

таллической матрицы чугуна и относительно равномерно распределены по поверхности шлифа.

Металлографические исследования образцов чугуна показали, что структура исходного чугуна состоит из ледебурита и небольших участков перлита; структура чугуна, модифицированного ФС65, является феррито-перлитной (Ф20 П80) с включениями пластинчатого графита (ПГф1, ПГд180, ПГр1, ПГ4); структура чугуна, модифицированного алюминиевой стружкой, - феррито-перлитная (Ф30 П70, ПГф1,2, ПГд90, ПГр2, ПГ10); модифицирование чугуна ЭТВ приводит к резкому измельчению графита, улучшению его формы и перлитизации матрицы (Ф5 П95, ПГф4, ПГд25,45, ПГр3+ПГр7, ПГ12).

Отбел в образцах исходного чугуна составил 7-10 мм, а в образцах модифицированного чугуна наблюдали излом клиновых проб без отбела. Предел прочности на растяжение составил: в исходном чугуне - 180 МПа, модифицированном: ЭТВ - 230 МПа, алюминиевой стружкой - 200 МПа, ФС65 - 140 МПа.

Предложенный механизм заключается в следующем:

- кислород окалины интенсифицирует процесс образования мелкодисперсных неметаллических включений в чугуне, служащих подложкой для образования зародышей графита;
- равномерное распределение алюминия в объеме расплава при высоких температурах экзотермической реакции способствует выделению дополнительных мелких графитовых включений.

Применение ЭТВ в качестве модификатора для серых чугунов позволяет проводить модифицирование при небольшом перегреве расплава и несколько повышать его температуру в ковше.

Р.А. Сидоренко  
УГТУ-УПИ

#### АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СЕРНИСТОГО КОВКОГО ЧУГУНА

Сернистый ковкий чугун (СКЧ), защищенный авторским свидетельством №437426, отличается тем, что в его структуре присутствуют легкоплавкие сульфиды железа, а не сульфиды марганца, как это имеет место в обычных ковких и серых чугунах. Во время отжига сера, не связанная марганцем, растворяется в аустените и, благодаря своим

поверхностно-активным свойствам, оказывает влияние на диффузию углерода, блокируя пути его ускоренной доставки к графиту. Последний в связи с этим приобретает шаровидную или высококомпактную форму. Другой особенностью СКЧ является невозможность его ферритизации, в связи с чем металлическая матрица является чисто перлитной.

Наличие в структуре СКЧ графита, хорошо удерживающего смазку перлитной матрицы, значительно более твердой, чем феррит, и сульфидов железа, препятствующих схватыванию трущихся поверхностей, позволяли ожидать хороших антифрикционных свойств этого материала.

Антифрикционные свойства СКЧ сравнивали с классическими антифрикционными материалами - бронзами и латунями. Испытания при сухом трении провели на машине МИ-1М при давлении 0,71 МПа. Были изготовлены колодки из СКЧ (твердость 248-255 НВ), бронзы А10ЖЗМц2 (твердость 149-152 НВ) и ролики из стали 20ХН4ФА (твердость 255-262 НВ). Ролик вращался со скоростью 400 об/мин и совершал за время испытаний 150 тыс. оборотов. Было испытано по 10 колодок из СКЧ и бронзы. Износ бронзы оказался в 2,21 раза больше, чем чугуна, а износ парных ей роликов был в 6,65 раза больше, чем роликов, работавших в парах с чугуном. При доверительном интервале износа колодок  $\pm 20\%$  от среднеарифметического доверительные вероятности составили 0,999 для чугуна и 0,90 для бронзы.

Испытания в масляной среде проводили на машине СМЦ-2 по режиму - притирка 4 часа, испытания - 24 часа при скорости вращения диска 300 об/мин. В случае диска из стали 35Х и давлении 0,75 МПа средний износ колодок из бронзы А9Ж4 был в 6,6 раза больше, чем колодок из СКЧ, а для латуни ЛМцА57-3-1 этот показатель составил 47 раз. Износ же дисков, работавших в паре с бронзой, был в 5,5 раза, а парных латуни - в 2,8 раза больше, чем дисков, работавших в паре с СКЧ.

В случае дисков из стали 40Х и давлении 1,5 МПа износ бронзы был в 57 раз, а латуни в 408 раз больше, чем у СКЧ. Средний износ дисков, парных бронзе, был в 0,43, а парных латуни - в 1,2 раза больше по сравнению с дисками, парными СКЧ.

При доверительном интервале износа колодок  $\pm 50\%$  от среднеарифметического доверительные вероятности составили 0,68; 0,18 и 0,42 в первом варианте и 0,85; 0,43 и 0,45 - во втором варианте испытаний для СКЧ, бронзы и латуни соответственно.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что при указанных выше условиях трения СКЧ превосходит бронзы и латуни по анти-

фрикционным свойствам. Это обстоятельство с учетом многократно большей стоимости бронз и латуней говорит об исключительной актуальности широкого внедрения СКЧ как антифрикционного материала.

Л.И. Агапова,  
В.Б. Поль  
УГППУ

### СРАВНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НЕФТЯНЫХ НАСОСОВ

Повышение износостойкости деталей машин и агрегатов является одним из важнейших параметров их долговечности.

Исследована износостойкость перлитного и бейнитного высокопрочных чугунов и стали 30X13, работающих в паре с азотированной сталью 38X2MOA со смазкой и без смазки применительно к условиям эксплуатации нефтяных насосов. Испытание образцов проводилось на установке СМЦ-2 при нагрузке 200 Па и скорости вращения диска 500 об/мин, что соответствовало линейной скорости взаимного перемещения 1,31 м/с (колодки из испытуемых материалов, диск - из стали 38X2MOA). В качестве смазки применялся однопроцентный раствор NaCl в воде. Химический состав чугунов приведен в таблице.

Чугун выплавлялся в индукционной печи ИСТ-016, обрабатывался лигатурами ФСЗОРЭМЭО и ФСМг7КО,3 для получения шаровидного графита. Обработанный расплав заливался в песчано-глинистые формы в виде цилиндрических заготовок, из которых вырезались образцы-колодки. Для получения перлитной структуры (чугун ПВЧ) образцы подвергались

Химический состав чугунов с перлитной (ПВЧ)  
и бейнитной (БВЧ) структурой

Марка чугуна	Содержание элементов, %								
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo	Mg <sub>ост</sub>
ПВЧ	3,60	2,50	0,32	0,023	0,009	0,44	1,09	-	0,043
БВЧ	3,65	2,82	0,30	0,030	0,006	0,49	0,60	0,27	0,040