



The influence of alloying by manganese on the structure and hardness of high-chromium wear-resistant cast iron was investigated.

В. В. НЕТРЕБКО, И. П. ВОЛЧОК, Запорожский национальный технический университет

УДК. 669.15

ОСОБЕННОСТИ ЛЕГИРОВАНИЯ МАРГАНЦЕМ ИЗНОСОСТОЙКИХ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ

Износостойкие высокохромистые чугуны (ИЧХ) широко применяются для изготовления различных деталей машин и механизмов, 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 марганцем, никелем и другими элементами обеспечивает необходимые эксплуатационные свойства чугуна. При этом хром выполняет роль феррито- и карбидообразующего элемента, никель – аустенитообразующего, марганец – как карбидо-, так и аустенитообразующего и стабилизирующего аустенит элемента. По сродству к углероду марганец занимает промежуточное положение между хромом и железом, принимает участие в карбидообразовании и часто используется в качестве частичного заменителя никеля. Литературные данные по применению марганца, например [5–8], не позволяют объективно оценить его влияние на процессы структурообразования и свойства ИЧХ. Условия, при которых преобладает та или иная роль марганца, изучены недостаточно.

Марганец, обладая большим сродством к углероду, замещает железо в цементите и карбидах хрома, при этом образуются карбиды хрома и железа, легированные марганцем [9]. Особенностью этого процесса является то, что происходит обеднение хромом металлической основы в зонах, прилегающих к карбидам, приводящее к снижению коррозионной стойкости сплавов.

Анализ марок сталей и сплавов, применяемых для изготовления деталей, работающих в коррозионных средах, показывает, что содержание марганца в них ограничивается до 0,5–0,8%, а в отдельных марках до 0,3%. Сплавы, содержащие марганец до 2,0% и более, применяются для деталей, эксплуатируемых в нейтральных и слабо-

агрессивных средах [10, 11]. Согласно [12], максимальный рост потерь при абразивно-коррозионном изнашивании наблюдается у высокомарганцевой стали 110Г13Л и чугунов, содержащих 12% хрома. В кислой среде (рН 4 и рН 2) эти сплавы показали такую же стойкость, как и сталь 20, использовавшаяся в качестве эталона.

Цель данной работы заключалась в анализе влияния марганца на процессы карбидообразования, изменение химического состава сплава в зонах, прилегающих к карбидам, а также на твердость высокохромистых чугунов.

Исследовали чугуны следующего химического состава, мас. %: углерод – 3,4–3,9; хром – 18,5–19,8; никель – 1,1–1,5; кремний – 1,0–1,2; марганец – 0,72–5,77.

Чугун выплавляли в индукционной печи емкостью 60 кг с основной футеровкой. Температура жидкого чугуна при заливке в сухие песчаные формы составляла 1410–1430 °С. Чугуны исследовали в литом состоянии без термической обработки. Для выявления структурных составляющих применяли травитель Марбле. После травления α -фаза имела черный цвет, а γ -фаза – светлый. Анализ структуры выполняли на оптическом микроскопе МИМ-8 при увеличении 100–600, микротвердость структурных составляющих измеряли на приборе ПМТ-3, макротвердость сплава – на твердомере Роквелла. Методами микрорентгено-спектрального анализа на микроскопе РЕМ 106И исследовали химический состав металлической основы и карбидной фазы, а также степень травимости металлической основы.

В процессе остывания литых образцов в литейных формах происходило образование карбидов в твердом растворе. Диффузионные процессы были затруднены из-за большого количества легирующих элементов, поэтому концентрация леги-

