

УДК 669.017:669.15*74-196.001.5

**ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МАРГАНЦОВИСТЫХ ЧУГУНОВ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

С. В. Бобырь, В. И. Большаков*

Институт черной металлургии НАН Украины

**Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

Непрерывное повышение эффективности производственных процессов в горно-металлургической отрасли выдвигает высокие требования к надежности работы современного промышленного оборудования, которое, в свою очередь, зависит от долговечности и стойкости его сменных деталей.

Особое место в переработке руды занимают операции дробления и измельчения. Для измельчения наиболее широко применяют барабанные мельницы с защитной футеровкой, изготовленные из износостойких сталей и сплавов.

Широкая номенклатура агрегатов, отличающихся размерами, скоростью вращения, технологическими особенностями помола, порождает разнообразие условий эксплуатации бронифутеровки барабанных мельниц. Снижение затрат на измельчение предполагает использование такого материала бронифутеровки, который обеспечивает наибольшую эксплуатационную долговечность в конкретных условиях помола.

Литые конструкционные материалы, предназначенные для изготовления износостойкой футеровки, характеризуются высоким содержанием хрома (X12МФ, X16МНФТ), марганца (110Г13Л) и дефицитных легирующих элементов – молибдена, никеля, ванадия [1; 2].

Исследования последних лет показали перспективность применения для работы в условиях ударно-абразивного износа экономно легированных марганцовистых сплавов с гетерофазной структурой [3; 4]. Высокие свойства в этих сплавах достигаются применением рациональных режимов термической обработки.

В связи с этим, целью настоящей работы является сравнительный анализ износостойкости новых марганцовистых чугунов и известных сплавов, разработка рекомендаций по их использованию для изготовления деталей оборудования.

Исследование износостойкости разработанных сплавов выполняли в сравнении со сталями 110Г13Л и X12МФ. Сталь 110Г13Л после закалки от 1100 °С имела однофазную аустенитную структуру с небольшим количеством неметаллических включений и дефектов [5] (рис. 1 а). Эта сталь является базовой для изготовления износостойких и ударостойких деталей оборудования, таких как плиты бронифутеровочные, мелющие тела [6].

Сталь X12МФ в горячекатаном состоянии была представлена ферритной матрицей с большим количеством карбидов хрома Cr_7C_3 [5] (рис. 1 б).

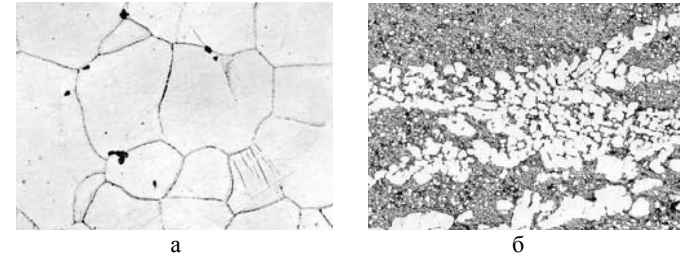


Рис. 1. Микроструктура сталей 110Г13Л (а) и Х12МФ (б), х 500.

Эта сталь обладает высокой износостойкостью в условиях абразивного износа и является базовой для изготовления мелющих шаров, деталей прессформ и насосов.

Сравнительные испытания образцов сплавов на ударно-абразивный износ выполняли в лабораторной шаровой мельнице (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная интенсивность износа сплавов

Тип сплава, температура заковки	Интенсивность износа, % за 5 часов			
	1	2	3	среднее
Х12МФ	0,21	0,16	0,188	0,202
110Г13Л, 1100 °С	0,26	0,21	0,231	0,233
150Г7ТЛ, 900 °С	0,184	0,23	0,205	0,206
150Г7ТЛ, 1100 °С	0,28	0,31	0,197	0,262
300ХГ8Л, 900 °С	0,22	0,217	0,268	0,235
220Г11Х2ТЛ, 900 °С	0,26	0,186	0,21	0,219
200Г5Х2ТЛ, 1000 °С	0,21	0,165	0,185	0,187
75Г2	0,264	0,247	0,213	0,241

Наилучший результат по износостойкости был получен для чугуна 200Г5Х2ТЛ, закаленного от 1000 °С. Он имел более высокую износостойкость, чем сталь Х12МФ. Сплав 150Г7ТЛ, закаленный от температуры 900 °С, имел интенсивность износа, близкую к стали Х12МФ и более низкую, чем сталь 110Г13Л, закаленная от 1100 °С. И, наконец, сплав 220Г10Х2ТЛ, закаленный от 850 °С, имел значения интенсивности износа, промежуточные для сталей 110Г13Л и Х12МФ.

Образцы из марганцовистого ледебуритного чугуна 300ХГ8Л имели интенсивность износа несколько выше, чем образцы из стали 110Г13Л. А наибольший износ наблюдался для образцов сплава 150Г7ГЛ, закаленных от 1100 °С и имеющих аустенито-мартенситную структуру.

