

УДК621.89:621.762:621.822

Термічна обробка лемешів із високоміцного чавуну

С.М. Волощенко, кандидат технічних наук

В.І. Ульшин, кандидат технічних наук

М.Г. Аскеров, кандидат технічних наук

М.Д. Бега*, кандидат технічних наук

С.В. Ульшин*

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ

*Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, Київ

Викладено результати досліджень фазового складу, структури та властивостей високоміцних чавунів в залежності від режимів термообробки. Наведено також дані щодо впливу термообробки на триботехнічні властивості бейнітного чавуну з кулястим графітом в порівнянні з лемішною сталлю.

В агропромисловому комплексі України в ґрунтообробній техніці використовують в основному сталеві лемеші, які мають працездатність близько 50 % від закордонних. Потреба в лемешах для оброблювання площ до 18 млн. га в Україні становить не менше 1 млн. шт. на рік. Через відсутність утилізації більше, ніж 4,5 тис. т лемішної сталі втрачається безповоротно. Тому для виробництва лемешів значний практичний інтерес представляє використання бейнітного високоміцного чавуну (БВЧКГ), який в порівнянні зі сталевими виробами має кращі характеристики зносостійкості при достатній міцності [1 – 6].

Висока працездатність і потрібна експлуатаційна надійність виробів із БВЧКГ залежить від структурно-фазового стану, що формується в процесі лиття і наступної термічної обробки [1, 2].

В наших дослідженнях литі лемеші виготовляли із БВЧКГ з базовим хімічним складом (тут і далі %, мас. частка): С – 3,1 – 3,2 %, Si – 2,4 – 3,2 %, Mn – 0,3 %, Cr – 0,01 – 0,02 %, P – 0,02 %, S – 0,02 %. З погляду економічної доцільності вміст легуючих компонентів обмежили до: Ni – 0,4 – 0,6 %, Cu – 0,3 – 0,5 %, Mo – 0,20 – 0,35 %.

Плавку проводили в індукційній електропечі ІСТ-0,4. Температуру рідкого чавуну перед випуском контролювали і підтримували на рівні 1460 – 1480 °С. Рідкий чавун з печі виливали в попередньо підігрітий до температури 700 – 800 °С ківш. З метою одержання кулястого графіту на дно ковша вводили модифікатори типу ЖКМК–4Р, МКК1 і ФСМг–9 з добавкою силікобарію в кількості 2,0 – 2,2 %. Виливки лемешів і клинові проби відливали в сухі піщані форми.

Вивчення структури і механічних властивостей проводили на зразках розміром 10x10x55 мм, вирізаних з клиноподібних проб. Фазовий склад БВЧКГ вивчали за допомогою рентгенофазового аналізу на дифрактометрі HZG-4 в Со-К α випромінюванні за стандартною методикою.

Термічна та хіміко-термічна обробка

Для визначення оптимального режиму термічної обробки, що забезпечувала б необхідний комплекс властивостей отриманих з точки зору зносостійкості і працездатності, були розглянуті варіанти:

1. Гартування в маслі від оптимальних температур аустенітизації і наступний відпуск при температурі 320 – 340 °С з витримкою 2 - 3 години.

2. Ізотермічне гартування на бейнітну структуру від оптимальної температури аустенітизації в олові при температурах 300 і 350 °С з ізотермічною витримкою 1, 2 і 3 години.

Оптимальну температуру аустенітизації визначали за максимальною твердістю і мікроструктурою після гартування зразків в маслі від температур 860, 880 і 920 °С з витримкою в печі 20, 40 і 60 хвилин.

Мікроструктура металевої матриці в литому стані ферито-перлітна з кулястим графітом (Ф+П+КГ).

Твердість зразків в литому стані, вирізаних з клиноподібної проби, становила 22-23 HRC (230-240 HB).

Мікроструктура зразків після гартування в маслі від температур 860, 880 і 920 °С і витримок 20, 40 і 60 хвилин наведена на рис. 1.

