



Influence of microalloying and modifying elements on structure and characteristics of perlitic antifriction cast irons with vermicular graphite is investigated.

А. П. МЕЛЬНИКОВ, ОАО «БЕЛНИИЛИТ»,
М. И. КАРПЕНКО, В. М. КАРПЕНКО, ГГТУ им. П. О. Сухого,
У. С. ХОМЕЦ, РУП «ГЛЗ «ЦЕНТРОЛИТ»

УДК 621.74:669.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОЛЕГИРУЮЩИХ И МОДИФИЦИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПЕРЛИТНЫХ ЧУГУНОВ

Чугуны с перлитной металлической основой широко используются для изготовления сложно-напряженных литых деталей цилиндропоршневой группы автотракторных и комбайновых двигателей, корпусных отливок металлорежущих станков и деталей гидроаппаратуры в станкостроении и многих других литых деталей для машиностроения. В связи с постоянным ростом мощностей машин и агрегатов к литым заготовкам повышаются требования не только по прочности и твердости, но и по ударной вязкости, износостойкости и сопротивляемости усталости при динамических и знакопеременных нагрузках.

В последние годы при выплавке антифрикционных и фрикционных перлитных чугунов наряду с микролегированием их медью и никелем стали использовать сфероидизирующие, инокулирующие и графитизирующие модификаторы. Это позволяет получать в отливках, работающих в условиях трения, не только пластинчатый, но и шаровидный и вермикулярный графит, существенно повысив физико-механические, технологические и эксплуатационные свойства чугуна.

Ранее в работе [1] приведены особенности процессов производства ряда корпусных отливок из высокопрочных чугунов с вермикулярным и шаровидным графитом. Было показано, что из-за высокого содержания примесных элементов в металлическом леме и стружке в структуре чугуна преобладает перлитная металлическая основа. Твердость 241–275 НВ, а относительное удлинение не превышает 3–5%.

В настоящей работе преимущественно исследовали влияние микролегирующих и модифицирующих элементов на структуру и свойства пер-

литных антифрикционных чугунов с вермикулярным графитом.

Для исследования качества микролегирования и модифицирования использовали чугун, выплавленный в открытых индукционных печах с использованием рафинированных литейных чугунов, стального и чугунного лома и стружки, вводимой в количестве 10–15% от металлозавалки. Температура плавки 1450–1480 °С. Микролегирующие и модулирующие добавки вводили в раздаточные ковши при выпуске чугуна из печи.

Из модифицированного чугуна отливали стандартные образцы диаметром 30 мм для исследования структуры и механических свойств, технологические пробы на отбел, а также отдельные ответственные отливки для автотракторных двигателей гидроаппаратуры и металлорежущих станков.

В табл. 1 приведены химические составы исследованных чугунов в отливках, а в табл. 2 – отдельные характеристики их структуры и механических свойств. В качестве технологических примесей в чугунах присутствовали сера (до 0,02%) и фосфор (0,05–0,06%).

Для внепечной обработки расплавленного металла использовали редкоземельные металлы, силикобарий, ферробор, ферротитан и комплексный модификатор [2], содержащий 25–40% ферросилиция марки FeSi75Al1, отсева сплава ФСМ-7 по ТУ 14-5-134-86 в количестве 25–40% и измельченный графит – остальное. Структуру чугуна в отливках оценивали в соответствии с ГОСТ 3443-87.

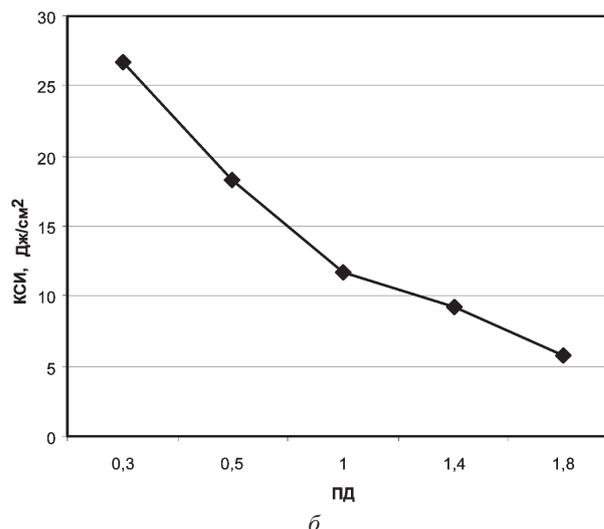
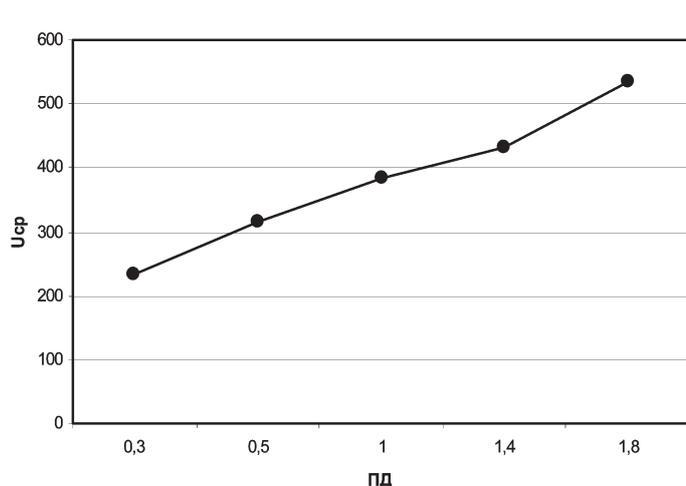
Металлографические исследования структуры цилиндрических стандартных образцов диаметром 30 мм показали, что при использовании