Представляло интерес также выполнить сравнение ударно-абразивной износостойкости разработанных чугунов с известными, данные по которым приведены в литературных источниках [6–8].

Сравнительная ударно-абразивная износостойкость сплавов разного типа приведена на рисунке 2. За единицу была принята износостойкость стали 45.

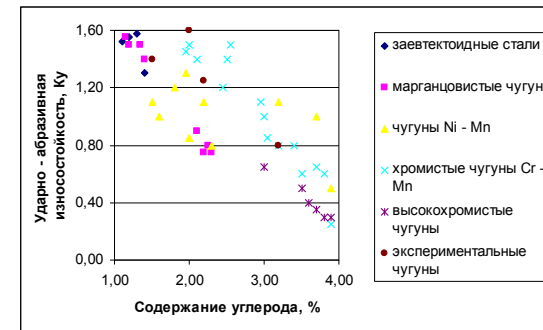


Рис. 2. Сравнительная ударно-абразивная износостойкость сплавов разного типа.

Разработанные чугуны обеспечивали достаточно большую износостойкость, в сравнении с известными легированными сплавами. Наибольшую ударно-абразивную износостойкость при испытаниях в лабораторной шаровой мельнице показал разработанный сплав 200Г5Х2ГЛ.

Как показали выполненные авторами исследования, наибольшее влияние на тип и морфологию структуры марганцовистых чугунов оказывало содержание углерода и марганца. Сплавы с содержанием углерода более 3,0 % после кристаллизации имели типичную структуру белого чугуна – довольно однородного конгломерата фаз аустенита, легированного цементита и ледебурита. Одна часть аустенита при охлаждении превращалась в тростоподобные пластинчатые структуры; вторая часть оставалась стабильной до комнатной температуры.

Так как основной фазой чугуна типа 300ХГ8Л являлся легированный цементит, нельзя ожидать от него высокого уровня механических свойств, особенно пластичности и ударной стойкости. Однако абразивная износостойкость такого чугуна была достаточно велика и составляла 4,5 единицы. Следовательно, такой чугун целесообразно применять для изготовления размольных валков, а также цилиндрических мелющих тел – цилиндров.

В чугунах с содержанием углерода 1,8–2,3 % в литом состоянии формировалась структура с отдельной кристаллизацией фаз, причем

карбидная фаза располагалась в виде сплошной сетки вокруг зерен $\alpha + \gamma$ - или γ -фазы.

Существенное повышение износостойкости этих сплавов может быть получено благодаря регулированию количества, размеров и морфологии карбидной фазы. В марганцовистом сплаве с высокой абразивной износостойкостью эвтектическая карбидная фаза должна размещаться в матрице в виде разделенных включений, что может быть получено с применением термической обработки.

Чугун с содержанием марганца 10,7 % и хрома 2,5 % в литом состоянии имел аустенито-карбидную структуру со сплошной сеткой эвтектических карбидов по границам аустенитных зерен. Часть карбидов имеет морфологию ледебурита. В структуре чугуна присутствует игольчатый мартенсит в небольшом количестве (до 5,0 %), что свидетельствует о понижении устойчивости марганцовистого аустенита при медленном охлаждении.

В процессе термической обработки чугуна 220Г11Х2ГЛ была получена аустенито-карбидная структура чугуна с равномерно разделенными карбидами (рис. 3 а). Аустенит при этом насыщался легирующими элементами (углеродом, марганцем и хромом) и становился стабильным в широком интервале температур.

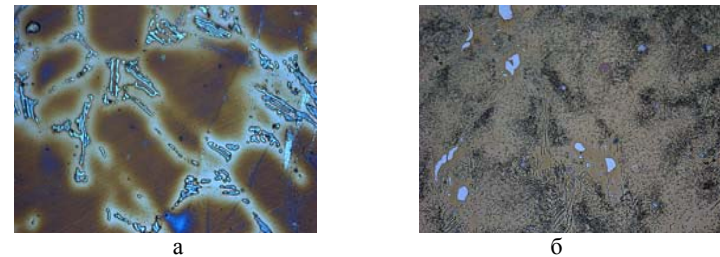


Рис. 3. Микроструктура образцов чугуна 220Г11Х2ГЛ (а) и 150Г7ГЛ (б), закаленных от 900 °С, $\times 500$.

Ударно-абразивная износостойкость этого чугуна при действии повышенных температур и термоциклировании существенно выше аналогичных показателей для стали 110Г13Л (1,25 ед.), что важно при изготовлении футеровочных плит для тракторов подачи шихты и загрузочных устройств доменных печей. В процессе ударно-абразивного износа на поверхности такого чугуна происходили фазовые превращения с образованием дисперсных карбидов Me_7C_3 . Механические свойства такого чугуна после термической обработки имеют достаточно высокий уровень: предел прочности 420–480 МПа, относительное удлинение 3,0–8,0 %, твердость 28–35 HRC.