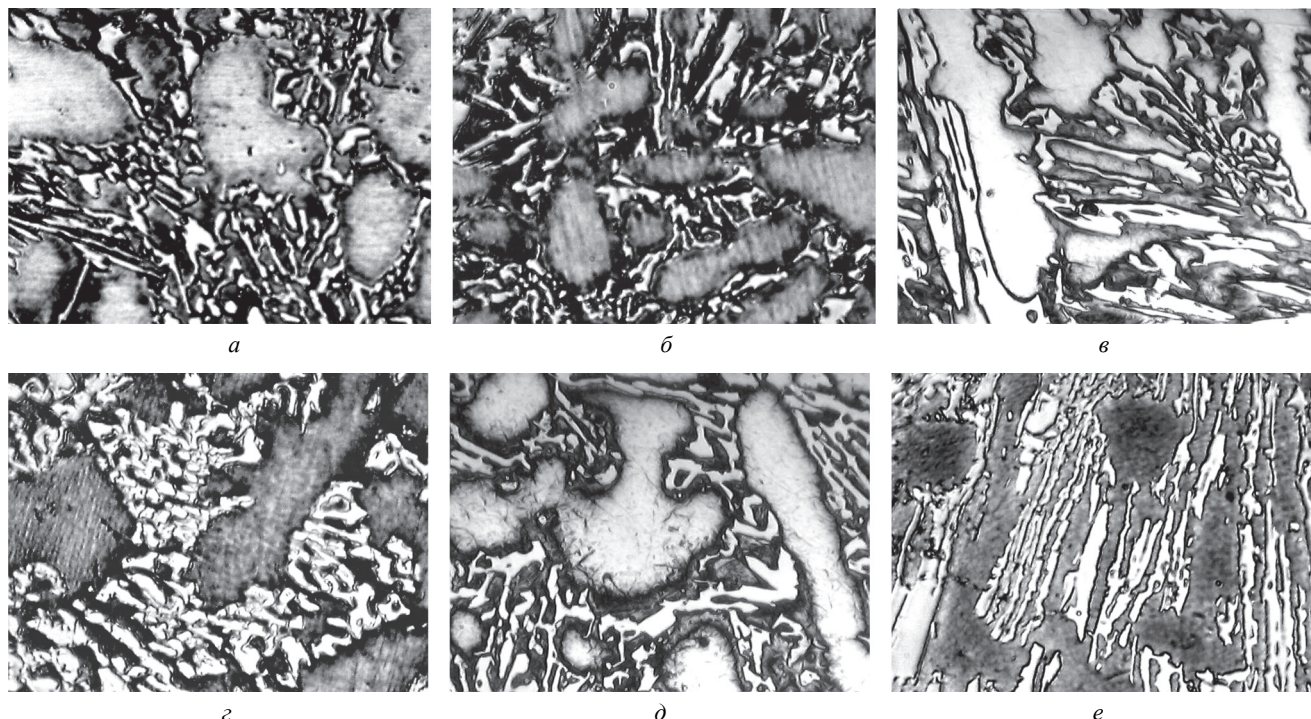


Рис. 1. Структура высокохромистых чугунов с различным содержанием Mn: а – 0,72%; б – 1,23; в – 2,07; г – 3,82; д – 4,45; е – 5,77. х600

рующих элементов значительно изменялась в областях, примыкающих к карбидам. Аналогичные изменения происходили и внутри эвтектических колоний. Процесс образования карбидов, а также изменение их химического состава при остывании связан с уменьшением растворимости углерода в аустените при понижении температуры, а также с замещением железа, входящего в карбиды, на марганец, обладающий более высоким по сравнению с железом химическим сродством к углероду. Зоны измененного химического состава наблюдались в виде черной оторочки в областях, примыкающих к карбидам и внутри карбидных колоний. Увеличение размеров черной оторочки, свидетельствующее о повышении травимости сплава, происходило по мере увеличения в нем содержания марганца (рис. 1). При содержании марганца 5,77% черная оторочка не наблюдалась в связи с тем, что металлическая основа стала практически полностью аустенитной.

Согласно результатам количественной металлографии, с ростом содержания марганца в сплаве от 0,72 до 5,77% количество карбидов увеличилось от 22 до 30 об.% (рис. 2). При этом происходили изменения химического состава карбидов: в них снизилось содержание железа и увеличилось содержание марганца и хрома при практически неизменном суммарном количестве карбидообразующих элементов. В связи с увеличением количества хрома в карбидах имело место обеднение твердого раствора хромом в областях, примыкающих к кар-

бидной эвтектике и внутри нее. Процесс снижения содержания хрома в околокарбидных зонах сопровождался обогащением этих зон железом и увеличением локальной травимости сплава.

