

УДК 669.15

© Нетребко В.В.*

**ОСОБЕННОСТИ МЕЖФАЗНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАРГАНЦА
В ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ЧУГУНАХ**

Показано, что распределение марганца между карбидами и металлической основой в высокохромистых чугунах зависит от содержания марганца в сплаве. Легирование карбидов марганцем повышает их твердость.

Ключевые слова: чугун, марганец, микроструктура, карбиды, микротвердость.

Нетребко В.В. Особливості розподілу марганцю поміж фазами у високохромистих чавунах. Показано, що розподіл марганцю між карбідами та матрицею у високохромистих чавунах залежить від кількості марганцю в чавуні. Легування карбідів марганцем підвищує їх твердість.

Ключові слова: чавун, марганець, микроструктура, карбіди, микротвердість.

V.V. Netrebko. The particularities of manganese distribution in high-chromium cast irons. It is established that distribution of manganese between carbides and metallic base in high-chromium cast irons depends on manganese content in the alloy. Alloying of carbides with manganese increases its hardness.

Keywords: cast iron, manganese, microstructure, carbides, micro-hardness.

Постановка проблемы. Белые износостойкие чугуны с высоким содержанием хрома являются многокомпонентными сплавами с разнообразными структурами и широким диапазоном физических и химических свойств. Химический состав карбидной фазы во многом предопределяет эксплуатационные свойства отливок. Имеющиеся к настоящему времени литературные данные о межфазном распределении легирующих элементов в высокохромистых белых чугунах не позволяют объективно оценить влияние этих элементов на процессы структурообразования и свойства указанных сплавов.

Анализ последних исследований и публикаций. При производстве белых износостойких чугунов применяются следующие системы легирования: хром, хром-никель, хром-марганец, хром-никель-марганец и др. При этом хром выполняет роль ферритообразующего и карбидообразующего элемента и основного элемента, обеспечивающего износостойкость и коррозионную стойкость, никель – аустенитообразующего элемента, повышающего вязкость разрушения, марганец – аустенитообразующего, стабилизирующего аустенит и карбидообразующего элемента [1-4]. По сродству к углероду марганец занимает промежуточное положение между хромом и железом. Кроме этого, известно использование марганца как частичного заместителя никеля.

Марганец, обладая большим сродством к углероду, замещает железо в цементите и карбидах хрома, при этом образуются железо-хромистые карбиды, легированные марганцем. Изменение химического состава карбидов по хрому и марганцу приводит к изменению их свойств и, как следствие, оказывает влияние на эксплуатационные свойства сплава. Влияние марганца на структуру и свойства чугунов описано в литературе [5-9] не в полной мере, что требует проведения дополнительных исследований.

Цель работы заключалась в определении межфазного распределения марганца и влияния его на процессы карбидообразования, изменение химического состава и свойств карбидов в высокохромистых чугунах.

Материал и методики исследований. Объектом исследований были чугуны состава, масс. %: углерод 3,0-3,5; хром 16,5-18,0; никель 0,98-2,11; кремний 0,8-1,1; марганец 0,71-5,89. Чугун выплавляли в индукционной печи емкостью 60кг с основной футеровкой. Температура жидкого чугуна при заливке в сухие песчаные формы составляла 1410...1430°C. В процессе фракционного легирования металлическим марганцем были получены сплавы, содержащие от

* докторант, ГВУЗ «Запорожский национальный технический университет», г. Запорожье

0,71 до 5,89 % Mn. Для виявлення структурних составляючих применяли травитель Марбле. После травления α - фаза имела черный фон, а γ - фаза - светлый. Оценка микроструктуры осуществлялась с использованием методов количественной металлографии. Методами микрорентгеноспектрального анализа на микроскопе РЕМ 106И исследовали изменение химического состава металлической основы и карбидной фазы, анализ структуры выполняли на оптическом микроскопе МИМ-8, микротвердость структурных составляючих измеряли на приборе ПМТ-3 и Duramin-1, макротвердость сплава – на твердомере Роквелла.

