



The results of investigation of optimization of compositions of cast iron with trace metals added and of modified friction cast iron are given, as well as of carbonitride hardening use for increase of strength characteristics and friction coefficient.

Е. И. МАРУКОВИЧ, ИТМ НАН Беларуси,
М. И. КАРПЕНКО, В. М. КАРПЕНКО, ГГТУ им. П. О. Сухого

ВЛИЯНИЕ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ФРИКЦИОННЫХ ЧУГУНОВ

УДК 621.746:669.15-196

Известно [1, 2], что износостойкие чугуны относятся к широко распространенным конструкционным материалам и включают в себя основные группы сплавов, весьма разнообразных по структуре, составу и применению. Это группа белых высоколегированных чугунов для быстроизнашиваемых литых деталей, работающих в условиях абразивного, кавитационно-эрозионного, ударно-абразивного и интенсивного механического изнашивания, и группа серых антифрикционных чугунов, составы, структура, условия работы и свойства которых регламентированы ГОСТ 1585-79. К третьей группе относятся фрикционные чугуны, применяемые для изготовления деталей тормозных устройств, механизмов сцепления, фрикционных и других механизмов трения. Фрикционные чугуны изучены недостаточно, их составы и свойства не регламентированы стандартами.

Для изготовления литых деталей тормозных устройств, в процессе эксплуатации нагреваемых до небольших температур (100–400°C), обычно используют фосфористый фрикционный чугун, содержащий, мас. %: С — 3,1–3,6; Si — 2,1–2,5; Mn — 0,6–1,2; P — 0,07–0,4; Cr — до 0,3; S — до 0,1, остальное — железо. Однако чугун такого состава плохо противостоит ударным нагрузкам и образованию задиров при повышенных температурах, развивающихся на поверхностях сухого трения, имеет недостаточные характеристики термической и фрикционной стойкости и нестабильный коэффициент трения. Так как номенклатура фрикционных изделий постоянно расширяется, многие детали работают не только в условиях сухого трения, но и при повышенных температурах и ударных нагрузках. Актуальной за-

дачей стала разработка новых составов фрикционных чугунов, повышающих надежность и долговечность этих деталей.

В связи с этим в настоящей работе продолжены исследования [3] по оптимизации составов микролегированных и модифицированных фрикционных чугунов и использованию для упрочнения структуры и повышения коэффициента трения карбонитридного упрочнения. Получены данные о влиянии ряда микролегирующих и модифицирующих элементов на такие механические и фрикционные свойства чугунов, как износостойкость при сухом трении I_{ϕ} , твердость НВ, ударная вязкость КСУ, предел прочности σ_b , коэффициент фрикционной теплостойкости K_{ϕ} и термическая стойкость S_T .

Микролегирование расплавов производили в печах после процесса рафинирования карбидом кальция лигатурами с Cr, Ni, P или азотированными ферросплавами, а при выпуске расплава в ковш дополнительно вводили модифицирующие элементы, измельченные до фракции 0,2–3,0 мм, в количестве 0,03–0,1% от массы заливаемого расплава.

Изучали износостойкие чугуны, выплавленные в вагранках (состав 1) и индукционной печи ИСТ-016 (составы 2 и 3) (табл. 1).

Исследования ваграночного чугуна показали, что при литье в песчано-глинистые формы в отливках с толщиной стенок 12–20 мм получается преимущественно перлитная структура с включениями двойной и частично тройной фосфидной эвтектики и пластинчатого графита. При увеличении концентрации фосфора от 0,1 до 0,35% и хрома от 0,05 до 0,4% фосфидная эвтектика рас-

Таблица 1.

Состав чугуна	Химический состав, мас. %					
	C	Si	Mn	Cr	P	S
1	3,5	2,2	0,6	0,05–0,4	0,1–0,35	0,02–0,06
2	3,3	2,1	0,7	0,05–0,4	0,07–0,5	0,01–0,03
3	3,1–3,3	2,0–2,3	0,6–1,0	0,05–0,5	0,1–0,4	0,01–0,03

полагается по границам зерен. Твердость чугуна повышается от 175—197 до 207—221 НВ, а ударная вязкость снижается с 18—22 до 12—15 Дж/см². В низкофосфористых чугунах критическая скорость кристаллизации 350—420 мкм/гс, а при содержании 0,3—0,35% Р она не превышает 40—70 мкм/гс. Поэтому тонкостенные отливки имеют отбел, что снижает стабильность механических и фрикционных свойств ваграночного чугуна. Термическая стойкость чугуна при термоциклировании в интервале 20↔800 °С составляет 260—336 циклов, а величина износа при сухом трении на машине мод. И47-К54 — 288—430 мг/гс.

В отливках из синтетического чугуна состава 2 отмечены более высокие характеристики механических и фрикционных свойств, которые в среднем на 12—18% были выше, чем у ваграночного чугуна. Термическая стойкость при термоциклировании — 371—400 циклов. Однако отмечалась более высокая склонность синтетического чугуна к отбелу, что снижает характеристики его фрикционных свойств. Фрикционный износ при сухом трении колебался в широких пределах (от 196 до 268 мг/гс) при изменении твердости от 210 до 241 НВ. Поэтому проведены более широкие исследования по влиянию и других микролегирующих и модифицирующих добавок на стабильность механических и фрикционных свойств чугуна состава 3 в отливках. Температура перегрева расплава в печи составляла 1450—1470 °С.

