

4.3. Выплавка комплексно-легированных чугунов с применением лигатуры

В прогрессе двигателестроения важное значение имеет повышение качества чугуна. Для удаления вредных примесей, растворенных в жидком металле, применяются электрохимический, вакуумный и другие способы обработки. Однако они требуют больших капитальных затрат и являются малопродуктивными. При работе чугунов в паре трения весьма эффективно комплексное легирование. Однако выплавка легированного чугуна в вагранках затруднена, малоэффективна. Решение этой проблемы возможно за счет использования лигатур. Применение лигатур имеет существенные преимущества: сокращается расход и время распределения элементов в объеме обрабатываемого металла, повышается процент использования и раскислительная способность элементов, упрощается аппаратное оформление.

Разработанная лигатура содержит хром, медь, титан, ванадий и др. Добавка кальция, магния, иттрия ускоряет растворение тугоплавких металлов (хрома, молибдена) и защищает их от окисления.

Известно, что вагранка имеет ряд достоинств: высокая производительность, высокий КПД и др. Однако имеются и недостатки. Так, выплавка комплексно-легированного чугуна в вагранке связана с большими трудностями. Поэтому введение лигатуры в серый чугун обеспечивает изготовление отливок с требуемыми служебными характеристиками без дефектов с высокой прочностью и твердостью, а, следовательно, с высокой износостойкостью и коррозионной стойкостью.

Для ввода легирующих элементов, имеющих высокую температуру плавления, требуется большой перегрев металла, затрудненный при выплавке чугуна в вагранках, а при выплавке в электропечах, вследствие высокого

перегрева, чугун имеет мелкозернистую структуру и междендритный графит, что отрицательно сказывается на его износостойкости.

В отношении производства втулок цилиндров судовых дизелей перспективным следует считать комплексное легирование чугуна в небольших количествах в сочетании с другими методами упрочнения рабочей поверхности.

Комплексное легирование с использованием лигатуры обеспечивает следующее: минимальный расход легирующих элементов, эффективно воздействующих на чугун; предотвращение отбела, усиление графитизации при затвердевании жидкого чугуна; препятствует образованию феррита и графита с понижением температуры эвтектоидного и аустенитного превращения; улучшает механические свойства и износостойкость без ухудшения обрабатываемости.

Лигатура легкоплавкая, хорошо усваивается и повышает механические свойства и износостойкость чугуна.

Разработанная автором лигатура (а.с. СССР № 773115) имеет следующий состав (% мас.):

- медь – 35...40;
- кремний – 15...20;
- марганец – 6...10;
- фосфор – 5...8;
- хром – 5...7;
- кальций – 0,2...1,5;
- молибден – 2...4;
- ванадий – 1,5...2,5;
- титан – 1,5...2,0;
- иттрий – до 0,05...0,15;
- железо – остальное.

Лигатуру получали сплавлением в электропечи меди, силикокальция, феррохрома и др. Предпосылкой для ввода вышеприведенных элементов было

следующее: медь измельчает перлит и несколько его упрочняет; способствует образованию в трущемся узле режима избирательного переноса, т.е. безызносности; кремний и иттрий способствуют модифицированию графита, получению оптимальной его формы; марганец и хром способствуют образованию сложных карбидов и повышению гетерогенности структуры; кальций обеспечивает экзотермическую реакцию, что не приводит к сильному снижению температуры металла при вводе лигатуры; фосфор необходим для получения в чугунах двойной фосфидной эвтектики и увеличения жидкотекучести при некотором снижении температуры металла при вводе лигатуры; молибден значительно улучшает износостойкость чугуна втулок, особенно при работе двигателя на сернистых топливах; ванадий и титан производят раскисляющее действие и повышают плотность отливки. Ввод этих элементов позволяет получить чугун с оптимальной формой графитовых включений и высокодисперсной металлической матрицей, что обеспечивает чугуну высокую износостойкость.