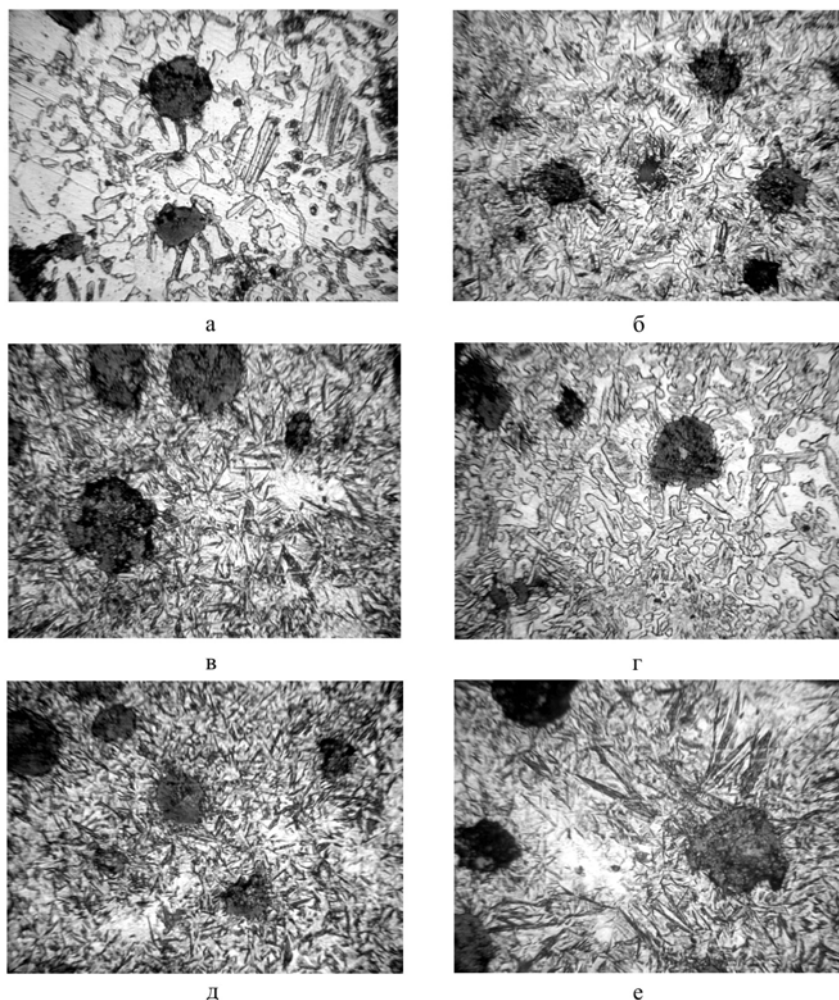


Рис. 1. Мікроструктура ВЧКГ після гартування в маслі. а – в – від температури аустенітизації 860, 880, 920 °С з витримкою 20 хв, г – е – від температури аустенітизації 860, 880, 920 °С з витримкою 40 хв. (x 500).

З рис. 1 а – в бачимо, що із збільшенням витримки при температурі аустенізації 860 °С від 20 хв. до 60 хв. в структурі залишається близько 10 % фериту, оскільки при цьому температура аустенізації 860 °С недостатня для гартування БВЧКГ, так як при температурі аустенізації перехід всього фериту в аустеніт не завершений. Твердість після гартування від температури аустенізації 860 °С при витримці від 20 хв до 60 хв має тенденцію до зростання від 48 - 49 до 50 - 51 HRC, а після відпуску при температурі 320 °С – від 44 до 46 HRC.

