

## РАЗДЕЛ 4

### ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ

#### 4.1. Применяемые материалы для втулок и гильз цилиндров

К материалам втулок и гильз цилиндров двигателей предъявляется ряд требований: высокая механическая прочность, плотность, износостойкость, стабильность структуры, хорошая удерживаемость смазки, резерв работоспособности при временно отсутствующей смазке, коррозионная и кавитационная стойкость, хорошая обрабатываемость, технологичность и дешевизна. Наибольшее распространение в серийном производстве двигателей получили сталь и чугун [154]. Стальные втулки используются для быстроходных форсированных дизелей и специальных двигателей легковых автомобилей, судов и тепловозов. Наиболее характерными представителями этой группы сталей являются азотируемые стали марок 35ХМЮА, 38ХМЮА, 30ХЗВА, 38ХВФЮА. Заготовки таких втулок получают из цельнотянутой толстостенной трубы с последующей высадкой бурта. Для втулок малого и среднего диаметра высокооборотных дизелей применяются и более дешевые стали марок 50Г, 40Х. Также используется графитизированная сталь типа ЭИ336. Для повышения износостойкости стальные втулки наиболее часто азотируют, закаливают, хромируют или упрочняют другим способом. Стальные втулки без упрочнения не применяются.

Для втулок цилиндров высокооборотных двигателей малой удельной массы небольших диаметров используют сплавы на алюминиевой основе, легированные медью, магнием, никелем, кремнием, типа силуминов – АЛ2, АЛ5, АЛ7, АЛЮВ. Для обеспечения высокой износостойкости рабочую поверхность покрывают слоем пористого хрома, который обеспечивает хорошую прирабатываемость и сопротивляемость задиру. Для более

надежной работы втулки в верхнюю зону может устанавливаться износостойкая нирезистовая вставка.

Двигатели воздушного охлаждения, как правило, имеют биметаллические втулки: внутренняя поверхность – чугунная, а наружная, ребристая, – из алюминиевого сплава.

Высокой износостойкостью, приближающейся к износостойкости чугуна, обладает алюминиевый сплав, содержащий 15...18 % кремния, а также медь, натрий, титан, железо. После анодного травления в растворе азотнокислого натрия этот сплав приобретает высокую износостойкость и хорошую прирабатываемость.

В последнее десятилетие втулки цилиндров экспериментальных адиабатных двигателей изготавливают из композиционных материалов, полученных методами порошковой металлургии. Такие втулки имеют уникальные, присущие композиционным материалам, свойства: высокую износостойкость, низкую теплопроводность (нужную для адиабатных двигателей), хорошую маслостойкость поверхности, высокую задиростойкость, достаточную прочность и ряд других положительных свойств. Ресурс таких втулок в несколько раз выше чугунных. Но они продолжают оставаться экзотическими деталями ввиду их очень высокой стоимости (до 40 раз дороже чугунных).

Но наибольшее распространение для вставных втулок и гильз цилиндров и для блоков цилиндров, отлитых вместе с цилиндрами, получил серый чугун (табл. 4.1).

Как видно из таблицы, составы чугунов втулок, используемые разными фирмами, довольно близки (схожи), так же близки их структура и механические свойства. Это преимущественно низколегированные или среднелегированные перлитные чугуны.

Реже используются высокопрочные чугуны с шаровидным графитом, аустенитные чугуны типа нирезиста, а также высоколегированные чугуны с карбидной сеткой в перлитной или аустенитной основе.

Таблица 4.1

## Химический состав чугунов втулок цилиндров

Фирма	Химический состав, % мас.										Твердость, HB
	C	Si	Mn	P	Cu	Cr	Mo	Ni	S		
“Гарцер Верке”, Германия	3,0...3,4	2,0...2,5	0,6...0,1	0,4...0,7	-	0,4...0,5	-	0,2...0,4	0,12	220...260	
“Центролит”, Болгария	3,2...3,6	2,0...2,4	0,5...1,0	0,5...1,0	0,1...0,3	0,3-0,5	-	-	0,1	220...280	
Югославия	3,2...3,5	2,0...2,3	0,7...0,9	0,3...0,4	-	0,3...0,4	0,1...0,3	-	0,06	220...270	
“Рено”, Франция	3,3...3,4	2,2...2,5	0,7...1,0	0,3...0,5	-	0,2...0,3	-	-	0,05	220...260	
“Вольво”	3,2...3,5	2,5...2,8	0,5...0,7	0,6...0,8	до 0,2	0,4...0,6	до 0,2	-	-	240...280	
“Вельверт”	3,2...3,5	2,0...2,5	0,6...1,0	0,4...0,6	-	0,3...0,5	-	-	-	230...250	
“Дорман”	3,0...3,3	1,7...2,3	0,7...1,2	0,4...0,6	-	0,3...0,6	-	-	-	230...280	
“Сааб”	3,2...3,5	2,7...3,2	0,6...0,8	0,6...0,8	-	0,5...0,7	-	-	-	240...270	
“Брига”	3,2...3,5	2,0...2,6	0,6...0,1	0,4...0,6	-	0,3...0,5	до 0,4	-	-	230...280	
“Брига”	3,2...3,7	1,6...2,2	0,8...1,0	0,6...0,8	0,4...0,6	0,4...0,7	-	-	-	230...280	

