat, 1957. 360 s.
2. Bunin K. P. Osnovy metallografii chuguna / K. P. Bunin, Ja. N. Malinochka, Ju. N. Taran. – М. : Metallurgija, 1969. – 416 s
3. Bogachev I. N. Metallografija chuguna. – М. : Metallurgizdat, 1962. – 392 s.
4. Bunin K. P. Stroenie chuguna / K. P. Bunin, Ju. N. Taran. – М. : Metallurgija, 1972. – 160 s.
5. Makarenko K. V. Vlijanie grafitovoj fazy na processy razrushenija v chugunah / K. V. Makarenko, D. A. Iljushkin // Metallurgija mashinostroenija. – 2010. – № 3. – С. 25 – 29.

6. Dobrovolskij I. I. Raschet struktury i mehanicheskikh svojstv nelegirovannogo i legirovannogo chugunov / I. I. Dobrovolskij, A. A. Zhukov, I. O. Pahnjushhij // Litejnoe proizvodstvo. – 1988. – № 5. – S. 6 – 8.

7. Mironova T. M. Struktura i svojstva deformiruemih chugunov / T. M. Mironova, V. Z. Kucova. – D: NMetAU, 2009. – 190 s.

УДК 697.7:519.673:536.423.4

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЛЯНКИ ТРУБЧАСТОГО ГАЗОВОГО НАГРІВАЧА У КОНДЕНСАЦІЙНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

Г. Г. Березюк, ст. викл., В. Ф. Іродов, д. т. н., проф.

Ключові слова: трубчасті газові нагрівачі, математична модель, конденсація водяної пари

Постановка проблеми. У системах децентралізованого теплопостачання виробничих приміщень широко використовуються інфрачервоні трубчасті газові обігрівачі (ІТГО). Ці пристрої призначені для спалювання газу, переміщення нагрітих продуктів згоряння з повітрям усередині трубчастого нагрівача і опалення приміщення, де встановлений нагрівач за рахунок променистого і конвективного теплообміну нагрівача з простором приміщення. Трубчасті газові обігрівачі є одночасно джерелами теплопостачання та опалювальними приладами. Використання цих обігрівачів забезпечує економію палива і рівномірний розподіл комфортного тепла. Максимальною економії палива можливо досягти шляхом використання в конструкції обігрівача режиму конденсації водяної пари з газоповітряної суміші.

Аналіз публікацій. Математичне моделювання трубчастих газових нагрівачів викладене у працях [1 – 3], де математична модель ІТГО розглядається як єдине ціле, а саме як гідравлічний ланцюг із розподіленими і регульованими параметрами за термінологією теорії гідравлічних ланцюгів [4]. Однак у математичних моделях не враховується конденсаційний режим роботи обігрівача.

Мета статті – побудувати математичну модель гідравлічних і теплових режимів ділянки ІТГО для зони конденсації водяної пари з газоповітряної суміші.

Виклад матеріалу. Основними елементами інфрачервоного трубчастого газового обігрівача є: газовий пальник як джерело теплової енергії, радіаційна труба, що передає теплову енергію в опалюване приміщення, вентилятор, що забезпечує циркуляцію газоповітряної суміші і видалення продуктів згоряння, а також відбивач – для спрямованого впливу теплового потоку від випромінювальної труби в зону обігріву. Принципову схему інфрачервоного трубчастого обігрівача наведено на рисунку 1.

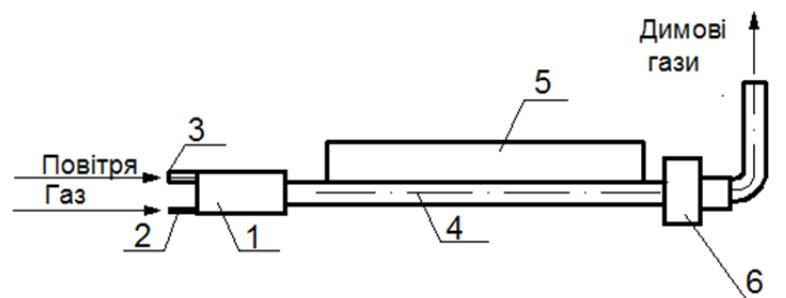


Рис.1. Схема інфрачервоного трубчастого газового обігрівача:

- 1 – пальник в захисному кожусі; 2 – штуцер подачі газу; 3 – роз'єм з отвором у захисному кожусі для подачі повітря; 4 – випромінювальна труба; 5 – відбивач теплового випромінювання (екран); 6 – витяжний вентилятор.

У зв'язку з особливостями перебігу фізичних процесів можна виділити такі характерні ділянки (рис. 2):

- 1 – ділянка горіння пального газу в супутньому потоці повітря;