Т а б л и ц а 1. Химические составы исследованных чугунов

Чугун	Содержание элементов в чугунах, мас.%												
	основные компоненты						микродобавки						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	PЗМ	Ca	Ba	Mg	Al	B	Ti
1	3,7	2,6	0,8	0,12	0,1	0,2	0,01	0,03	–	–	0,02	–	0,02
2	3,5	2,4	0,6	0,05	0,2	0,3	0,02	0,01	–	0,02	0,03	–	0,07
3	3,5	2,4	0,6	0,06	0,2	0,3	0,02	–	0,01	0,02	0,01	0,04	–
4	3,2	2,2	0,5	0,05	0,1	0,3	0,02	0,01	0,02	0,05	0,01	–	0,2
5	3,1	2,3	0,4	0,05	0,2	0,2	0,05	–	0,03	0,02	–	0,12	–
6	3,6	1,8	0,8	0,07	–	–	0,02	0,02	–	0,03	0,01	–	0,03

Т а б л и ц а 2. Структура и механические свойства исследованных чугунов

Чугун	Структура		Механические свойства чугунов в отливках				
	дисперсность перлита	форма графита	σ_b , Дж/см ²	НВ	a_n , Дж/см ²	удароустойчивость, тыс. циклов	износ при сухом трении, мг/гс
1	ПД 1,4	Пластинчатый	285	207	10	2,1	420
2	ПД 0,5	ВГ	341	229	16	3,2	365
3	ПД 0,5	ВГ	355	238	19	3,1	272
4	ПД 0,3	ШГ	570	235	28	3,6	212
5	ПД 1,0	ВГ	452	241	12	3,4	396
6	ПД 0,5	ВГ	386	236	21	2,8	328



Влияние дисперсности перлита в чугунах с вермикулярным графитом на средний износ при трении (U_{cp}) (а) и ударной вязкости (КСИ) (б)

модификаторов без магния и бора дисперсность перлита низкая, а износ перлитных чугунов при сухом трении высокий. При содержании в комплексном модификаторе 0,02–0,05% РЗМ и 0,02–0,05% магния дисперсность перлита в чугунах значительно повышается, что способствует увеличению ударной вязкости и износостойкости при интенсивном трении. Наиболее высокие показатели износостойкости и динамической прочности имели перлитные чугуны с дисперсностью перлита ПД 0,3 и ПД 0,5. На рисунке приведены результаты оценки влияния дисперсности перлита на средний износ при интенсивном сухом тре-

нии (U_{cp}) и ударную вязкость (КСИ) модифицированного чугуна с вермикулярным графитом.

В серых перлитных чугунах, микролегированных медью, никелем и ферротитаном, ударная вязкости была низкой и колебалась в пределах 7,5–10,8 Дж/см². При введении комплексного модификатора, содержащего РЗМ, магний, кальций и алюминий, ударная вязкость повышалась до 15–24 Дж/см².

На основе проведенных исследований разработан состав серого перлитного чугуна [3], содержащего 3,0–3,7% С; 2,0–2,4% Si; 0,5–0,8% Mn; 0,002–0,02% Mg; 0,012–0,2% Cr; 0,003–0,05% РЗМ;

0,002–0,03% Са; 0,002–0,1% Al и Fe – остальное. Дисперсность перлита в цилиндрических образцах диаметром 30 мм составляет ПД 0,3 – ПД 1,0. Чугун обладает повышенной динамической прочностью. Твердость чугуна 221–229 НВ. Форма включений графита в отливках ПГф2 и ПГф3, длина включений графита – от 30 до 90 мкм.

Для изготовления сложнапряженных деталей комбайновых и других двигателей совместно с сотрудниками Ярославского государственного технического университета разработан высокопрочный чугун [4], обладающий повышенными характеристиками ударной вязкости и износостойкости.

Литература

1. Карпенко М. И., Сайков М. А., Мамаева М. В. и др. Особенности процессов производства корпусных отливок из высокопрочных чугунов // *Литье и металлургия*. 2009. № 3, С. 169–174.
2. Карпенко М. И., Марукович Е. И., Сусло П. П. и др. Комплексный модификатор чугуна // Пат. ВУ № 9935.
3. Карпенко М. И., Мельников А. П., Сусло П. П. и др. Серый перлитный чугун // Пат. ВУ № 10446.
4. Алов В. А., Карпенко М. И., Епархин О. М. и др. Высокопрочный чугун // Пат. ВУ 2298048.