Изложение основного материала. Структура исследуемых высокохромистых чугунов состояла из легированной металлической основы и карбидов (рис.1). При этом по мере увеличения содержания марганца в сплаве происходило увеличение количества карбидной фазы с 22 при содержании марганца 0,71% до 30 % при 5,89 % Mn и укрупнение карбидов (рис.2).

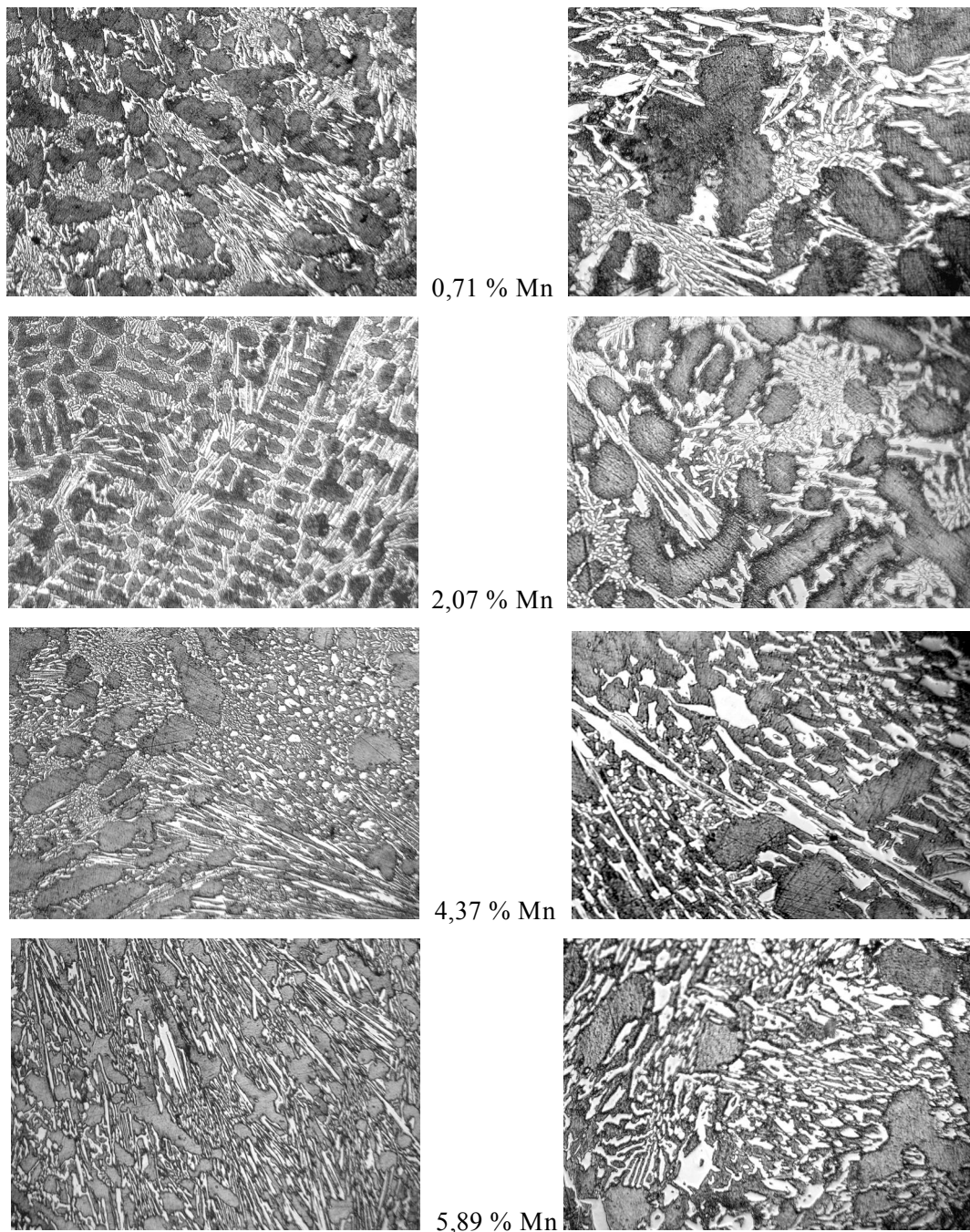


Рис. 1 – Типичные микроструктуры высокохромистых чугунов с различным содержанием марганца: слева x150, справа x370

