

ВПЛИВ ІЗОТЕРМІЧНОГО ГАРТУВАННЯ НА ФАЗОВИЙ СКЛАД БІЛОГО ВИСОКОХРОМИСТОГО ЧАВУНУ 28X32НЗФ

В. З. Куцова, М. А. Ковзель, А. В. Гребенєва, О. О. Величко

Національна металургійна академія України

В дійсний час одним з найбільш дієвих способів підвищення експлуатаційних характеристик високохромистих чавунів є термічне зміцнення. Відомо, що властивості чавунних виливок можуть бути поліпшені за рахунок термічної обробки на бейніт в твердому стані.

Високохромисті сплави використовуються для виготовлення прокатних валків, плит бронезахисту, лопаток дрібнометних установок, шарів, що мелють, а також з них виготовляють прокатний інструмент (калібри і оправки для прокатки труб). Відомо, що такі вироби мають бути жароміцними, адже вони експлуатуються при підвищених температурах.

Проте, дані про вплив температури на фазовий склад в дослідних чавунах з високим вмістом хрому (30-35%) практично відсутні. в сучасній літературі. Крім того, тільки незначна частина робіт присвячена можливостям термічної обробки і фазовим та структурним перетворенням, які відбуваються в твердому стані.

Розробка нових раціональних для чавуну даного складу режимів термічного зміцнення потребує ретельного експериментального вивчення закономірностей структуроутворення, виявлення взаємозв'язку між параметрами термічної обробки, структурою, що формується з одного боку, і характеристиками механічних і службових властивостей з іншого.

Об'єктом досліджень в даній роботі слугували зразки білого чавуну, хімічний склад якого наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Хімічний склад дослідного сплаву

Хімічний склад, %									
C	Cr	Ni	V	Mn	Si	Cu	S	P	Fe
2,7- 3,0	30,0- 35,0	2,5- 3,0	0,2- 0,3	0,3- 0,6	1,2 %	0,4 %	0,045 %	0,045 %	56, 0

Мікроструктуру зразків чавуну виявляли у реактиві Гросбека. Дослідження мікроструктури здійснювали за допомогою оптичного мікроскопу "Neophot-21".

Термічну обробку обирали за наступною схемою: аустенітизація при 1050°C впродовж 1 години в атмосфері проточного аргону, потім зразки переносили до ванни для ізотермічної витримки при температурі 350°C з послідовним гартуванням у воді.

Мікротвердість фаз та структурних складових визначали за допомогою мікротвердоміру ПМТ-3 за стандартною методикою. Фазовий склад зразків вивчали на дифрактометрі ДРОН-3М в FeK_{α} - випромінєнні.

В даній роботі вивчена структура, фазовий склад, мікротвердість структурних складових зразків високохромистого чавуну 28X32НЗФ в литому стані та після термічної обробки.

Закономірності структуроутворення при термічній обробці досліджуваного чавуну вивчали на зразках, підданих аустенізації при температурі 1050°C впродовж 60 хвилин і ізотермічній витримці в проміжному інтервалі температур відповідно до режимів розроблених раніше для високохромистих чавунів [1, 2].

На рис. 1 приведена мікроструктура досліджуваного чавуну в литому і термообробленому стані при кімнатній (+20°C) та підвищеній (950°C) температурі. При підвищеній температурі структура більш дрібнодисперсна як в литому, так і в термообробленому стані. Залишковий аустеніт зазнає розпад на ферит, карбід хрому Cr_7C_3 та цементит Fe_3C . Найбільшою дисперсністю характеризується структура литого чавуну при температурі (950°C) (рис. 1 б).