Перспективным направлением по повышению комплекса свойств экономнолегированных марганцовистых чугунов является получение аустенито-бейнитной структуры с небольшим количеством эвтектических карбидов. Такая структура получена путем термической обработки сплава с

7,0 % марганца (рис. 3 б). Сплав 150Г7ТЛ имел достаточно высокий уровень ударно-абразивной износостойкости в сравнении со сталью 110Г13Л, после закалки от температуры 900 °С и довольно высокое относительное удлинение – 5–10 %.

Для получения наиболее высокой абразивной износостойкости при комнатной температуре матрица должна быть мартенситной. Такая структура может быть получена при содержании марганца 4,0–6,0 %. Следует также добиваться получения в структуре большого количества дисперсных избыточных и специальных карбидов при термической обработке.

Формирование гетерофазной структуры чугуна 200Г5Х2ТЛ в процессе термической обработки способствует повышению абразивной износостойкости деталей из этого чугуна (рис. 4 а). По износостойкости этот чугун уступает только высоколегированным хромо-ванадиевым сплавам, являясь литым твердым сплавом. Этот чугун можно рекомендовать для изготовления литых деталей насосов взамен легированной стали Х12МФ.

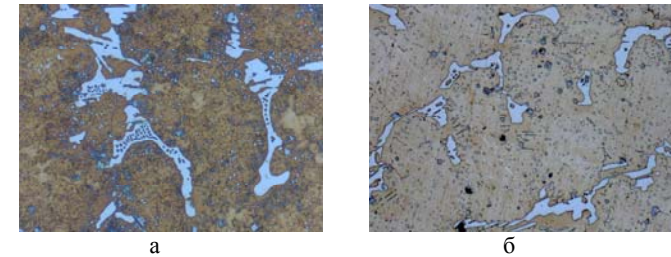


Рис. 4. Микроструктура образцов чугуна 200Г5Х2ТЛ, закаленных от 850 °С (а) и 1000 °С (б), × 500.

Для материалов с высокой ударно-абразивной износостойкостью целесообразной является аустенито-мартенситная структура с равномерно распределенными карбидными включениями небольших размеров [8]. Аустенит марганцовистого чугуна нестабилен и в процессе ударно-абразивного воздействия превращается в мартенсит, способствуя релаксации напряжений в микрообъемах металла.

Аустенито-мартенсито-карбидная структура может быть получена в марганцовистом чугуне с 4,0 – 6,0 % марганца после закалки от температур 1000 °С в специальной среде (рис. 4 б). Относительное удлинение сплавов составляет 2,0–4,0 % при твердости 40,0–45,0 HRC.

Экономно легированные чугуны с дисперсной структурой могут быть рекомендованы для изготовления бронифутеровочных плит шаровых мельниц и деталей дробильного оборудования строительных материалов (цемента, щебня и др.).

Обработка резанием марганцовистых чугунов чрезвычайно трудна из-за большой степени упрочнения поверхности материала и высокой твердости комплексных эвтектических карбидов. Эти чугуны представляют собой литые твердые износостойкие сплавы, не подвергаемые механической обработке [9].

Литература

1. Чейлях А. П. Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии. – Харьков : Изд-во ННЦ ХФТИ, 2003. – 212 с.
2. Влияние температуры аустенитизации на структуру, фазовый состав и свойства белых высокохромистых чугунов / [В. З. Куцова, А. Ю. Куцов, М. А. Ковзель, А. В. Кравченко] // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. тр. – Вып. 32, Ч. 1. – Д., 2005. – С. 44–56.
3. Чугун: Справ. изд./ Под ред. А. Д. Шермана и А. А. Жукова. – М. : Metallurgia, 1991. – 576 с.
4. Бобырь С. В. Марганцовистые чугуны как износостойкие конструкционные материалы / С. В. Бобырь, В. И. Большаков // Техника машиностроения, 2006. – № 2. – С.28–31.
5. Металлография железа. Том II. Структура сталей / Пер. с англ. Под ред. Ф. Н. Тавадзе. – М. : Metallurgia, 1972. – 289 с.
6. Филлипов М. А. Стали с метастабильным аустенитом / Филлипов М. А., Литвинов В. С., Немировский Ю. Р. / – М. : Metallurgia, 1988. – 257 с.
7. Ефременко В. Г. Развитие теоретических и технологических основ производства и упрочнения стальных мелющих шаров с целью повышения их качества и эксплуатационной долговечности. – Автореф. дисс. докт. техн. наук. – Мариуполь, 2005. – 43 с.
8. Сильман Г. И. Белые легированные чугуны с композиционной структурой. // МиТОМ, 2005. – № 7. – С. 94–100.
9. Сильман Г. И. Перспективы использования литых твердых сплавов / Г. И. Сильман, Н. В. Дмитриева // Материаловедение и производство: Межвузов. сб. науч. тр. – Вып. 2. / Под ред. Г. И. Сильмана. – Брянск : Изд-во БГИТА, 2001. – С. 241–245.