При температурі аустенізації 880 °С кількість фериту різко зменшується до 8 % при витримці 20 хв а після витримки 40 хв залишаються тільки сліди фериту – до 2 %. Після гартування від температури 880 °С з витримкою 40 хв структура складається з дрібногочастого мартенситу, кулястого графіту та слідів фериту. Практично такою ж структура залишається і після витримки 60 хв. Твердість після гартування від температури аустенізації 880 °С при витримці від 20 хв до 60 хв має тенденцію до зростання від 56 - 57 до 58 – 59 HRC, а після відпуску при температурі 320 °С залишається практично на рівні 48 – 50 HRC.

Після гартування від температури аустенізації 920 °С з витримкою 20 хв в структурі ще зберігаються сліди фериту, а при збільшенні витримки до 40 – 60 хв в структурі з'являється аустеніт залишковий. Після гартування від температури аустенізації 920 °С при всіх витримках від 20 до 60 хв структура складається з крупногочастого мартенситу і кулястого графіту.

Твердість після гартування від температури 920 °С при витримці від 20 до 60 хв в зв'язку з появою залишкового аустеніту має тенденцію до зниження від 58 до 55 HRC, а після відпуску при температурі 320 °С залишається практично на рівні 49 – 51 HRC.

З аналізу мікроструктури (рис. 2) і даних твердості за оптимальний режим гартування були прийняті наступні параметри: температура аустенізації 880 °С, витримка 40 хв.

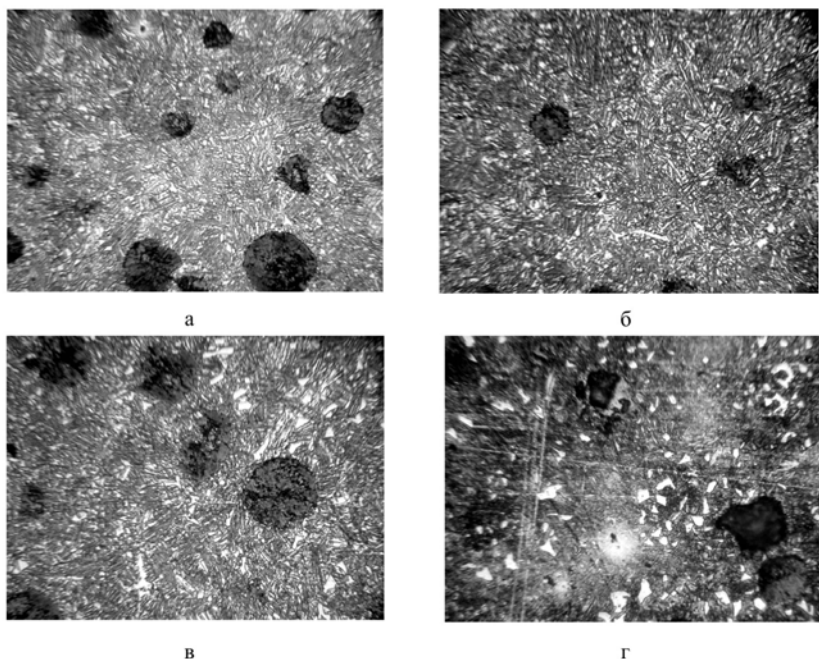


Рис. 2. Мікроструктура БВЧКГ після аустенізації при температурі 890 °С з витримкою 30 хв. а – в – гартування в олові від температури 310 °С з ізотермічною витримкою: а – 1 год, б – 2 год, в – 3 год, г – гартування в маслі, відпуск при температурі 320 °С з витримкою 2 год. (х 500).

Враховуючи, що ізотермічне гартування лемешів буде проходити в умовах термічного цеху, для вивчення мікроструктури і механічних властивостей гартування проводили від 890 ± 10 °С з витримкою 30 – 60 хв. Ізотермічну обробку зразків проводили в розплаві олова при температурах 310 ± 10 і 350 ± 10 °С з витримкою по 1, 2 і 3 години.

Мікроструктура матриці БВЧКГ після ізотермічного гартування в олові (рис. 2 а – г) при температурі 310 °С складається з дрібногочастого бейніту і кулястого графіту, а після звичайного гартування з відпуском при температурі 320 °С і витримкою 2 години мікроструктура матриці складається з мартенситу відпуску і кулястого графіту (рис. 2 г).

