

## ВЛИЯНИЕ МАРГАНЦА НА СТРУКТУРУ БЕЛЫХ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ

Приведены данные о влиянии марганца на структурообразование и твердость белого высокохромистого чугуна.

*Ключевые слова:* чугун, марганец, структура, карбиды, твердость

Белые высокохромистые чугуны широко применяются для изготовления деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного, абразивно-коррозионного и эрозионного изнашивания: грунтовых насосов, пульпопроводов, лопаток дробеметных аппаратов, футеровок шаровых мельниц и т. д. [1–4]. Легирование чугунов марганцем, никелем и другими элементами обеспечивает необходимые эксплуатационные свойства. При этом хром выполняет роль карбидообразующего элемента, никель – аустенитообразующего, марганец – как карбидо- так и аустенитообразующего элемента. По средству к углероду марганец занимает промежуточное положение между Cr и Fe. Литературные данные по применению марганца, например, [5, 6] не позволяют объективно оценить его влияние на процессы структурообразования и свойства.

Целью данной работы являлось определение влияния марганца как карбидо- так и аустенитообразующего элемента на процессы структурообразования и твердость белых высокохромистых чугунах.

Исследовали чугуны следующего химического состава, масс. %: углерод 3,4...4,0; хром 16,2...17,0; никель 1,1...1,4; кремний 0,7...1,2; марганец 0,6...5,22.

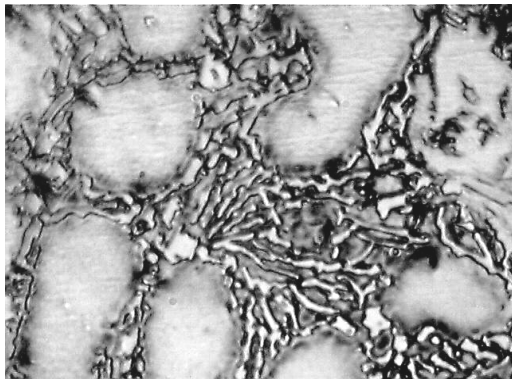
Чугун выплавляли в индукционной печи с основной футеровкой емкостью 60 кг. Температура чугуна при заливке в сухие песчаные формы составляла 1400...1430 °С. В процессе фракционного легирования металлическим марганцем были получены 4 сплава с возрастающим от 0,6 до 5,22 % марганца. Для выявления феррита и аустенита применяли травитель Марбле. После травления  $\gamma$ -фаза имела светлый фон,  $\alpha$ -фаза – черный. Методами микрорентгеноспектрального анализа на микроскопе РЕМ 106И исследовали изменение химического состава металлической основы и карбидной фазы, анализ структуры выполняли на оптическом микроскопе МИМ8, микротвердость структурных составляющих измеряли на приборе ПМТЗ, макротвердость сплава – на твердомере Роквелла.

При содержании 0,6 % марганца в структуре чугуна наблюдалась карбидная эвтектика, внутри которой и областях примыкающих к ней отмечалось наличие темной  $\alpha$ -фазы. По мере увеличения содержания марганца в сплаве количество  $\alpha$ -фазы увеличивалось. При 5,22 % марганца в чугуне  $\alpha$ -фаза не наблюдалась (рис. 1).

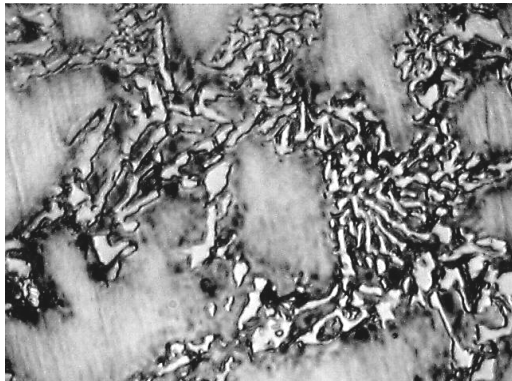
Было установлено, что по мере увеличения содержания марганца в сплаве имело место увеличение количества карбидной фазы, а также укрупнение карбидов. При образовании карбидов концентрация углерода, как сильного аустенитообразующего элемента, снижалась в областях, примыкающих к карбидной эвтектике и внутри нее. Марганец, как аустенитообразующий элемент, при содержании его до 4,0 %, не компенсировал снижение содержания углерода, что и привело к появлению  $\alpha$ -фазы. Увеличение количества  $\alpha$ -фазы достигло максимального уровня, примерно 36 об. %, при 3,82 % марганца (рис. 2).