Лигатура экономична, позволяет легировать металл на желобе или в ковше. Оказывает влияние на увеличение эвтектических гнезд. Лигатура технологична, хорошо дробится, обеспечивает минимальный расход легирующих элементов, может быть легко получена в условиях любого машиностроительного предприятия, где имеются плавильные агрегаты (электрические дуговые, индукционные печи). Состав лигатуры защищен авторским свидетельством.

Лигатура позволяет повысить качество литья, выплавляемого в вагранке, снизить брак по структуре, газовым порам, так как высококачественными отливками принято считать не только получение чугунов с высокими механическими и иными свойствами, но и стабильность этих свойств по сечению отливки, чему способствует дополнительное легирование чугуна медью, хромом, никелем, молибденом, кремнием, обеспечивающим получение из вагранки качественных чугунов с высокими служебными характеристиками.

Комплексное легирование чугуна медью, хромом, ванадием, молибденом, титаном повышает задиростойкость по сравнению с базовым. Повышение служебных характеристик комплексно-легированных чугунов объясняется тем, что на поверхности трения образуются вторичные структуры – белая зона, которая обладает высокой прочностью, микротвердостью. Белый слой комплексно-легированных чугунов равномерно расположен и занимает большую площадь в сравнении с нелегированным серым чугуном марки СЧ25.

Использование более прочных комплексно-легированных чугунов взамен СЧ25 способствует повышению работоспособности пары трения и доведению моторесурса дизеля 6ЧН 25/34 – до первой переборки до 12000-15000 часов.

Технология получения втулок из комплексно-легированного чугуна следующая: лигатура дробилась до 5...10 мм, подогревалась в электропечи до 600...650 °С и вводилась в выплавляемый в вагранке чугун на желобе при температуре металла 1360...1380 °С в количестве 1,5 % от массы жидкого чугуна.

Лигатура хорошо усваивается. Снижение температуры металла практически не наблюдается. Химический состав втулок, полученных с использованием лигатуры, приведен в табл. 4.6.

Длительные стендовые испытания втулок из комплексно-легированного чугуна на двигателе подтвердили, что применение лигатуры для отливки втулок цилиндров дизеля 6ЧН 25/34 обеспечивает повышение ресурса дизеля на 30...35 %. Была отлита контрольная партия втулок цилиндров судовых дизелей ЧН 25/34 в количестве 200 штук для широких эксплуатационных испытаний. Качество отливок хорошее. Брак составил 1,8 % против 8 % при отливке втулок без использования лигатуры.

Разработанная лигатура внедрена на заводе “Первомайскдизельмаш” с подтвержденным экономическим эффектом 1,6 млн. руб. в год (1989 г.)

Таблица 4.6

Химический состав втулок цилиндров дизелей 6ЧН 25/34,
полученных с лигатурой

Материал втулки	Содержание элементов, % мас.											Механические свойства	
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Ti	P	S	σ_b , МПа	HB
СЧ 25	3,14	2,14	0,68	0,25	0,10	-	-	-	-	0,12	0,10	260	192
Втулки с лигатурой 17	2,93	2,32	0,73	0,52	0,15	0,20	0,63	-	0,02	0,15	0,10	300	223
Втулки с лигатурой 18	2,93	2,32	0,73	0,60	0,14	0,20	0,59	0,07	0,02	0,19	0,098	310	223
Втулки с лигатурой 21	3,06	2,32	0,73	0,89	0,15	0,20	0,50	0,09	0,03	0,14	0,10	298	223
Втулки с лигатурой 22	3,06	2,32	0,73	0,89	0,16	0,20	0,56	0,10	0,03	0,14	0,11	299	223
Расчётный состав чугуна с лигатурой	2,9... 3,2	2,1... 2,4	0,7... 0,8	0,5... 0,9	0,15... 0,25	0,2... 0,3	0,5... 0,8	0,05... 0,10	0,02... 0,04	0,15... 0,25	до 0,12	250 300	219 241

