

ВЛИЯНИЕ ДИФфуЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА КАВИТАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СЕРОГО ЧУГУНА

Л.Г.Ворошнин, М.М.Абачараев, Г.Ф.Протасевич

Необходимость повышения кавитационной стойкости чугуна возникла в связи с тем, что скорость разрушения втулок цилиндров быстроходных дизелей с внешней водоохлаждаемой стороны в 5-10 раз превосходит скорость их истирания с внутренней стороны.

В различных работах было изучено влияние азотирования [1-4], цинкования [1,5,7], покрытия лаками [6], гальванического хромирования [1,7] втулок цилиндров на сопротивление их кавитационному разрушению. Ни один из вышеуказанных способов, кроме гальванического хромирования, не привел к заметному повышению кавитационной стойкости чугуна. Поэтому проблема изыскания эффективного способа повышения кавитационной стойкости чугунных втулок цилиндров быстроходных дизелей не утратила своей остроты.

Ниже приводятся результаты исследования влияния различных диффузионных покрытий на кавитационную стойкость гильзового чугуна. Образцы из гильзового чугуна завода "Диздизель" диаметром 30 мм и толщиной 3 мм перед испытаниями на кавитационную стойкость были подвергнуты борированию, силицированию и хромосилицированию. Режимы химико-термической обработки приведены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Режимы химико-термической обработки образцов
из гильзового чугуна марки СЧ28-48

№ пп	Способ упрочнения	Состав расплава	Температура процесса, °С	Время насыщения, час.
1	2	3	4	5
1	Жидкостное борирование	70% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + +30% B_4C	950	6

1	2	3	4	5
2	Жидкое покрытие	70% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + +30% SiC	950	6
3	Силицирование	70%(70% Na_2SiO_3 + +30% SiC) + 30% NaCl	950	6
3	Электролитное хромо-силицирование (плотность тока электролиза 0,2-0,3а/см ²)	75% Na_2SiO_3 + + 15% Cr_2O_3 + + 10% NaCl	1070	4

После обработки по первому варианту был получен боридный слой толщиной 160-170 мк (толщина сплошного слоя боридов составляла 80-90 мк). При борировании в расплаве бора с карбидом кремния (обработка по 2-му варианту) толщина диффузионного слоя не превышала 60-70 мк, причем иглы боридов были разоблены участками кремнистого феррита и не образовывали сплошного слоя. Силицирование по указанному в табл. I режиму не привело к образованию слоя α -фазы заметной толщины, происходило лишь легирование поверхности чугуна кремнием - без γ - α перекристаллизации. Очень тонкие прослойки кремнистого феррита наблюдались по границам бывших аустенитных зерен. При хромо-силицировании на поверхности чугуна образовался ровный карбидный слой толщиной 25-30 мк.

Испытания на кавитационную стойкость проводились на установке ЦНИИ, основой которой является магнито-стрикционный генератор УЗМ-1,5, при следующих условиях:

1. Частота колебаний - $19,5 \pm 0,2$ кгц
2. Амплитуда колебаний - 13 ± 1 мк
3. Температура воды - 55°C

Полученные результаты приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Результаты кавитационных испытаний образцов из гильзового чугуна СЧ 28-42, подвергнутых различным видам химико-термической обработки

№ пп	Вид упрочнения	Вес образца до испытания, г	Потеря веса за время испытаний, г			
			30 мин.	60 мин.	90 мин.	120 мин.
I	Исходный (структура: П+Г+фосфидная эвтектика)	25,8064	0,0264	0,0644	0,1189	-
2	Борирование в расплаве буры с карбидом бора	27,0758	0,0408	0,1478	-	-
3	Борирование в расплаве буры с карбидом кремния	26,1550	0,1096	-	-	-
4	Силицирование	26,8725	0,0146	0,0223	0,0388	0,0666
5	Хромосилицирование	27,7122	0,0186	0,0374	0,0628	0,0913

Из приведенных данных видно, что борирование не повышает кавитационной стойкости чугуна. Напротив, скорость разрушения увеличивается. Изучение поверхности образцов после испытания показывает, что разрушение боридного слоя происходит крупно. По всему полю образца видны крупные очаги разрушения, простирающиеся на всю глубину боридного слоя. Подобный характер разрушения, по-видимому, обусловлен значительной хрупкостью боридов железа и недостаточной прочностью связи боридного слоя с основой чугуна. В процессе испытаний уже после 30 мин. на поверхности борированных образцов обра-

появилась желто-коричневая пленка окислов. Аналогичные результаты были получены и при испытании борированных образцов, обработанных по 2-му варианту (см. табл. I). Значительно лучшие результаты были получены при испытании силицированных и хромосилицированных образцов. Состояние поверхности даже в случае испытания в течение 120 мин. было более удовлетворительным, чем на исходных образцах после 90-минутного испытания. Потеря веса после 90-минутного испытания на силицированных образцах была в 3,0 раза, а на хромосилицированных - в 2 раза ниже, чем на исходных. Сколы карбидного слоя хромосилицированных образцов на отдельных участках имели место после испытания в течение 90 мин. и выше. Кавитационное разрушение имело место только в местах сколов карбидного слоя. На силицированных образцах разрушение происходило более равномерно.