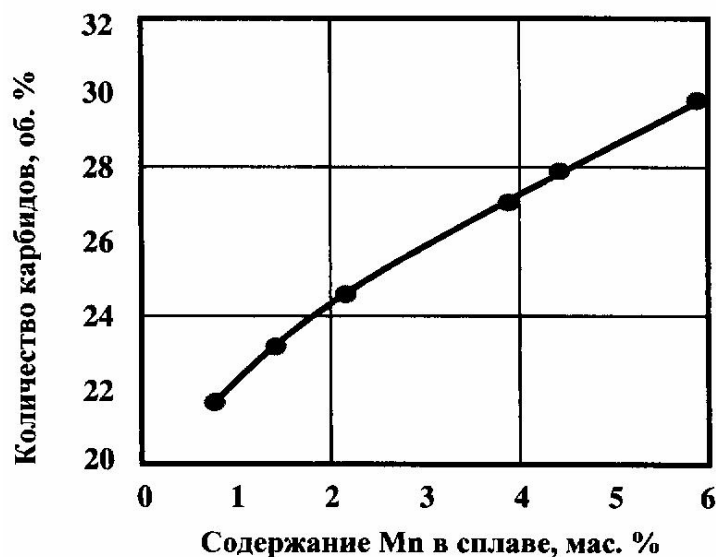


Рис. 2 – Влияние марганца на количество карбидов в высокохромистых чугунах

Увеличение содержания марганца в сплаве также привело к существенным изменениям химического состава карбидов: в них снижалось содержание железа и увеличивалось содержание марганца при незначительном увеличении содержания хрома (рис.3). При этом суммарное количество карбидообразующих элементов практически не изменялось и составляло $93,5 \pm 1 \%$.

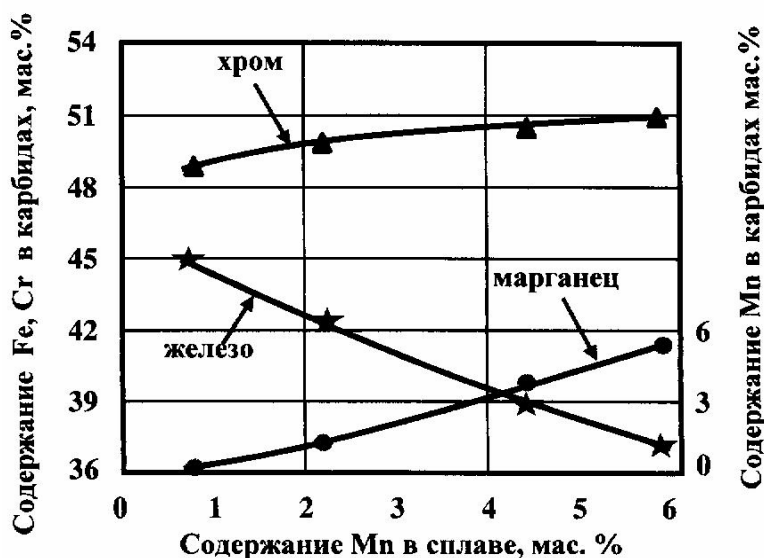


Рис. 3 – Влияние количества марганца в сплаве на содержание Cr, Fe, Mn в карбидах

Анализ химического состава карбидов и металлической основы показал, что имеет место специфическое распределение легирующих элементов между структурными составляющими, зависящее от количества легирующего элемента.