В табл. 2 приведены данные о влиянии ряда микролегирующих и модифицирующих элементов на механические и фрикционные свойства синтетических чугунов. Фрикционные отливки имели толщину стенок от 30 до 40 мм. Температура заливки песчано-глинистых форм — 1330—1350 °С. Испытания показали, что в фосфористых (0,15—0,4% Р) чугунах при модифицировании расплава такими добавками, как иттрий, бор, церий и сурьма, в количестве от 0,03 до 0,1% от массы расплава достигается измельчение литой структу-

ры и включений фосфидной эвтектики и повышение прочностных и фрикционных свойств чугуна в отливках.

Для оценки влияния микролегирования и модифицирования на фрикционные свойства износостойких чугунов проведены испытания фрикционной теплостойкости и задиристости в условиях трения при высоких удельных давлениях (10—25 МПа) и скоростях скольжения до 15,5 м/с. Установлено, что скорость изнашивания образцов из немодифицированного чугуна состава 2 значительно повышается при достижении на поверхности контакта температуры 380 °С и режиме трения, когда $PV = 180—240$ МПа·м/с, соответствующего удельной нагрузке в 18—22 МПа и скорости 10—12 м/с. Комплексно микролегируемые и модифицированные чугуны имеют высокие характеристики задиристости и фрикционной теплостойкости (испытания по ГОСТ 23210-80) при контактных давлениях 20—25 МПа и увеличении температуры на поверхностях контакта до 450—600 °С.

Повышение однородности структуры, прочностных и фрикционных свойств установлено в микролегируемых чугунах, полученных с использованием азотированного ферромolibдена и азотированного феррованадия. Карбонитридное упрочнение структуры этих чугунов обеспечивает высокий коэффициент трения ($f = 0,29—0,34$), стабильный коэффициент фрикционной теплостойкости до 500—600 °С и повышенную термическую стойкость ($C_T = 435—462$ циклов в температурном интервале 20↔800 °С).

Модифицирование чугунов титаном и алюминием также увеличивает однородность структуры литого металла, прочностные свойства и термическую стойкость, но при этом коэффициенты трения и фрикционной теплостойкости и их стабильность при повышении температуры до 450—650 °С снижаются. Поэтому Ti и Al не могут быть рекомендованы для внепечной обработки Fe—Si—

Таблица 2.

Присадка модифицирующих компонентов, мас. %						Содержание микролегирующих элементов, мас. %					Предел прочности, МПа	Ударная вязкость, Дж/см ²	Износостойкость, мг/гс	Коэффициент трения f	Термическая стойкость, цикл
Бор	Иттрий	Титан	Церий	Сурьма	Алюминий	Р	Мо	V	Ni	N					
0,03	—	—	—	—	—	0,2	—	—	0,1	—	211	24	252	0,23	412
—	0,04	—	—	—	—	0,15	—	0,17	—	0,13	242	32	184	0,21	438
—	—	0,05	—	—	—	0,15	—	—	0,2	—	216	21	247	0,16	406
—	—	—	0,06	—	—	0,2	0,4	—	0,2	0,11	289	36	175	0,24	454
—	—	—	—	0,08	—	0,2	0,5	0,18	—	0,12	276	25	218	0,22	446
—	—	—	—	—	0,04	0,3	—	—	0,35	—	227	21	249	0,17	432
—	0,06	—	—	—	—	0,18	—	0,23	—	0,15	292	34	166	0,29	445
0,05	—	—	0,05	—	—	0,18	0,5	—	0,17	0,12	306	36	152	0,32	462
—	—	—	—	0,1	—	0,40	—	0,2	—	0,1	241	28	191	0,34	435

Ст—Р-расплавов при изготовлении литых деталей тормозных устройств.

Чугуны с карбонитридным упрочнением, содержащие 0,15—0,40% Р, 0,4—0,5% Мо, 0,1—0,2% Ni, 0,18—0,23% V, 0,03—0,05% В и 0,03—0,15% N, обладают высокими характеристиками фрикционных свойств и стабильным коэффициентом трения до 600 °С. Такие комплексно микролегированные чугуны могут быть рекомендованы для изго-

товления тормозных колодок, фрикционных накладок и толстостенных тормозных барабанов с целью повышения их надежности и долговечности.

Литература

1. Карпенко М. И., Марукович Е. И. Износостойкие отливки. Мн.: Наука и техника, 1984.
2. Производство износостойких отливок / Б. К. Святкин, М. И. Карпенко, Л. А. Карпионов. М.: ВНИИТЭМР. 1991.
3. Карпенко М. И., Марукович Е. И. Легирование и модифицирование чугунов для износостойких отливок // Литейное производство. 1999. № 9. С. 27—28.



ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН БЕЛАРУСИ



**У Вас остаются отходы цветных и черных металлов?
 У Вас нет цветного проката нужного диаметра?**

НЕТ ПРОБЛЕМ!

Оборудование для непрерывного горизонтального литья!

*Для государственных предприятий и частных фирм
 Институт технологии металлов НАН Беларуси
 может предложить технологию, изготовить и поставить под ключ
 установки для производства высококачественных
 непрерывнолитых заготовок с заданными свойствами
 из цветных сплавов и чугуна.*

*Шихтой могут служить как кондиционные материалы,
 так и отходы производства.*

*Потребителями наших разработок являются предприятия
 Республики Беларусь, России, Украины, Южной Кореи.*