

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 621.74:669.13

**ИСПЫТАНИЯ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ
ХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ В ЛИТОМ СОСТОЯНИИ**

Барановский К.Э., Урбанович Н.И., Басалай И.А., Розенберг Е.В. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь), Ильюшенко В.М., Дувалов П.Ю. («Институт технологии металлов» Национальная академия наук Беларуси, г. Могилев, Беларусь)

В статье представлены результаты испытаний на износостойкость хромистых чугунов литых в земляные и металлические формы. Показано, что увеличение износостойкости и механических свойств чугунов возможно за счет использования литья в металлические формы и применения в качестве рабочих поверхностей деталей нижних частей отливок.

Введение

Изучение абразивной износостойкости хромистых чугунов представляет практический интерес. Наиболее объективная информация об износе различных материалов может быть получена только при испытаниях в реальных условиях эксплуатации. В лабораторных условиях точно воспроизвести разнообразие факторов, действующих на изнашиваемую деталь, сложно. Тем не менее, результаты лабораторных испытаний позволяют сравнивать износостойкость хромистых чугунов между собой. Если последовательность расположения материалов по величине износа при лабораторных испытаниях и в реальных условиях их эксплуатации сохраняется, то можно считать, что избранная методика испытаний может использоваться для оценки износостойкости.

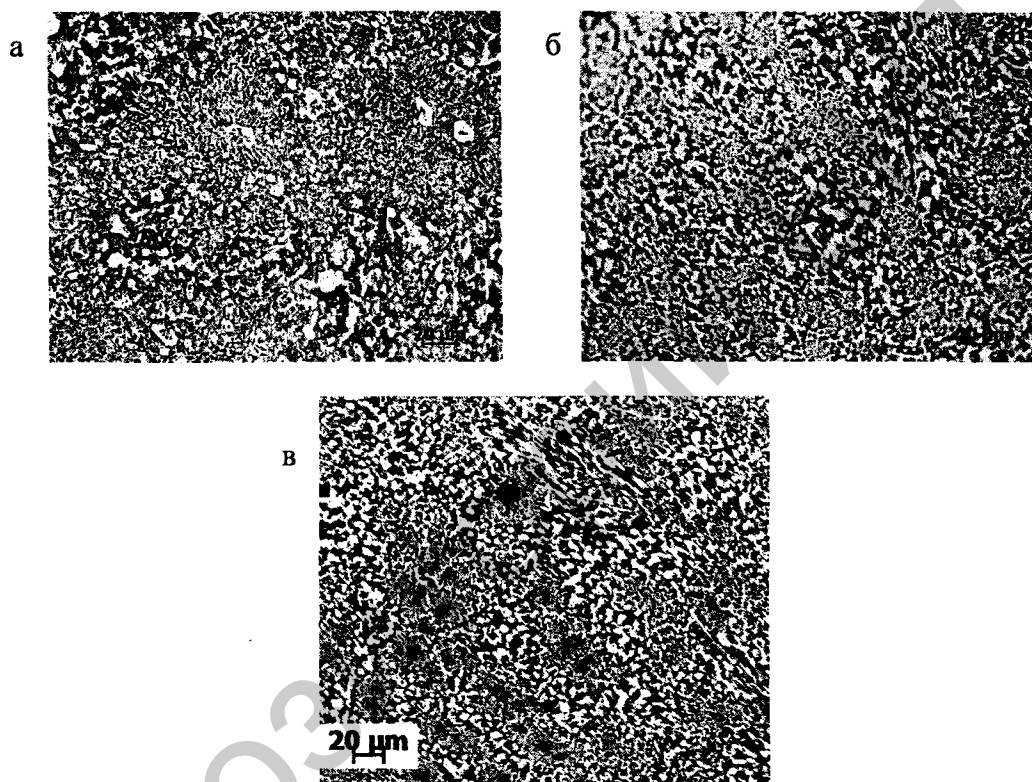
Термообработка износостойких хромистых чугунов (ИЧХ) значительно повышает износостойкость деталей [1]. Но на практике более 90 % отливок из хромистых чугунов используются в литом состоянии. Поэтому испытания на износостойкость проводились с наиболее распространенными чугунами в литом состоянии.

Основная часть

Стандартная методика ускоренных испытаний на износ хромистых чугунов с использованием наждачной бумаги с покрытием из карбида кремния дает очень близкие, мало отличающиеся между собой, результаты, независимо от их твердости, химического состава и структуры [1]. Это обусловлено тем, что из-за высокой твердости и остроугольности абразива износ материалов происходит, в основном, в режиме микро-резания. В реальных условиях эксплуатации деталей интенсивность износа значительно ниже, так как превалирует отрыв частиц и усталостное разрушение поверхности.

В условиях лабораторных ускоренных испытаний была изучена относительная износостойкость хромистых чугунов эвтектического состава ИЧХ28Н2, ИЧХ18, ИЧХ18ВМ, кроме износостойкости исследовалась ударная вязкость (ударостойкость), как наиболее критическая величина для хромистых чугунов.

Хромистый чугун ИЧХ28Н2 (Cr – 27 %, С – 3,1 %, Ni – 1,5 %) был выбран как наиболее распространенный износостойкий чугун в СНГ и Республике Беларусь. Комплексно легированный никелем, молибденом и ванадием чугун ИЧХ18 (С – 3,4 %, Cr – 18,5 %, Mo – 0,6 %, V – 0,6 %, Ni – 0,7 %) обладает оптимальными механическими свойствами, хорошо зарекомендовал себя в машиностроении [2]. Разработанный в «Институте технологии металлов» НАН Беларуси экономно легированный экспериментальный чугун ИЧХ18ВМ (С – 3,45 %, Cr – 18,8 %, W – 0,6 %, Mo – 0,4 %, V – 0,2 %, Ni – 0,25 %) применяется для литья деталей дробильно-размольного оборудования, строительной техники (ТУ ВУ 700002421.004-2011) [3]. Образцы чугунов для испытаний отливались в земляные формы. Структуры показаны на рисунке 1.



а – ИЧХ28Н2; б – ИЧХ18; в – ИЧХ18ВМ
Рисунок 1 – Структуры чугунов, $\times 500$

Микроструктура литых чугунов имеет различную морфологию и тип карбидной фазы. Так в чугунах ИЧХ28Н2 наряду с мелкими карбидами имеются крупные тетрагональные карбиды, находящиеся в центре эвтектической ячейки (рисунок 1а). Чугуны марки ИЧХ18 и ИЧХ18ВМ имеют строго направленную в сторону теплоотвода структуру с равномерным размером карбидов (рисунки 1б, 1в).

Испытание чугунов проводилось в режиме сухого трения с плоскопараллельным перемещением образца относительно пластины из абразивного материала (карбид кремния с размером зерна 0,1-0,063 мм). С целью затупления зерен поверхностного слоя абразивной пластины проводилась ее приработка. В результате этого интенсивность износа уменьшилась в несколько раз и стабилизировалась, а износ из микрорезания перешел в износ с сочетанием многих факторов разрушения поверхности. Испытывались образцы высотой 27 мм с диаметром истираемой поверхности 17,5 мм. Средняя скорость движения образца была 0,25 м/с, а нагрузка – 55 Н. Приработка образца проводилась в течение 1,5 часов, а время последующих испытаний составляло 3 часа. Раз-

брос значений нескольких последующих испытаний одного и того же образца не превышал 5 %. Коэффициент относительной износостойкости определялся как отношение потери массы при испытаниях эталонного ΔG_0 и испытуемого ΔG образцов $K = \Delta G_0 / \Delta G$. В качестве эталона использовался образец из чугуна ИЧХ28Н2 в литом состоянии твердостью 52-53 HRC. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Относительная износостойкость и ударная вязкость хромистых чугунов эвтектического состава (литье в земляные формы)

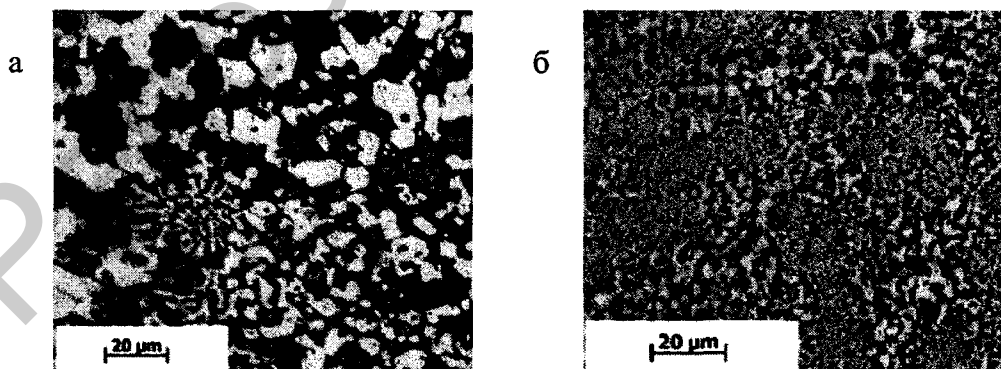
Показатель	Марка чугуна		
	ИЧХ28Н2	ИЧХ18	ИЧХ18ВМ
Твердость в литом состоянии, HRC	52-53	54-55	54-55
Коэффициент относительной износостойкости чугунов в литом состоянии*	1	2,2	2,4
Ударная вязкость, Дж/см ²	11,4	10,5	13,8

*эталон чугун ИЧХ28Н2 в литом состоянии (испытания в лабораторных условиях)

Экспериментальный чугун ИЧХ18ВМ имеет более высокую износостойкость и ударную вязкость, чем ИЧХ28Н2 и ИЧХ18. Его стоимость ниже, чем у вышеназванных сплавов.

Наиболее перспективной технологией, позволяющей повысить эксплуатационные характеристики деталей из износостойких чугунов за счет увеличения скорости охлаждения при кристаллизации (по сравнению с литьем в земляные формы), является метод литья в металлические формы [4].

На рисунке 2 показаны структуры чугуна ИЧХ18ВМ литого в земляную форму и металлическую форму, а в таблице 2 – относительная износостойкость и ударная вязкость этого сплава. Структура при литье в металлические формы измельчается в 3-4 раза.



а – литье в земляную форму; б – литье в металлическую форму

Рисунок 2 – Структура чугуна ИЧХ18ВМ, $\times 500$

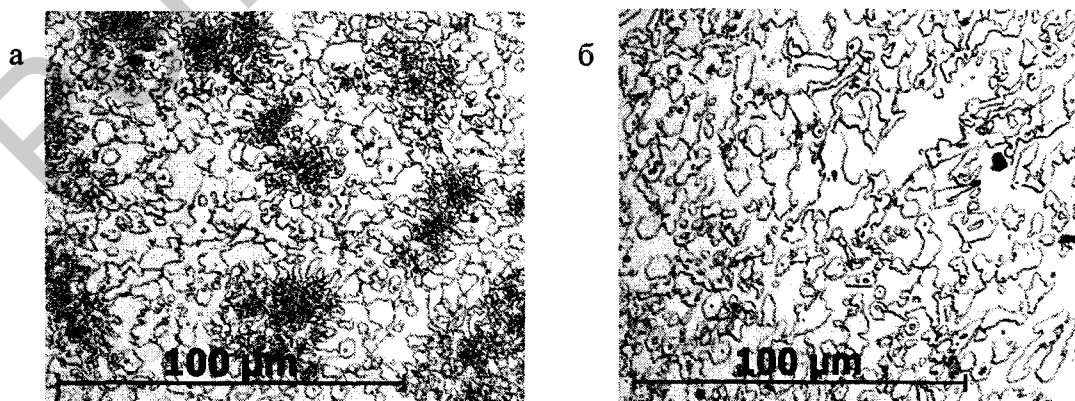
Кроме повышения износостойкости на 20-30 % и твердости до 61 HRC при литье в кокиль увеличивается ударная вязкость на 15-20 % до 15,5-17 Дж/см².

Дальнейшее увеличение износостойкости возможно за счет воздействия на первичную кристаллизацию чугунов. В этом случае, изменяется размер карбидов, их морфология, расположение в металлической матрице.

Таблица 2 – Относительная износостойкость и ударная вязкость хромистого чугуна ИЧХ18ВМ эвтектического состава (литье в земляные формы и кокиль)

Показатель	Марка чугуна	
	ИЧХ18ВМ (литье в земляные формы)	ИЧХ18ВМ (литье в металлические формы)
Твердость в литом состоянии, НРС	54-55	57-61
Коэффициент относительной износостойкости чугунов в литом состоянии*	1	1,25
Ударная вязкость, Дж/см ²	13,8	15,8
*эталон чугуна ИЧХ18ВМ литой в земляную форму (испытания в промышленных условиях)		

Известно, что в одной и той же отливке в зависимости от расположения поверхностей деталей в литейной форме создаются разные условия кристаллизации. Кроме того, можно целенаправленно изменить параметры кристаллизации: скорость затвердевания, направление роста кристаллов и т.д. Для изучения влияния первичной кристаллизации на износостойкость хромистых чугунов были проведены лабораторные испытания на износ разных поверхностей одной и той же отливки «Подкладной лист» для центробежной мельницы. Толщина плоской детали составляла 25 мм. Исследовались верхняя и нижняя части отливки. В нижней части отливки расположены более разветвленные карбиды по сравнению с верхней частью. Это связано с разными условиями кристаллизации. Нижняя часть детали под действием силы тяжести всегда прижата к металлической форме, а в верхней части при кристаллизации из-за усадки образуется воздушный зазор, что снижает скорость охлаждения. Испытания образцов проводились по методике, подобной описанной выше. Для ускорения испытаний и использования образцов из реальных отливок вместо плоскопараллельного перемещения применялось вращательное перемещение абразивного круга относительно испытываемого материала. Параметры испытаний (скорость, нагрузка и т.д.) подбирались исходя из реальной скорости износа деталей в процессе эксплуатации. На рисунке 3 показаны структуры верхней и нижней частей отливок.



а – верхняя часть отливки; б – нижняя часть отливки

Рисунок 3 – Структура чугуна ИЧХ18ВМ (литье в металлическую форму), ×500

Испытания показали более высокую на 15-20 % износостойкость нижней части. Поэтому, предпочтительно в качестве рабочих поверхностей деталей выбирать нижнюю часть отливок.

Заключение

Проведены исследования износостойкости и ударной вязкости хромистых чугунов ИЧХ28Н2, ИЧХ18, ИЧХ18ВМ. Показано, что наиболее распространенный в СНГ и Республике Беларусь чугун ИЧХ28Н2 уступает по износостойкости чугунам ИЧХ18, ИЧХ18ВМ. Экспериментальный износостойкий чугун ИЧХ18ВМ обладает более высокой износостойкостью и ударной вязкостью при более низкой стоимости. Налажено производство деталей из этого чугуна. Дальнейшее увеличение износостойкости, ударной вязкости и твердости возможно за счет литья в металлические формы, а увеличение износостойкости – также за счет использования в качестве рабочих поверхностей нижней части отливок.

Список использованных источников

1. **Цыпин, И.И.** Белые износостойкие чугуны / И.И. Цыпин. – М.: Metallurgia, 1983. – 176 с.
2. **Комаров, О.С.** Повышение ресурса работы сменных деталей почвообрабатывающей техники / О.С. Комаров, К.Э. Барановский, О.А. Сусина // Новые материалы и технологии: тез. докл. РНТК. – Минск, 1994. – С. 154.
3. Износостойкость и механические свойства хромистых чугунов / К.Э. Барановский [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2014. – № 3. – С. 96-100.
4. **Барановский, К.Э.** Пути повышения износостойкости деталей из хромистых чугунов / К.Э. Барановский [и др.] // «Чтения памяти В.Р. Кубачека». Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов XII МНТК, Екатеринбург, 24-25 апреля 2014 г. / ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет». – Екатеринбург, 2014. – С. 275-279.

Baranovsky K.E., Urbanovich N.I., Basalai I.A., Rozenberg Ye.V., Ilyushenko V.M., Duvalov P.Yu.

Wear resistance test of chromic cast irons in the cast condition

The paper states the results of wear resistance tests of chromic irons, cast into the ground and metallic moulds. It is shown that improvement of wear resistance and mechanical properties of cast irons is possible by using metallic moulds casting and by application as components working surfaces of lower parts of the castings.

Поступила в редакцию 24.03.2015 г.