Соотношение марганца в карбидах ($Mn_{кар}$) к марганцу в основе ($Mn_{осн}$) изменялось в зависимости от количества марганца в сплаве (рисунок 4). При содержании марганца в сплаве 0,71 %, он незначительно присутствовал в карбидах, соотношение $Mn_{кар}/Mn_{осн}$ при этом составило 0,28. По мере увеличения количества марганца в сплаве соотношение $Mn_{кар}/Mn_{осн}$ возрастало и достигало 0,96 при 4 % марганца и практически оставалось неизменным при увеличении содержания марганца до 5,89 %.

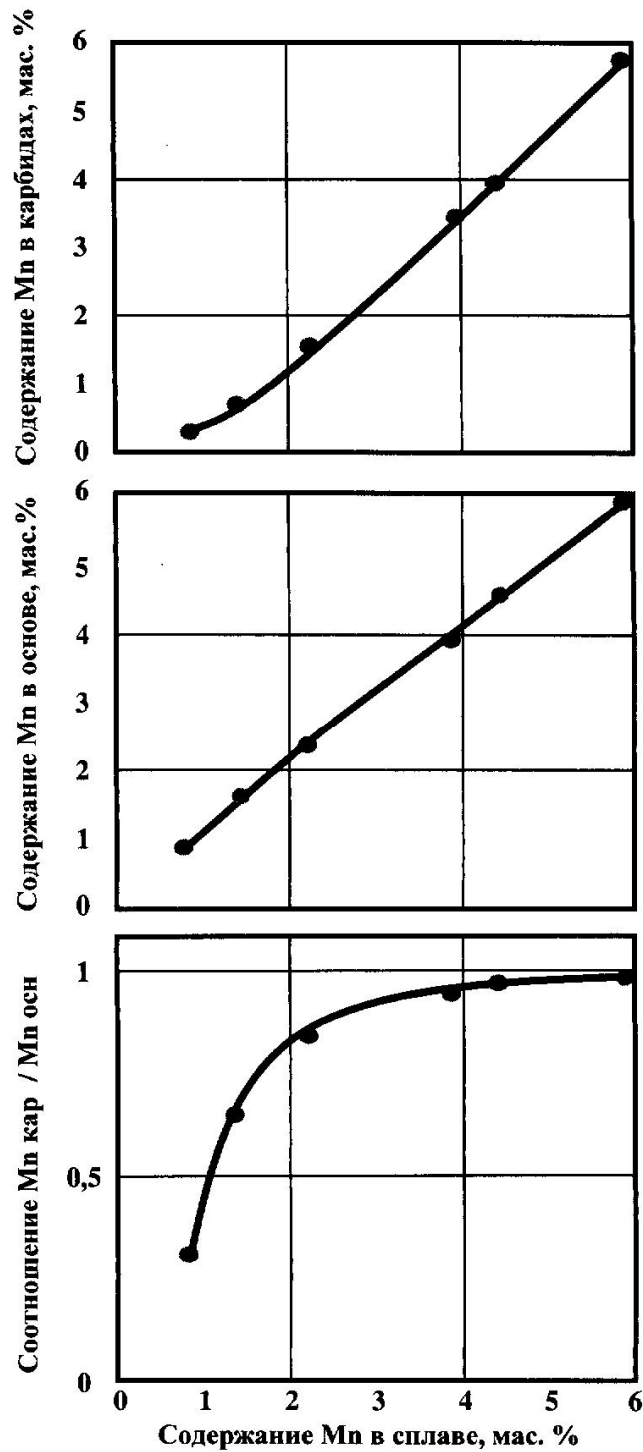


Рис. 4 – Влияние содержания Mn на его распределение между карбидами и металлической основой

Методами микрорентгеноспектрального анализа обнаружено наличие кремния и никеля в составе карбидов. Соотношение $S_{i_{кар}}/S_{i_{осн}}$ составило 0,3 при содержании кремния около 1 % в сплаве. Никель, при содержании до 0,98 % в сплаве, практически не наблюдался в карбидах. При увеличении никеля до 2,11 % соотношение $Ni_{i_{кар}}/Ni_{i_{осн}}$ составило 0,1.