Согласно результатам количественной металлографии, с ростом содержания марганца в сплаве количество карбидов возросло до 31 об. % при 5,22 % марганца, что объясняется его карбидообразующим свойством. При содержании более 5 % марганец проявил также свойство аустенитообразующего элемента (см. рис. 2).

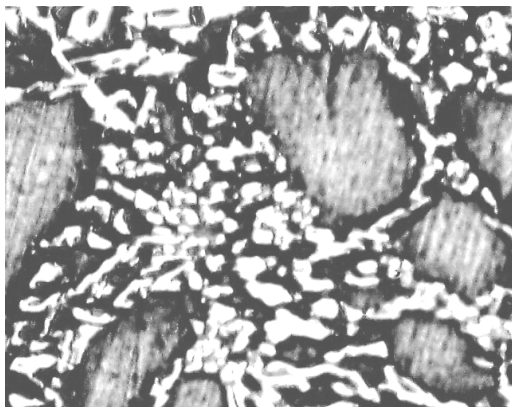
Было установлено, что увеличение содержания марганца в сплаве привело к существенным изменениям химического состава карбидов: в них снизилось содержание железа и увеличилось содержание марганца и хрома (рис. 3). При этом суммарное количество карбидообразующих элементов практически не изменялось. В связи с увеличением количества хрома в карбидах имело место незначительное обеднение твердого раствора хромом в областях, примыкающих к карбидной эвтектике и внутри нее.



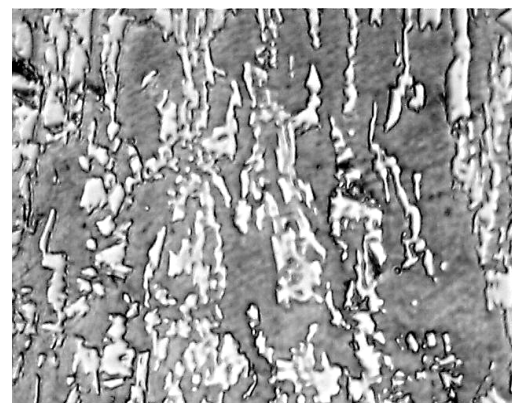
0,6 % Mn



1,7 % Mn



3,82 % Mn



5,22 % Mn

Рис. 1. Структура высокохромистых чугунов с различным содержанием Mn (x760)

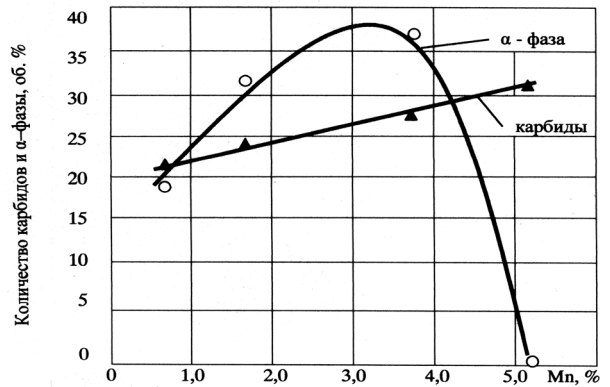


Рис. 2. Влияние марганца на количество карбидов и α-фазы

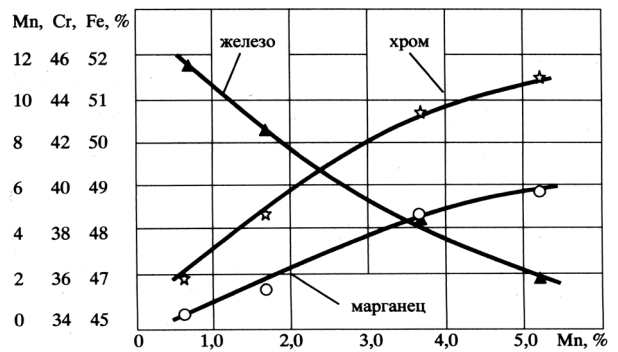


Рис. 3. Влияние количества марганца в сплаве на содержание Mn, Cr, Fe в карбидах

По результатам микроспектрального анализа установлено, что марганец практически отсутствовал в карбидной фазе при его содержании 0,6 % в сплаве. При дальнейшем увеличении содержания марганца в сплаве возрастало его количество как в металлической основе, так и карбидной фазе, при этом соотношение  $Mn_{кар} / Mn_{осн}$  достигло 1,0 примерно при 4 % марганца (рис. 4).