Было установлено, что увеличение содержания марганца в сплаве привело к существенной химической неоднородности металлической основы: при содержании в ней хрома от 9,5 до 11,5% его содержание в черной оторочке снизилось до $7,8 \pm 0,6\%$. Ширина зоны измененного химического состава возрастала по мере увеличения количества марганца в сплаве.

Таким образом, черная оторочка представляет собой зону ускоренного коррозионного разрушения (рис. 3).

Можно утверждать, что увеличение содержания марганца в высокохромистых чугунах снижает их

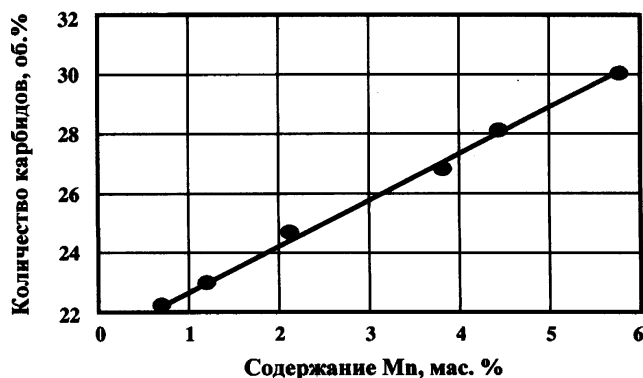


Рис. 2. Влияние марганца на количество карбидов в высокохромистом чугуне

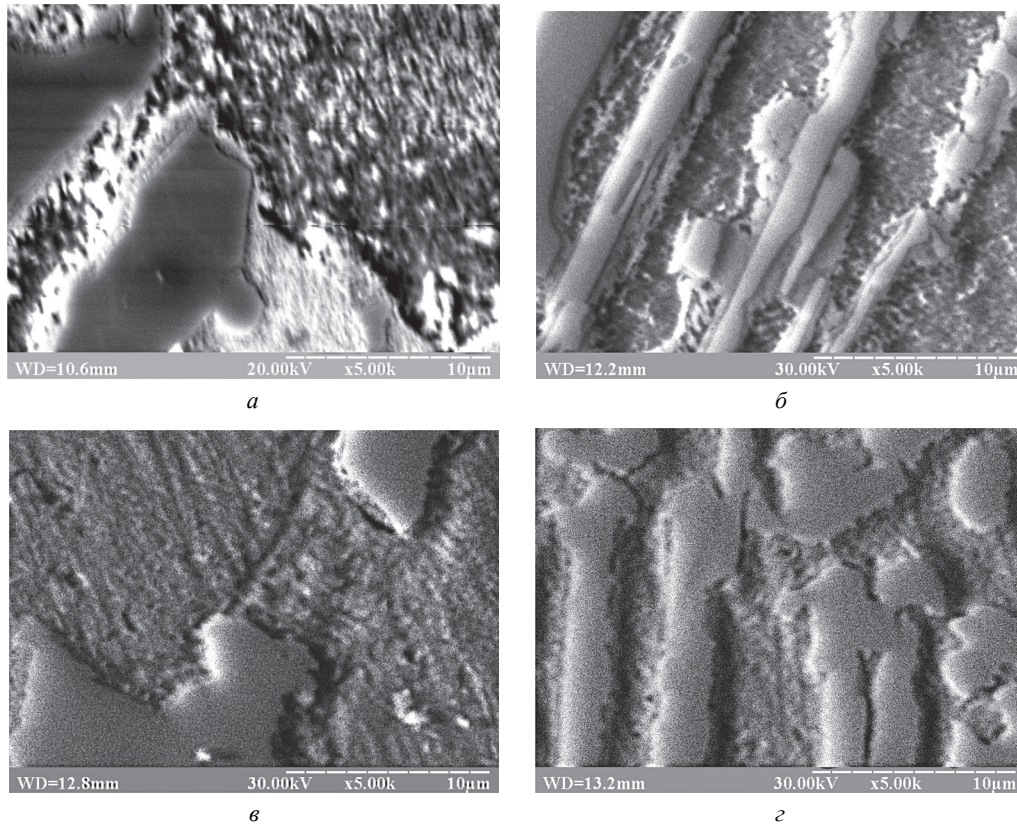


Рис. 3. Зона растравливания металлической основы высокохромистого чугуна с различным содержанием Mn: а – 0,72%; б – 2,07; в – 4,45; г – 5,77. x5000