Изменения химического состава структурных составляющих вызвало изменение их микротвердости и, соответственно, макротвердости сплава (рисунок 5). При увеличении содержания марганца от 0,71 до 4,37 % наблюдалось одновременное увеличение микротвердости карбидов и металлической основы, что сопровождалось увеличением твердости сплава (HRC). Увеличение

твердости чугуна объясняется увеличением количества карбидов и α -фазы [10]. При содержании марганца свыше 4,37 % начало преобладать его аустенитообразующие действие. При 5,89 % марганца металлическая основа была полностью аустенитной, это вызвало снижение микротвердости металлической основы и привело к снижению макротвердости сплава.

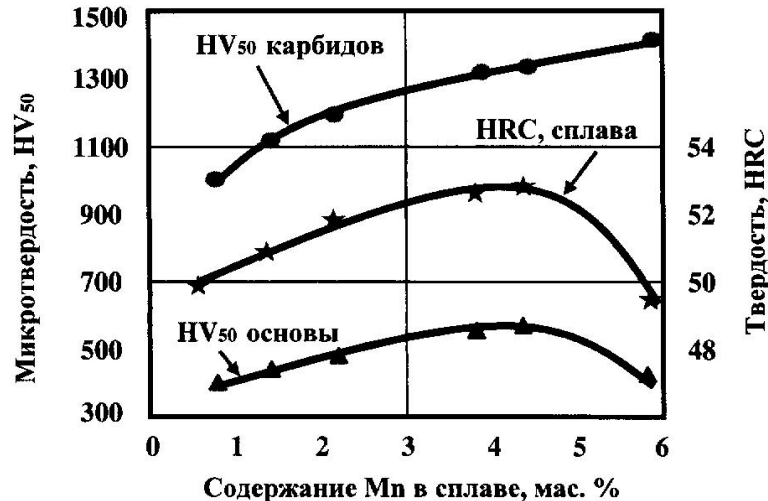


Рис. 5 – Влияние марганца на твердость чугуна и микротвердость структурных составляющих

Проведенные исследования показали существенное влияние марганца на химический состав карбидов и механические свойства высокохромистых чугунов.

Выводы

1. Установлено, что Mn замещает Fe в составе карбидов в высокохромистом чугуне, при увеличении содержания Mn с 0,7 до 5,9 % содержание Fe в карбидах снижалось с 45 до 37 %, содержание Mn возрастало с 0 до 6 %.
2. С ростом содержания марганца в исследуемых пределах имело место увеличение количества карбидов с 22 % до 30 % при одновременном повышении их микротвердости.
3. Легирование марганцем в количествах до 3,8-4,5 % способствовало повышению твердости металлической основы, более высокие содержания марганца приводили к образованию аустенитной структуры и, соответственно, снижению ее микротвердости и макротвердости (HRC) сплава.
4. Результаты исследований показали, что с точки зрения твердости Fe-Cr-Mn чугунов оптимальным является содержание марганца, равное 3,8-4,5 %.

Список использованных источников:

1. Гарбер М.Е. Отливки из белых износостойких чугунов / М.Е. Гарбер. – М.: Машиностроение. 1972. – 112 с.
2. Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства / И.И. Цыпин. – М.: Металлургия. 1983. – 176 с.
3. Герек А. Легированный чугун – конструкционный материал / А. Герек, Л. Байка. – М.: Металлургия. 1978. – 208 с.
4. Комаров О.С. Высокохромистый чугун как материал для быстро изнашиваемых деталей машин / О.С. Комаров [и др.] // Литейное производство. – 2008. – № 2. – С.2-4.
5. Иванов Д. Абразивна стійкість проти спрацювання високохромистого чавуну / Д. Иванов, О. Митяев // Машинознавство. – 2000. – №10. – С.22-25.
6. Капустин М.А. Оптимизация химического состава износостойкого чугуна для литых мелющих шаров / М.А. Капустин, И.А. Шестаков //Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 1999. – №2. – С.32-33.
7. Гудремон Э. Специальные стали / Э. Гудремон. – М.: Металлургия. 1966. Т.1 – 736 с.