Мікроструктура матриці БВЧКГ після ізотермічної обробки в олові при температурі 350 °С (рис. 3 а – в), складається з крупногочастого бейніту і кулястого графіту, а після звичайного гартування (рис. 3 г) з відпуском при температурі 340 °С з витримкою 2 години мікроструктура матриці складається з трооститу і кулястого графіту.

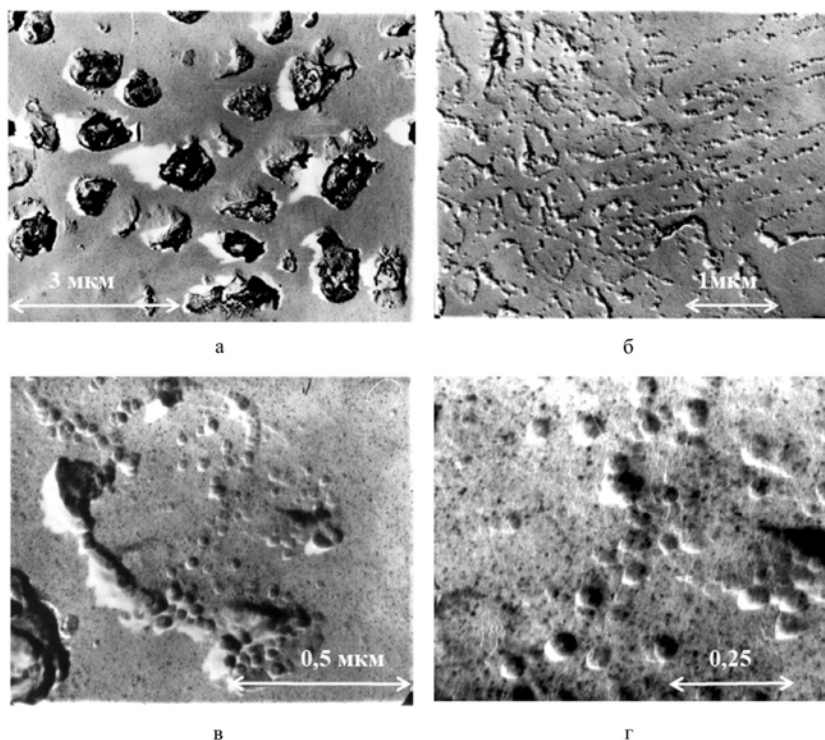


Рис. 3. Мікроструктура БВЧКГ після аустенізації від температури 890 °С з витримкою 30 хв, а – в – гартування в олові від температури 350 °С з ізотермічною витримкою: а – 1 год, б – 2 год, в – 3 год, г – гартування в маслі, відпуск при температурі 340 °С з витримкою 2 год. (х 500).

Лемеші при оранці працюють в умовах великих динамічних навантажень і зношування. Ресурс роботи лемешів в першу чергу залежить від показників механічних властивостей матеріалу.

Після звичайного гартування в маслі (табл. 1) міцність, ударна в'язкість і пластичність БВЧКГ в 1,8 – 1,9 рази нижчі порівняно з ізотермічним гартуванням. Порівняння цих показників свідчить про доцільність застосування останнього.