В процессе испытаний хромосилицированные образцы практически не окислялись.

Дальнейшие исследования были направлены на изыскание оптимальных режимов силицирования и хромосилицирования. Исследовано 10 различных составов расплавов для силицирования. Температура насыщения варьировалась от 950 до 1050°C, время насыщения - от 2 до 6 час. Однако заметно повысить кавитационную стойкость по сравнению с первоначально полученным результатом (см. табл. 2) не удалось. После обработки по оптимальному режиму: $t = 1000^\circ\text{C}$, $\tau = 4$ часа, расплав: 15% SiC + 85% [80% Na_2SiO_3 + 20% NaCl] потеря веса за 2 часа испытаний составила 0,06 г. Указанная закономерность объясняется тем, что силицирование не изменяет формы, расположения и размеров графитных включений, а влияет лишь на физико-механические свойства металлической основы.

При изменении оптимальных условий хромосилицирования опробовано 7 различных расплавов. Температура насыщения варьировалась от 1000 до 1100°C, время насыщения - от 2 до 6 час.

При хромосилицировании по оптимальному режиму: $t = 1100^\circ\text{C}$, $\tau = 4$ часа, потерю веса при кавитации удалось снизить до 0,025 + 0,030 г., т.е. повысить кавитационную стойкость чугуна по сравнению с исходным состоянием в 4-5 раз.

Подобные же результаты проверены в производственных условиях. Хромосилицированные втулки цилиндров дизелей Ч8,5/II, изготовленные из серого чугуна СЧ 28-48, прошли испытания

в дизельной лаборатории завода "Дагдизель". Испытания проводились по ускоренному непрерывному 500-часовому режиму. Для этого был увеличен зазор между поршнем и втулкой до 0,3 мм, понижена температура воды до 55-60°C, увеличена нагрузка на дизель до 110%.

Визуальный осмотр водоохлаждаемой поверхности опытных втулок и втулок с исходной необработанной поверхностью показал, что хромосилицированные втулки не имели каких-либо следов кавитационного разрушения, в то время, как поверхность необработанных втулок на стороне, лежащей против топливного насоса, имела вдоль образующей втулки неглубокие, но значительные по площади (до 20-25 мм²) очаги разрушения. Наблюдалось скопление каверн ближе к нижнему уплотнительному поясу.

Хромосилицирование оказалось более эффективным способом защиты чугуна от кавитации в связи с тем, что оно устраняет непосредственный выход графитных включений на поверхность чугуна. Количество и размеры графитных включений непосредственно под диффузионным слоем также уменьшаются. Хромосилицированный слой обладает высокой механической прочностью и коррозионной стойкостью.

В ы в о д ы

1. Борирование не защищает серый чугун от кавитационного разрушения.

2. Наиболее эффективным из исследованных способов повышения кавитационной стойкости чугуна является хромосилицирование.

Целесообразно провести испытания хромосилицированных втулок на промышленной партии дизелей.

Л и т е р а т у р а

1. Д. М. Л и х о ш е р с т о в , Ю. С. Ч е р в я к о в .
Повышение кавитационно-эрозионной и коррозионной стойкости деталей двигателя. "Металловедение и термообработка", №1, 1963.

2. А. Д. М о и с е е в . Влияние поверхностной твердости на эрозионную стойкость сталей. "Теплоэнергетика", №4, 1954.

3. А. Д. М о и с е е в . Влияние азотирования на эрозионные свойства малолегированной стали, применяемой для рабочих органов паросилового оборудования. "Вестник машиностроения", №4, 1954.

4. А. А. Ю р г е н с о н . Выбор режима азотирования и глубина азотированного слоя. "Металловедение и термообработка", №12, 1961.

5. H e i n r i c h W i g a r d, H a n s - H e r m a n P i l t z. "Motortechnik Zeitung", N 6, 1964.

6. Н. Н. И в а н ч е н к о . Труды ЦНИДИ, №20, 1952.

7. E r h a r d. P f l u g, H a n s - H e r m a n P i l t z. "Motortechnik Zeitung", N 3, 1965.