8. Чейлях А.П. Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии / А.П. Чейлях. – Харьков: ННЦ ХФТИ. 2003. – 212 с.
9. Кириллов А.А. Структурно и неструктурно чувствительные свойства хромистых чугунов / А.А. Кириллов [и др.] // Черные металлы. – 2007. – сентябрь. – С.7–13.
10. Волчок И.П. Влияние марганца на процессы структурообразования износостойких высокохромистых чугунов / И.П. Волчок, В.В. Нетребко // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. – Дн-вск.: ПГАСА. - 2012. - Вып. 64. – С.301–304.

Bibliography:

1. Garber M. Castings from white wear resistant cast irons / M. Garber. – М.: Mashinostroenie. 1972. – 112 p. (Rus.)
2. Tsylin I.I. White wear resistant cast irons. Structure and properties / I.I. Tsylin. – М.: Metallurgiya. 1983. – 176 p. (Rus.)
3. Gerek A. Alloy cast iron – structural material / A. Gerek, Bajka L. – М.: Metallurgiya. 1978. – 208 p. (Rus.)
4. Komarov O.S. High-chromium cast iron as a material for rapidly worn out machine parts / O.S. Komarov [and others] // Litejnoe proizvodstvo. – 2008. – № 2. – P.2-4. (Rus.)
5. Ivanov D. Abrasive resistance against high-chromium cast iron wearing out / D. Ivanov, O. Mityayev // Mashinoznavstvo. – 2000. – №10. – P.22–25. (Ukr.)
6. Kapustin M. Optimization of chemical content of wear resistant cast iron for cast grinding balls / M. Kapustin, I.Shestakov // Novi materialyitehnologii v metalurgii ta mashinobuduvanni. – 1999. – №2. – P.32–33. (Rus.)
7. Gudremon E. Special steels / E. Gudremon // М.: Metallurgiya. 1966. V. 1 – 736 p. (Rus.)
8. Chejlyah A.P. Economically alloyed metastable alloys and strengthening technologies / A.P. Chejlyah. – Charkov.: NNC HFTI. - 2003. – 212 p. (Rus.)
9. Kirillov A.A. Structurally and non-structurally sensitive properties of chromium cast irons / A.A. Kirillov [and others] // Chernye metally. – 2007. – September – P.7–13. (Rus.)
10. Volchok I. P. Manganese influence of the structure formation properties of wear resistant high-chromium cast irons / I.P. Volchok, V.V. Netrebko // Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie. Collection of scientific works.– Dnepropetrovsk.: PGASA. - 2012. - Issue 64. – P.301–304. (Rus.)

Рецензент: В.Г. Ефременко
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 18.02.2013

УДК 669.15.74. 194- 15.669.17

© Малинов Л.С.¹, Бурова Д.В.²

**ВЛИЯНИЕ ЗАКАЛКИ ИЗ МЕЖКРИТИЧЕСКОГО ИНТЕРВАЛА
ТЕМПЕРАТУР (МКИТ) И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ВЫСОКОГО ОТПУСКА НА
СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛЕЙ 40ХН И 40ХН2МА**

Приведены результаты исследований по получению хорошего сочетания механических свойств сталей 40ХН и 40ХН2МА термообработками, включающими нагрев в МКИТ, создающими в них микронеоднородную многофазную структуру.

Ключевые слова: межкритический интервал температур, мартенсит, феррит, метастабильный аустенит, закалка, высокий отпуск, механические свойства.

¹ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² аспирант ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь