

40 лет ИТМ НАН Беларуси

К. Э. БАРАНОВСКИЙ, В. М. ИЛЬЮШЕНКО, Э. Ф. БАРАНОВСКИЙ,
Г. П. КОРОТКИН, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74:669.13

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ИЗНОСОСТОЙКИХ ХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КИРПИЧА ИЗ ГЛИНЫ И ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ

The ways of working resource increase of the wear-resistant chromic cast irons details of equipment on production of brick of clay and centrifugal grinders are examined. The experimental wear-resistant cast iron as substitute of IChH28N2 is offered.

Детали агрегатов для производства кирпича из глины и центробежных измельчителей, работающие в условиях абразивного воздействия, в основном выходят из строя по причине износа. Изнашивание происходит вследствие взаимодействия с абразивными частицами.

Оборудование по изготовлению кирпича работает в контакте с керамической массой. Керамическая масса представляет собой пластичную массу, состоящую в основном из глины, в которую для связывания лишней влаги в качестве отошающей добавки вводят кварцевый песок в количестве до 10%. Наличие этой добавки оказывает основное абразивное воздействие. Размер частиц песка 0,2–1,5 мм. В Республике Беларусь глина невысокого качества и для улучшения ее технологических свойств используют до 10% гранитного отсева с размером частиц до 5 мм, абразивность такой керамической массы очень велика. Детали оборудования подвергаются воздействию абразивных частиц при невысоких скоростях скольжения без ударных и динамических нагрузок. Наибольший износ испытывают детали шнекового пресса, где керамическая масса продавливается под большим давлением (3–10 МПа). Срок службы некоторых деталей составляет от 7 до 14 дней [1].

Центробежные измельчители являются наиболее эффективными машинами для тонкого помола сыпучих материалов, в которых реализуется высокоскоростное ударное воздействие. Крупность материалов перед измельчением составляет до 40 мм, а крупность измельченного продукта в зависимости от требований – от 15 до 0,02 мм. Скорость дробящегося материала – 65–120 м/с. Наиболее распространенные материалы для тонкого измельчения – мрамор (твердость 110 HV), известняк (135 HV), доломит (325 HV), стекло (500 HV), полевой шпат (600–750 HV), кремль (950 HV), кварцевый песок (800–1000 HV), кварцит (900–1280 HV). Более твердые, чем кварциты материалы измельчаются редко. Чаще всего материалом с наибольшей твердостью в измельчаемом продукте является кварцевый песок. Время эксплуатации деталей, наиболее подверженных износу, составляет 8–10 дней [2].

По существующей в настоящее время технологии большинство деталей оборудования по производству кирпича из глины и центробежных измельчителей из-



Барановский К. Э.



Ильюшенко В. М.



Барановский Э. Ф.



Короткин Г. П.

готовавливаются из конструкционных сталей с последующей наплавкой. Часть деталей, работающих в наиболее тяжелых условиях, изготавливается литыми из износостойких хромистых чугунов. Так, износостойкие детали оборудования по производству кирпича из глины фирма «Fawcett» (Англия) изготавливает из чугуна, содержащего Cr – 28,4%, C – 2,88%; фирма «Steele» (США) применяет чугун с содержанием Cr – 28%, а фирма «Braun» (ФРГ) использует сплав с содержанием Cr – 35,6% и C – 3,3%.

Быстроизнашиваемые детали центробежных дробилок изготавливаются филиалом фирмы «Вагмас» (Чехия) из чугуна, содержащего Cr – 29,4%, C – 3,82, Ni – 0,4%; фирмой «Metso» (США) – Cr – 12%, C – 2,7, Ni – 1,3%; «Урал-Омега» (Россия) – Cr – 28%, Ni до 2%. Во всех случаях полный химический состав сплавов, режим их термообработки и технология литья не указываются.

В Республике Беларусь оборудование для производства кирпича из глины разрабатывает входящий в состав НИИСМ Научно-технический центр «Строммаш» (г. Могилев), а центробежные измельчители – НПО «Центр» (г. Минск), который является крупнейшим в СНГ производителем оборудования данного вида. Агрегаты этого оборудования, укомплектованные деталями с наплавкой или из ИЧХ производства заводов РБ (X28H2 в литом состоянии), не соответствуют современным требованиям как по срокам эксплуатации, так и по производительности оборудования, которая зависит от степени износа деталей.

Высокий ресурс работы аналогичного оборудования, изготавливаемого фирмами США, ФРГ, Англии и др., обеспечивается тем, что детали, подвергающиеся абразивному воздействию, изготавливают литьем из специальных сложнелегированных хромистых чугунов. Химический состав чугунов и технология изготовления из них отливок являются «ноу-хау» этих фирм и данные о них в специальной литературе ограничены.

Исходя из изложенного выше, актуальной является задача по определению составов, разработке технологий литья и термообработки хромистых чугунов для деталей оборудования по изготовлению кирпича из глины и центробежных измельчителей.

В условиях эксплуатации в абразивных средах считается, что чем тверже металлическая основа и больше карбидов в чугуне, тем износостойкость такого материала выше [3]. Сплавы, предназначенные для этих целей, должны также удовлетворять следующим требованиям:

- материал должен содержать максимальное количество эвтектических карбидов (иметь эвтектический состав);
- ориентировка карбидов должна быть перпендикулярна поверхности износа (вдоль тригональной оси карбиды хромистых чугунов имеют максимальную твердость);
- карбиды должны иметь минимальные размеры;
- легирование или термообработка должны обеспечивать максимальную твердость чугуна.

Из всего многообразия хромистых чугунов наибольший интерес для решения задачи по повышению ресурса работы машин для изготовления кирпича из глины и центробежных измельчителей представляют хромистые чугуны, которые наиболее часто используются при изготовлении деталей, работающих в условиях интенсивного взаимодействия с абразивными средами. Так, в РБ и странах СНГ большинство деталей, работающих в абразивных средах, изготавливается из чугуна X28H2 (Cr – 25–30%, Ni – 1,5–2%). Хромомолибденовый чугун X16M2 (Cr – 15–19%, Mo – 1–3%) обладает после закалки максимальной твердостью металлической матрицы. Комплекснолегированный никелем, молибденом и ванадием хромистый чугун 320X18 (C – 3–3,4%, Cr – 17–19%, Mo и V – 0,4–0,6%, Ni – до 0,8%) хорошо зарекомендовал себя для деталей почво-

Т а б л и ц а 1. Механические свойства и относительная износостойкость хромистых чугунов эвтектического состава

Марка чугуна	X28H2	320X18	X16M3
Твердость в литом состоянии HRC	52–53	57–58	60–61
Твердость в термообработанном состоянии (закалка) HRC	61	65	67
Предел прочности при растяжении в литом состоянии, МПа	395	325	267
Предел прочности при растяжении в термообработанном состоянии (закалка), МПа	402	341	315
Ударная вязкость в литом состоянии КС, Дж/см ²	11,4	10,5	6,4
Ударная вязкость в термообработанном состоянии (закалка) КС, Дж/см ²	10,5	8,6	5,8
Коэффициент относительной износостойкости в литом состоянии *	1,0	2,2	5,0
Коэффициент относительной износостойкости в термообработанном состоянии (закалка) *	2,9	5,5	5,7

* Эталон – чугун X28H2 в литом состоянии.

Т а б л и ц а 2. Механические свойства и относительная износостойкость чугуна X28H2 и экспериментального износостойкого чугуна

Марка чугуна	Твердость HRC	Предел прочности при растяжении, МПа	Ударная вязкость КС, Дж/см ²	Коэффициент относительной износостойкости*
X28H2: литое состояние	52–53	395	11,4	1
Экспериментальный износостойкий чугун: литое состояние	54–55	365	13,8	2,4
закалка	66	425	13,5	5,9

* Эталон – чугун X28H2 в литом состоянии.

обрабатывающей техники, дробеметных лопаток и т. д. [4].

Возможность использования хромистых чугунов в тех или иных условиях определяется не только их износостойкостью, но и механическими свойствами. Приведенные в справочной и научной литературе механические свойства хромистых чугунов относятся в основном к наиболее широко применяемым доэвтектическим чугунам. Сопоставление имеющихся данных затруднено тем, что образцы для испытаний отливали в формы из различных материалов, имели неодинаковые размеры и разные условия охлаждения при кристаллизации. Поэтому механические свойства и относительная износостойкость чугунов эвтектического состава X28H2, X16M3, 320X18 в литом и термообработанном состояниях были исследованы на образцах, отлитых в формы из ХТС при одинаковых условиях [5, 6]. Результаты исследований приведены в табл. 1.

В Республике Беларусь в настоящее время более 90% отливок из износостойких чугунов изготавливается из сплава X28H2. Замена этого чугуна для работы в абразивных средах без коррозионного воздействия более износостойким чугуном является актуальной. Следует отметить, что чугун X28H2 обладает высокими механическими свой-

ствами (прочностью при растяжении и ударной вязкостью) (табл. 1), поэтому использование сплавов X16M3 и 320X18 как заменителей X28H2 проблематично, так как эти чугуны имеют более низкие механические свойства и дорогие из-за высокого содержания легирующих элементов.

В ИТМ НАН Беларуси разработан экспериментальный эвтектический износостойкий хромистый чугун, содержащий 16–20% Cr, и экономнолегированный чугун (Mn, W, V, Ni, Mo). Причем соотношение и количество легирующих компонентов может варьироваться в зависимости от толщины отливки, необходимости в последующей термообработке, вида литья (песчаная, комбинированная формы, кокиль). Механические свойства и износостойкость разработанного чугуна и X28H2 приведены в табл. 2.

Разработанный экспериментальный чугун имеет более высокую износостойкость и механические свойства, чем самый распространенный в Беларуси и СНГ сплав X28H2.

Детали агрегатов для производства кирпича из глины и центробежных измельчителей, непосредственно контактирующие с абразивной средой, по своим размерам и массе можно условно разделить на три группы: к первой группе относятся мелкие детали толщиной до 50 мм и массой до 1,5 кг; ко

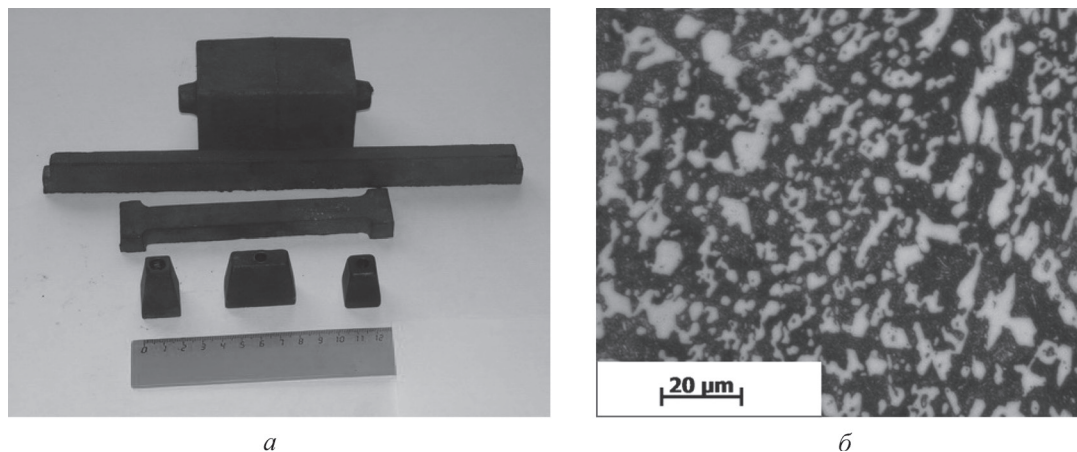


Рис. 1. Образцы отливок 1-й группы (а) и их микроструктура (б)

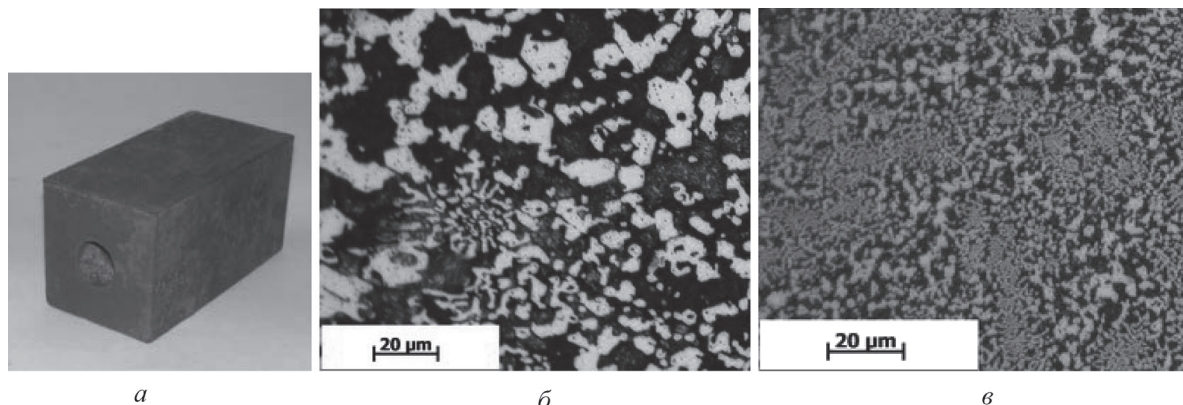


Рис. 2. Отливка 2-й группы (а) и ее микроструктура; б – полученная в песчаной части формы; в – полученная в металлической части формы

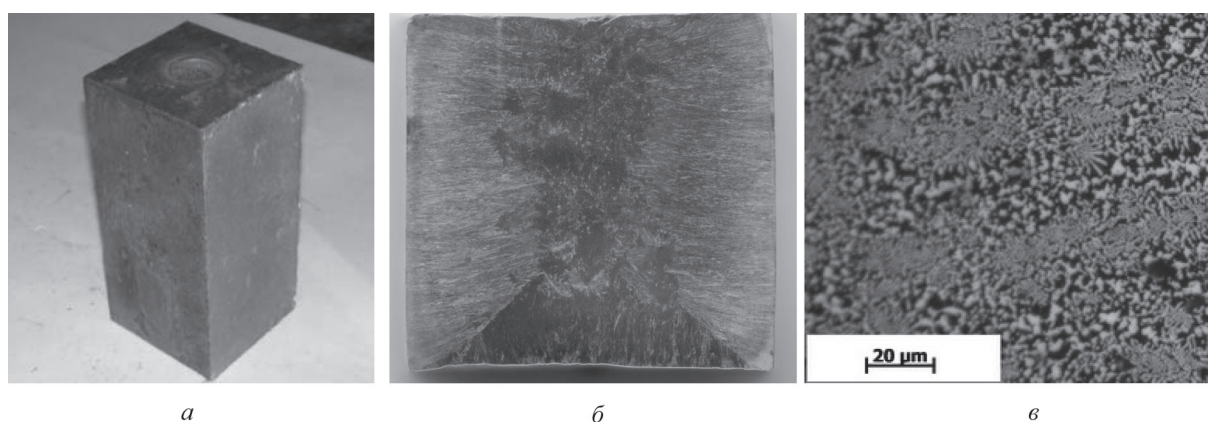


Рис. 3. Отливка 3-й группы (а) и ее макро- (б) и микроструктуры (в)

второй группе – детали толщиной 50–80 мм и массой до 10 кг; к третьей группе – детали толщиной более 80 мм и массой более 10 кг.

Для получения требуемой структуры и твердости детали первой группы можно изготавливать в песчаных формах (рис. 1), но необходима их последующая термообработка (закалка). Отбойные плиты центробежных мельниц из экспериментального чугуна были изготовлены в формах из ХТС, а затем закалены до 63–64 HRC. Такие отливки при размоле кварцевого стекла показали ресурс работы в 8–9 раз выше, чем такие же детали из сплава Х28Н2.

Для изготовления более крупных деталей второй группы использование песчаных форм не обеспечивает получение мелкой структуры и необходимой ориентации карбидов. Поэтому для таких деталей используется технология литья в комбинированные формы. Верхняя часть комбинированной формы изготавливается из ХТС, а для получения рабочей поверхности отливки используется металлическая плита. Часть отливки, затверде-

вая на металлической плите, имеет твердость 57–61 HRC, а твердость остальных поверхностей составляет 52–54 HRC. Структуры зон отливок, затвердевших в контакте с песчаной и металлической частями формы, показаны на рис. 2.

Получение требуемой структуры для деталей третьей группы возможно только методом литья в кокиль. В этом случае твердость всех поверхностей отливки составляет 58–61 HRC. Размер карбидов при литье в кокиль (2–8 мкм) в 3–4 раза меньше, чем при литье в песчаную форму. Отливки имеют строго направленную перпендикулярно граням мелкую структуру на глубину 20–25 мм. Микро- и макроструктуры отливки, изготовленной в кокиле, показаны на рис. 3.

В ИТМ НАН Беларуси из разработанного экспериментального эвтектического износостойкого чугуна освоено изготовление методом литья в кокили, песчаные и комбинированные формы деталей повышенной износостойкости для агрегатов по производству кирпича из глины и центробежных измельчителей.

Литература

1. Проблемы повышения износостойкости рабочих органов шнековых прессов для керамических изделий: Обзорная информация / В. В. Коротеев. М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1989. Вып. 2.

2. Бороха Э. Л., Воробьев В. В., Горобец А. В. Центробежные дробилки и мельницы ударного типа // Центробежная техника – высокие технологии: Материалы 3-й Междунар. науч.-техн. конф. Мн., 2008. С. 5–15.
3. Цыпин И. И. Белые износостойкие чугуны. М.: Metallurgy, 1983.
4. Комаров О. С., Барановский К. Э., Сусина О. А. Повышение ресурса работы сменных деталей почвообрабатывающей техники // Новые материалы и технологии: Тез. докл. РНТК. Мн., 1994.
5. Барановский К. Э., Ильюшенко В. М. Механические свойства хромистых чугунов эвтектического состава // Литье и металлургия. 2008. № 2. С. 23–24.
6. Барановский К. Э., Ильюшенко В. М. Износостойкость хромистых чугунов эвтектического состава // Литье и металлургия. 2009. № 3. С. 159–161.