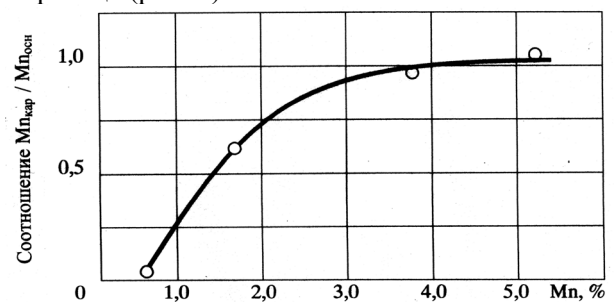


Рис. 4. Изменение соотношения  $Mn_{кар} / Mn_{осн}$  при увеличении содержания марганца в чугуне

Изменения в структуре сплава, с ростом содержания марганца привели сначала к повышению, затем к понижению микротвердости структурных составляющих и твердости сплава. Максимальные значения микротвердости основы и карбидной эвтектики наблюдались при 3,82 % марганца, что соответствовало наиболь-

шему количеству  $\alpha$ -фазы. Дальнейшее увеличение содержания марганца в сплаве до 5,22 %, привело к заметному снижению микротвердости металлической основы и к незначительному снижению микротвердости карбидной эвтектики, что вызвало снижение твердости HRC на 14 % в литом состоянии по сравнению с чугуном, содержащим 3,5...4 % Mn (рис. 5).

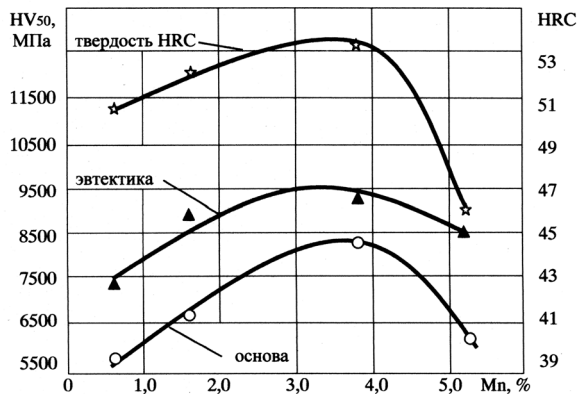


Рис.5. Влияние марганца на микротвердость структурных составляющих и твердость высокохромистого чугуна

После нормализации с 950 °С влияние марганца на твердость высокохромистого чугуна носило аналогичный характер. При этом в чугуне, содержащем 5,22 % марганца, снижение твердости происходило только на 5 %, по сравнению с чугуном, содержащим 3,5...4 % Mn.

#### Выводы

1. Марганец в количествах до 0,6 % в высокохромистом чугуне, не проявил себя как карбидообразующий элемент.
2. Повышение содержания марганца с 0,6 % до 3,82 % привело к легированию металлической

В. В. НЕТРЕБКО

## ВПЛИВ МАРГАНЦЮ НА СТРУКТУРУ БІЛОГО ВИСОКОХРОМИСТОГО ЧАВУНУ

Подано результати досліджень щодо впливу марганцю на утворення структури та твердість білого високохромистого чавуну.

*Ключові слова:* чавун, марганець, структура, карбіди, твердість

V. V. NETREBKO

## THE INFLUENCE OF MANGANESE FOR STRUCTURE OF HIGH-CHROMIUM WHITE CAST IRON

Results of researches of manganese influence on of structure and hardness of high-chromium white cast iron are presented.

*Keywords:* cast iron, manganese, structure, carbides, hardness

основы, увеличению количества карбидов и  $\alpha$ -фазы, росту твердости. Во влиянии марганца преобладает его карбидообразующее свойство.

3. Более высокое содержание марганца привело к появлению полностью аустенитной структуры сплава при 5,22 % Mn и дальнейшему увеличению количества карбидной фазы, то есть марганец при его содержании 3,82...5,22 % проявил как карбидо- так и аустенитообразующие свойства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

Поступила в редколлегию 13.04.2012.

Принята к печати 20.04.2012.