Таблиця 1
Механічні властивості та структура зразків ВЧКГ після різних видів термічної обробки

Зразок	Умови гартування			Механічні властивості				Структура	Фазовий склад
	Температура аустенізації, °С	Температура, °С, та середовище гартування	Витримка, год	Твердість НРС	КСУ, Дж/см ²	σ_b , МПа	δ , %		
1.1	890 (30 хв)	20, масло, (відпуск 320)	2	47,8	56	620	4,0	Фсліди+М відпуску +КГ	М відпуску - дрібно-голчастий, 98 %; Фсліди - до 2 %
1.2		20, масло, (відпуск 340)	3	45,0	61	640	4,6	Фсліди+Т +КГ	
2.11		310 (олово)	1	34,8	32	610	3,8	Б+А зал+КГ	Б - 70-75 %; А залишковий до 25 %; КГ
2.21		310 (олово)	2	35,0	104	1080	5,8	Б+А зал+КГ	
2.31		310 (олово)	3	35,5	125	1150	8,8	Б+А зал+КГ	
2.32		310 (олово)	3	35,6	130			Б+А зал+КГ	
3.11		350 (олово)	1	34,0	135	1160	8,4	Б+А зал+КГ	
3.12		350 (олово)	1	34,3	132	1180	8,4	Б+А зал+КГ	
3.22		350 (олово)	2	33,0	115	1140	8,6	Б+А зал+КГ	
3.31		350 (олово)	3	33,5	103			Б+А зал+КГ	
3.32	350 (олово)	3	33,8	137	1120	9,1	Б+А зал+КГ		

Як відомо [1, 2] наявність залишкового аустеніту в мікроструктурі БВЧКГ впливає на механічні характеристики чавуну. Метастабільний залишковий аустеніт в процесі роботи при навантаженнях може перетворюватись в мартенсит і впливати на механічні властивості робочої поверхні, підвищуючи зносостійкість виробу. Кількість залишкового аустеніту після різних режимів гартування визначали методом рентгеноструктурного аналізу.

Після ізотермічного гартування в олові при температурі 310 °С і витримці 1 година кількість залишкового аустеніту становить приблизно 37 %. Зі зростанням і витримки від 1 до 3 годин кількість залишкового аустеніту збільшується і становить 45 % після витримки 3 години. На рис. 4 наведено фрагменти рентгенограм, які характеризують фазовий склад

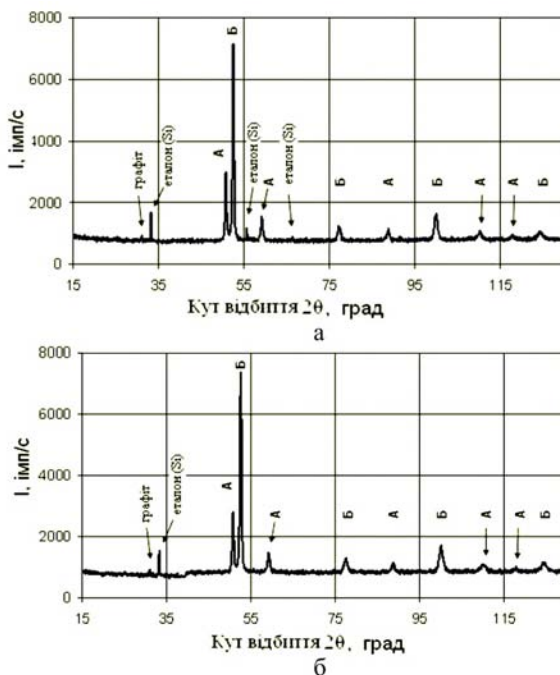


Рис. 4. Фрагменти рентгенограм зразків БВЧШГ після гартування в олові від температури 350 °С (а) та 310 °С (б) після витримки 3 год. А – аустеніт; Б – бейніт.

Термічна та хіміко-термічна обробка

металу зразків БВЧШГ після ізотермічного витримування в олові при температурі 310 °С та 350 °С протягом 3 годин. Кількість залишкового аустеніту після гартування при температурі 310 °С і витримки 3 години складає 45 %, а після гартування при 350 °С – 35 %.

Лабораторні випробування зносостійкості дослідних зразків дозволяли використовувати різні абразивні середовища, які моделюють зношування лемешів при орних роботах у різних ґрунтах. Зносостійкість досліджуваних матеріалів визначали ваговим методом. Для порівняння використовували данні по зменшенню ваги зразка, який вирізався з серійного лемеша. Втрата ваги дослідних зразків після випробування представлена в табл. 2.