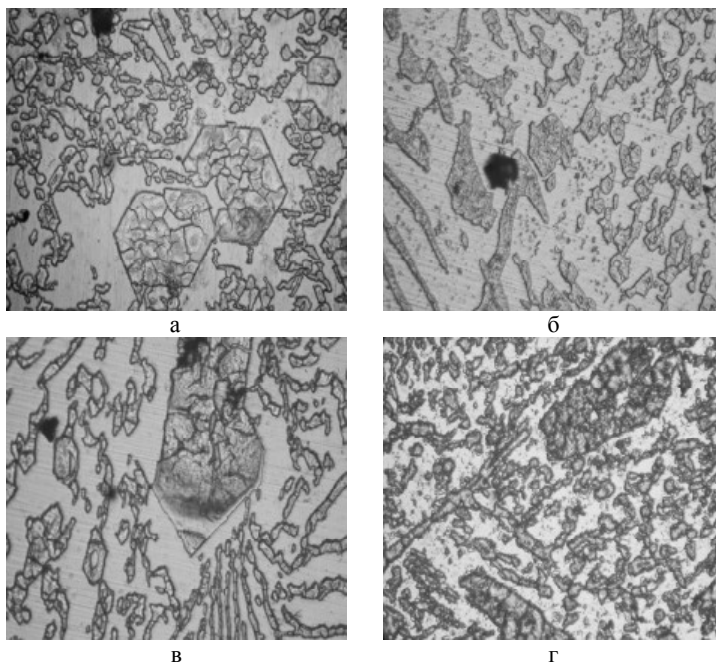


Рис. 1. Мікроструктури дослідних зразків високохромистого чавуну із вмістом хрому 30% в литому (а – при температурі випробування +20°C; б – при температурі випробування 950°C) і термообробленому стані за режимом: $T_{ауст}=1050^{\circ}C$, $\tau_{ауст}=1$ год.; $T_{ізот}=350^{\circ}C$, $\tau_{ізот}=3$ год. (в – при температурі випробування +20°C; г – при температурі випробування 950°C) $\times 1000$

Мікроструктура дослідних зразків високохромистого чавуну 28X32Н3Ф в литому і термообробленому стані, добре узгоджуються з даними рентгеноструктурного аналізу.

Термічна обробка та температура випробування досліджуваного чавуну призводить до зміни його фазового складу [3]. На рисунках 2 і 3 приведені ділянки дифрактограм досліджуваних зразків високохромистого чавуну в литому і термообробленому стані при кімнатній та підвищеній температурі. Відмінності у фазовому складі вивчених чавунів полягають в зміні кількісного співвідношення залишкового аустеніту і утворенні фериту з різною мірою недосконалості. Фазовий рентгеноструктурний аналіз демонструє, що в литому стані при підвищеній температурі експлуатації (рис. 2 б) в структурі присутній цементит Fe_3C , наявність якого небажана. В той же час в термообробленому стані (рис. 3) Fe_3C присутній при кімнатній температурі випробувань (+20°C), проте його кількість значно менше в порівнянні з литим станом, а при температурі 950°C карбід Fe_3C в структурі відсутній. В термообробленому стані як при температурі випробувань +20°C, так і при 950°C крім Cr_7C_3 присутній карбід $Cr_{23}C_6$ причому з підвищенням температури його кількість зростає. Змінюється також кількісне співвідношення твердих розчинів α -Fe і γ -Fe.

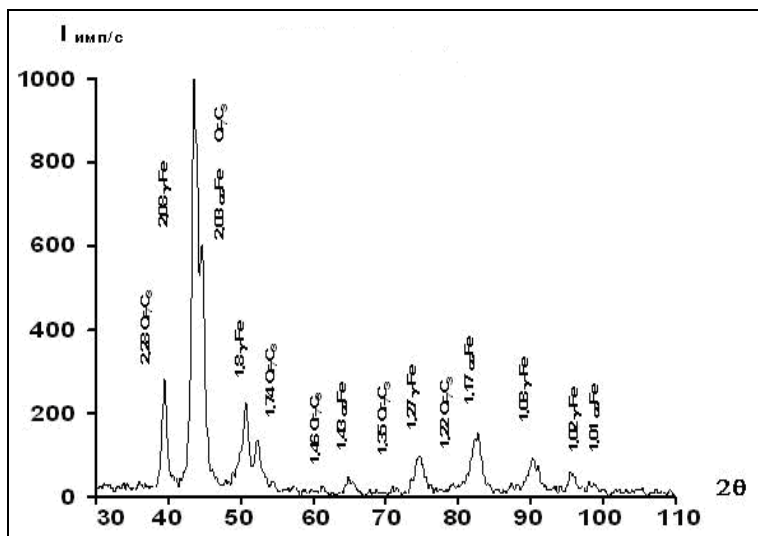
Таблиця 2

Дані рентгеноструктурного аналізу дослідного чавуну після різних режимів термічної обробки

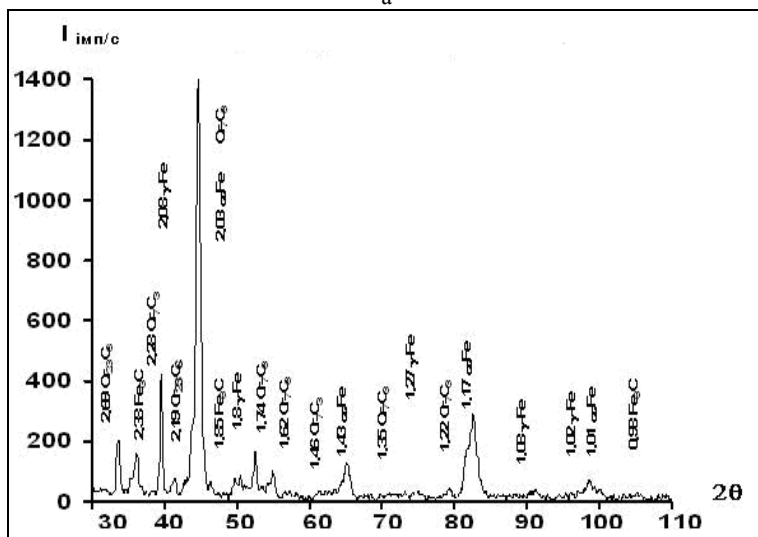
Стан дослідного чавуну	a_α по (011) α	a_γ по (022) γ	Ступінь недосконалості α – фази ($\beta_{0,5}$)	% γ , в матриці
литий при температурі +20°C	2,87	3,59	0,43	52
литий при температурі 950°C	2,87	3,60	0,67	45
$T_{ауст} = 1050^\circ C, \tau = 1$ год., $T_{ізот} = 350^\circ C, \tau = 5$ год. при температурі +20°C	2,87	3,59	0,76	46
$T_{ауст} = 1050^\circ C, \tau = 1$ год., $T_{ізот} = 350^\circ C, \tau = 5$ год. при температурі 950°C	2,88	3,60	0,83	40

Порівняльні дані рентгеноструктурного аналізу дослідних чавунів приведені в таблиці 2: значення $\beta_{0,5}$ лінії (011) α , що характеризують ступінь недосконалості α -фази, яка присутня у сплаві у вигляді фериту; кількість аустеніту, що не розпався (% γ); параметр залишкового аустеніту (a_γ) і параметр α -фази (a_α).

Як виходить з даних таблиці 2, високохромистий чавун в вихідному (литому) стані при кімнатній (+20°C) температурі характеризується α -фазою, ступінь недосконалості ($\beta_{0,5}$) ґратки якої мала – 0,43, параметр ґратки α -фази (a_α) – 2,87. Тоді як зразки дослідного чавуну при підвищеній (950°C) температурі мають α -фазу, ступінь недосконалості ($\beta_{0,5}$) ґратки якої значно вище – 0,67, параметр ґратки α -фази (a_α) – 2,87.

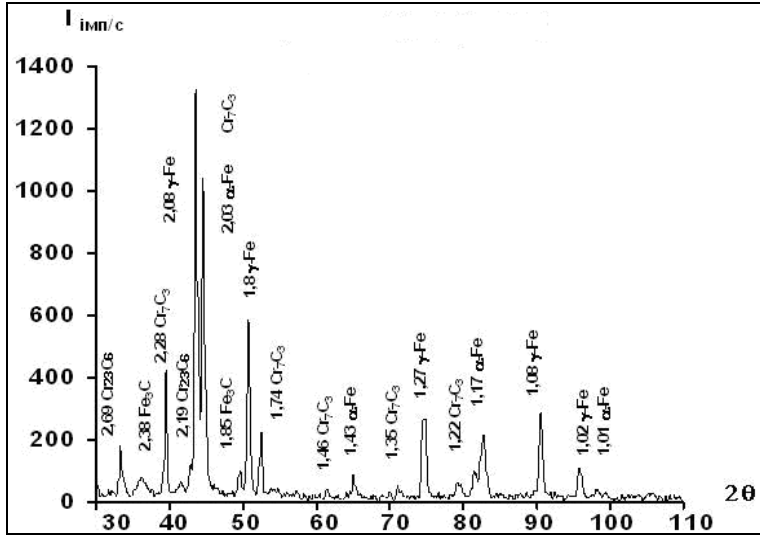


а

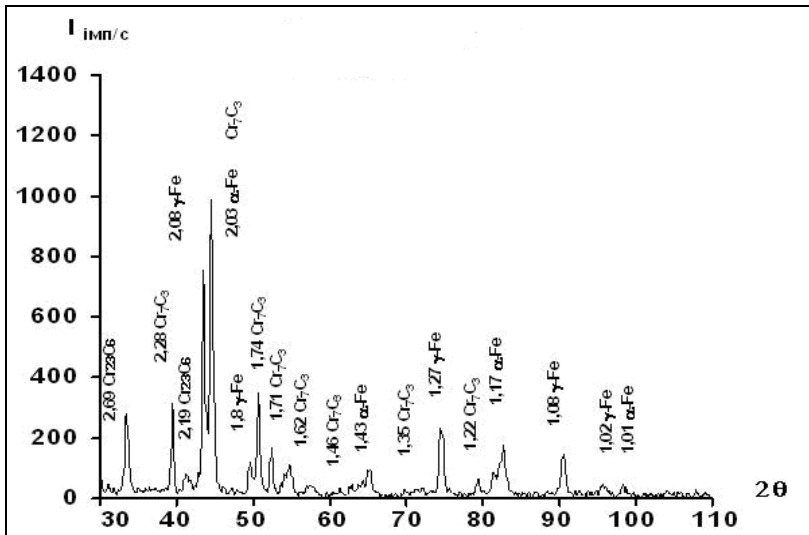


б

Рис. 2. Ділянки дифрактограм дослідного чавуну 28X32H3Ф в литому стані (а – при температурі випробувань +20°C, б – при 950°C)



а



б

Рис. 3. Ділянки дифрактограм дослідного чавуну 28X32N3Ф в термообробленому стані (в – при температурі випробувань +20°C, г – при 950°C)

Разом з цим в структурі термообробленого чавуну за оптимальним режимом, при кімнатній температурі присутня α -фаза, ступінь недосконалості ($\beta_{0,5}$) ґратки якої висока: 0,76, а параметр ґратки (a_α) цієї α -фази – 2,87. Дослідний термооброблений чавун має α -фазу, ступінь недосконалості ($\beta_{0,5}$) ґратки якої найвища – 0,83, параметр ґратки α -фази (a_α) – 2,88.

Кількість залишкового аустеніту коливається в межах 40-52% в залежності від стану та температури зразків. Мінімальна кількість залишкового аустеніту (40%) спостерігається в структурі термооброблених чавунів при температурі 950°C. А максимальна його кількість (52%) фіксується в литому стані при кімнатній температурі.

Дані вимірів мікротвердості карбиду Cr_7C_3 і продуктів розпаду аустеніту, а також твердості дослідного чавуну в литому і термообробленому стані приведені в таблиці 3.

Таблиця 3.

Мікротвердість продуктів розпаду аустеніту, евтектичних карбідів і твердість дослідного чавуну в литому і термообробленому стані при кімнатній та при підвищеній температурі

Стан дослідних зразків	Температура випробувань, °C	Продукти розпаду аустеніту, МПа	Мікротвердість карбиду Cr_7C_3 , МПа	Твердість, НВ
литий	+20	3285	18920	444-461
литий	950	3062	16484	185-190
$T_{\text{ауст}}=1050^\circ\text{C}$, $\tau_{\text{ауст}}=1\text{год.}$; $T_{\text{ізот}}=350^\circ\text{C}$, $\tau_{\text{ізот}}=3\text{год.}$	+20	4471	26281	555
$T_{\text{ауст}}=1050^\circ\text{C}$, $\tau_{\text{ауст}}=1\text{год.}$; $T_{\text{ізот}}=350^\circ\text{C}$, $\tau_{\text{ізот}}=5\text{год.}$	950	4121	19475	260-265

Максимальну мікротвердість продуктів розпаду аустеніту та надлишкових карбідів Cr_7C_3 забезпечує ізотермічне гартування литого високохромистого чавуну при температурі аустенізації 1050°C і ізотермічною витримкою 350°C в продовж 3 годин при температурі випробувань +20°C. При кімнатній температурі різниця в показниках мікротвердості карбиду Cr_7C_3 термообробленого і литого чавуну складає 7361 одиниць, а при підвищеній – 2991 МПа. Максимальну твердість також має

термообработанный чугун при комнатной температуре испытаний. Показатели твердости срезов в литом состоянии и после предложенного режима термической обработки при температуре испытаний $+20^{\circ}\text{C}$ различаются \approx на 100 единиц, а при температуре 950°C – на 75 единиц.

Таким образом, лучше использовать дослідний чугун який пройшов термічну обробку за запропонованим режимом, адже твердість і мікротвердість в цьому випадку значно вища, ніж в литом стані, як при кімнатній, так і при підвищеній температурі випробувань.

ВИСНОВКИ

Вивчено вплив стану і температури випробувань на структуру, фазовий склад, твердість і мікротвердість зразків білого високохромистого чавуну 28X32H3Ф. Показано, що:

- при підвищеній температурі структура більш дрібнодисперсна як в литом, так і в термообробленому стані;

- в термообробленому стані Fe_3C присутній при кімнатній температурі випробувань ($+20^{\circ}\text{C}$), проте його кількість значно менше в порівнянні з литим станом, а при температурі 950°C карбід Fe_3C в структурі взагалі відсутній;

- в результаті термічної обробки, як при температурі випробувань $+20^{\circ}\text{C}$, так і при 950°C крім Cr_7C_3 присутній карбід Cr_{23}C_6 причому з підвищенням температури його кількість зростає;

- термічна обробка призводить до підвищення ступеню недосконалості α – фази ($\beta_{0,5}$);

- максимальною твердістю та мікротвердістю продуктів розпаду аустеніту та надлишкових карбідів Cr_7C_3 характеризується ізотермічно загартований високохромистий чугун при температурі аустенітизації 1050°C і ізотермічною витримкою 350°C в продовж 3 годин при кімнатній температурі випробувань.

Використана література

1. Пат. 59272 А, Україна, МКВ С21D 5/04. Спосіб термічної обробки високолегованого чавуну / В.З. Куцова, А.Ю. Куцов, М.А. Ковзель, Г.В. Мамченко – 20021210426; Заявл. 23.12.2002; Опубл. 15.08.2003, Бюл. №8. – 1с.
2. Пат. 69795 А, Україна, МКВ С21D 1/78. Спосіб термічної обробки відливків / В.З. Куцова, А.Ю. Куцов, М.А. Ковзель, Г.В. Мамченко – 20031211118; Заявл. 08.12.2003; Опубл. 15.09.2004, Бюл. №9. – 2с.
3. Структура, фазовый состав и распределение элементов в высокохромистых сплавах / В.З. Куцова, М.А. Ковзель, А.В. Животович // МиТОМ. – 2007. – №3. – Ч.2. – С. 10-23.