Фирма	Химический состав, % мас.											Твер- дость, HB
	C	Si	Mn	P	Cu	Cr	Mo	Ni	S			
“Брига”	2,7...2,69	1,6...2,2	0,8...1,0	0,6...0,8	6,0...8,0	1,7...2,1	-	13...16	-			180...240
Польша	3,2...3,4	2,3...2,8	0,6...0,9	0,6...0,8	0,3...0,5	-	-	до 0,2	-			230...280
“Берлиг”	3,1...3,5	1,8...2,5	0,8...1,1	0,2	-	0,2...0,3	-	-	-			230...270
“Гуммин”	3,1...3,5	1,8...2,5	0,5...0,6	0,2	0,6...1,0	0,22...0,4	до 0,2	до 0,3	-			220...270
“Франклин”	3,1...3,4	1,9...2,1	0,6...0,9	0,15	0,6...0,8	0,1...0,4	-	до 0,6	-			220...270
“Шебридге”	2,6...2,8	1,6...2,0	1,0...1,2	до 0,615	-	1,2...2,0	-	14...16	-			180...240
“Шебридге”	3,1...3,2	1,8...2,3	0,3...0,5	-	-	-	-	1,0...1,3	Mg 0,06... 0,08			280...300
“Шебридге”	3,1...3,2	1,8...2,3	0,3...0,5	-	0,8...0,9	-	Al 0,8...1,0	-	Mg 0,06... 0,08			230...280
“Мерседес” OM402, 423	3,3...3,4	1,8...2,1	0,6...0,8	0,3...0,4	-	0,3...0,4	0,3...0,5	0,05...0,1				235...255
“Тевис-Томпсон” A-70	3,2...3,5	1,8...2,2	0,6...1,0	0,3...0,5	-	0,2...0,5	-	0,2...0,5				220...280

Фирма	Химический состав, % мас.										Твердость, HB
	C	Si	Mn	P	Cu	Cr	Mo	Ni	S		
“Катерпилер”	3,2...3,6	1,8...2,2	0,5...0,7	0,1...0,3	0,8...1,2	0,2...0,4	0,6...0,8	0,2...0,4			240...260
“Джон-Дир”	3,4...3,8	1,6...2,1	0,4...0,6	0,2...0,4	0,4...0,6	0,2...0,4	-	0,4...0,6			227...260
“MAN”	3,7...4,2	1,0...1,5	0,2...0,4	0,1...0,04	0,4...0,8	0,2...0,4	0,2...0,5	-			220...260
Китай, 6ЧН 20/27	2,7...3,2	1,5...2,0	0,8...1,10	до 0,15	0,8...1,2	0,2...0,4	0,8...1,4	-	до 0,12		200...240
“КАМАЗ-740”	3,2...3,5	2,1...2,4	0,6...0,8	до 0,2	0,15...0,40	0,2...0,45	-	0,15			38...45
“ЗИЛ-645”	3,2...3,5	1,9...2,4	0,6...0,9	0,3...0,4	-	0,3...0,5	0,3...0,6	0,1...0,15			227...260
“Киевтрактордеталь”	3,1...3,4	2,1...2,4	0,7...1,0	до 0,15	0,3...0,4	0,3...0,5	-	0,15...0,2	0,12		220...250
“Двигатель революции”	2,9...3,2	1,1...1,5	0,8...1,2	до 0,2	-	до 0,4	-	0,15...0,3	до 0,12		193...255
“Первомайскдизельмаш”	2,9...3,5	1,3...1,7	0,8...1,2	до 0,15	-	до 0,4	-	до 0,3	до 0,12		187...241
Авторский	3,0...3,4	1,9...2,1	0,7...0,9	до 0,10	0,5...0,800	0,45...0,60	0,25...0,45	0,2...0,4	до 0,12		223...255

Получили распространение также чугуны с промежуточной формой графита – вермикулярные чугуны. Они, как и серые, имеют высокую теплопроводность, прирабатываемость и хорошие литейные свойства. Так же, как и высокопрочные чугуны, имеют высокие механические свойства. Для их выплавки не требуется автоклав. Оптимальное сочетание параметров микроструктуры основы, фосфидной эвтектики, формы и размеров графитовых включений обеспечивает наилучший комплекс служебных свойств материала втулок. Наличие в чугуне крупных включений структурно-свободного феррита или цемента, а также междендритного точечного графита ухудшает износостойкость и задиростойкость чугуна.

Ввиду широкого применения чугуна для втулок цилиндров в следующих параграфах рассмотрим отдельно влияние легирующих элементов в чугуне и технологических факторов на его структуру и свойства.