Таблиця 2
Відносне зношування зразків на ґрунтах з різною абразивністю після різних видів термічної обробки

Характеристика зразка	Ваговий знос зразків, $J_{об}$ (мг/км)			
	Пісок ярний (сухий)	Глинисті землі	Пісок ярний	Чорнозем
Гартування, масло, $t=890\text{ }^{\circ}\text{C}$, 30 хв + відпуск (320 °С, 3 год)	93,1	44,0	42,2	2,9
Ізотермічне гартування, 310 °С, 3 год	49,0	32,4	28,9	2,4
Ізотермічне гартування, 350 °С, 2 год	24,7	37,0	22,4	1,7
Ізотермічне гартування, 350 °С, 3 год	20,3	28,9	21,4	1,1
Ізотермічне гартування, лужна ванна, 220 °С, 2 год	84,8	32,4	51,0	1,5
Метал серійного сталевого лемеша	309,4	74,2	140,4	2,52

Оптимальним режимом термообробки для виробництва литих лемешів з високоміцного чавуну запропонованого хімічного складу, як матеріалу, що значно перевищує за своїми показниками лемішну сталь, є ізотермічне гартування при температурах 340 – 350 °С при витримці не менш, ніж 2 години. При цьому аустенізація повинна проходити при температурі 880 – 890 °С. В структурі вихідного чавуну не повинно бути первинної карбідної фази (відбілу). Польові випробування литих лемешів з бейнітного чавуну показали, що їх ресурс дозволяє обробити 80 – 100 га порівняно зі сталевими лемешами з наплавкою леза сормайтотом 40 га.

Література

1. Бобро Ю.Г., Пивоваров В.М. Изотермическая закалка чугунок. – Харьков.: Прапор, 1968. – 109 с.
2. Волощенко М.В., Коробко Б.П. Эффективность производства и применения высокопрочного чугунок. – Киев: УкНИИНТИ Госплана УССР, 1990. – 73 с.
3. Gundlach R.B. // Giesserei-Praxis. – 1984. – № 19. – S. 317 – 333.
4. Motz I.M., Kress E. // Thyssen Technologien. – 1995. – № 1. – S. 50 – 56.
5. Forrest R.D. // Foundry Trade J. Int. – 1983. – № 8. – P. 138 – 142.
6. Chobaut Jean-Paul, Brenot Pascal // Hommes et fonderie. – 2000. – № 304. – P. 14 – 19.

Одержано 20.07.09

С.М. Волощенко, В.И. Ульшин, М.Г. Аскеров, Н.Д. Бега, С.В. Ульшин

Термическая обработка лемехов из высокопрочного чугуна

Резюме

Изложены результаты исследований фазового состава, структуры и свойств высокопрочных чугунов в зависимости от режимов термообработки. Приведены также данные по влиянию термообработки на триботехнические свойства бейнитного чугуна с шаровидным графитом в сравнении с лемешной сталью с точки зрения использования этого материала для производства литых лемехов.

S.M. Voloshchenko, V.I. Ul'shyn, M.H. Askerov, N.D. Bega, S.V. Ul'shyn

Thermal treatment of ploughshare from high strength irons

Summary

The results of research of phase composition, structure and characteristics of high strength irons depending on the regimes of thermal treatment are presented. Also the data concerning the effect of thermal treatment on wear-resistant characteristics of bainitic iron with globular graphite in comparison with ploughshare steel from the point of view of using this material for cast ploughshare manufacturing are shown.

Вітання ювіляру!



*Поздоровляємо члена редколегії нашого журналу,
завідувача відділом ФТІМС НАН України,
доктора філософії (Ph.D.)*

Гнилоскуренка Святослава Віталійовича

з 40-річчям від дня народження !

Зичимо доброго здоров'я, щастя, творчих успіхів.

Редакційна колегія