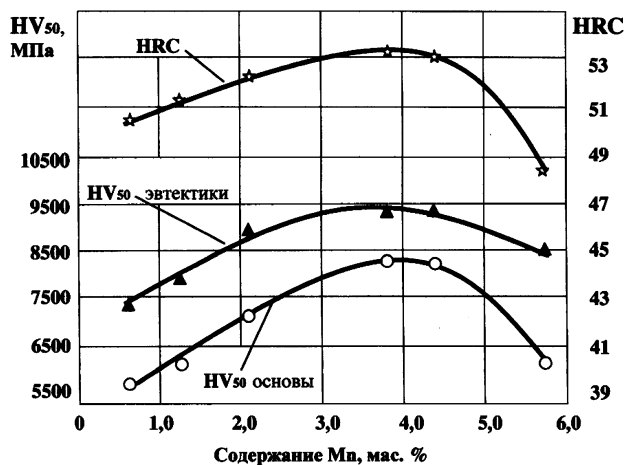


Рис. 4. Влияние марганца на твердость и микротвердость структурных составляющих высокохромистого чугуна

коррозионную стойкость в результате обеднения металлической основы хромом в зонах, примыкающих к карбидам и карбидной эвтектике, вследствие процесса карбидообразования в твердом растворе.

Изменение химического состава чугуна при увеличении содержания марганца вызвало измене-

ния в структуре сплава, что отразилось на механических свойствах. По мере увеличения содержания марганца твердость сплава возрастала и достигла максимального значения при 3,82–4,45% Mn (рис. 4). Дальнейшее увеличение содержания марганца до 5,77% привело к снижению микротвердости HV50 металлической основы и снижению микротвердости карбидной эвтектики. Снижение макротвердости HRC чугуна составило около 10% по сравнению с чугуном, содержащим 3,82–4,45% Mn.

Выводы

1. Повышение содержания марганца от 0,72 до 5,77% привело к увеличению количества карбидов, что вызвало возрастание твердости. Наиболее высокий уровень твердости достигался в чугунах исследуемого класса при 3,5–4,5% Mn.

2. Легирование марганцем высокохромистого чугуна целесообразно при производстве деталей, работающих в нейтральных и слабоагрессивных средах, когда преобладающим является абразивное изнашивание.

Литература

1. Гарбер М. Е. Отливки из белых износостойких чугунов. М.: Машиностроение. 1972.
2. Цыпин И. И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства. М.: Металлургия. 1983.
3. Герек А., Байка Л. Легированный чугун – конструкционный материал. М.: Металлургия. 1978.
4. Комаров О. С. и др. Высокохромистый чугун как материал для быстроизнашиваемых деталей машин // Литейное производство. 2008. № 2. С. 2–4.

5. І в а н о в Д., М и т я е в О. Абразивна стійкість проти спрацювання високо хромистого чавуну // Машинознавство. 2000. № 10. С. 22–25.
6. Ка п у с т и н М. А., Ш е с т а к о в И. А. Оптимизация химического состава износостойкого чугуна для литых мелющих шаров // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 1999. № 2. С. 32–33.
7. Г у д р е м о н Э. Специальные стали. М.: Металлургия, 1966. Т. 1.
8. Ч е й л я х А. П. Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии. Харьков: ННЦ ХФТИ, 2003.
9. В о л ч о к И. П., Н е т р е б к о В. В. Влияние марганца на процессы структурообразования износостойких высокохромистых чугунов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Вып. 64. Днепропетровск: ПГАСА, 2012. С. 301–304.
10. ГОСТ 5632-77. Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
11. ГОСТ 7769-82. Чугун легированный для отливок со специальными свойствами. Марки.
12. К и р и л л о в А. А., Б е л о в В. Д., Р о ж к о в а Е. В. и др. Структурно и неструктурно чувствительные свойства хромистых чугунов // Черные металлы. 2007. сентябрь. С. 7–13.