

УДК 594: 656(0758)

Л.П. КЛИМЕНКО, О.Ф. ПРИЩЕПОВ

Николаевский государственный университет имени Петра Могилы, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ КОМПЛЕКСНОЛЕГИРОВАННЫХ ЧУГУНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИГАТУРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В статье приведена технология получения комплекснолегированного чугуна, повышающая ресурс и экологическую безопасность двигателя внутреннего сгорания.

лигатура, ресурс, экологическая безопасность, чугун, двигатель внутреннего сгорания, выбросы

Введение

Расширение сети транспортных средств с использованием двигателей внутреннего сгорания (ДВС) приводит к ухудшению экологической обстановки на планете. Решение данной проблемы зависит от конструктивных и технологических мероприятий, которые направлены на повышение ресурса двигателя.

Формулировка проблемы. Наиболее ответственные детали двигателей внутреннего сгорания, работающие в условиях трения при высоких температурах и давлениях, изготавливаются из чугунов (втулки, гильзы и блоки цилиндров, поршни и поршневые кольца и др.). В работах [4, 6] показано влияние технического состояния деталей цилиндропоршневой группы и ресурса двигателя в целом на его экологические показатели. Стремление повысить надежность, долговечность, износостойкость деталей двигателя приводит к улучшению его экологической безопасности. При этом используются различные методы и технологии. На первое место по эффективности результатов можно поставить усовершенствование и разработку новых материалов, из которых изготавливаются основные детали двигателей внутреннего сгорания [1, 6], что позволило зарубежному двигателестроению заметно продвинуться вперед.

Отечественное двигателестроение также нуждается в применении новейших достижений в области

материаловедения и технологии машиностроения.

Целью работы – разработка технологии получения комплекснолегированных чугунов, применение которых в качестве материала основных деталей двигателя внутреннего сгорания приводит к повышению его ресурса и экологической безопасности.

Решение проблемы

Для обеспечения надежной работы чугунов в паре трения эффективным методом является их комплексное легирование. Однако, выплавка легированного чугуна в вагранках затруднена и малоэффективна. Применение лигатур имеет существенные преимущества: сокращаются расход и время распределения элементов в объеме обрабатываемого металла; повышается раскислительная способность элементов; предотвращается отбел, уменьшается вероятность образования феррита и графита с понижением температуры эвтектоидного и аустенитного превращения; улучшаются механические свойства и износостойкость без ухудшения обрабатываемости.

Предлагаемая лигатура имеет следующий состав (вес, %): 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 выше приведенных элементов было следующее: медь измельчает структуру и способствует образованию в трущемся узле режима избирательного переноса; кремний и иттрий способствуют модифицированию графита и 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 чугуне двойной фосфидной эвтектики и увеличения жидкотекучести при некотором снижении температуры металла при вводе лигатуры; молибден значительно улучшает износостойкость чугуна, особенно при работе двигателя на сернистых топливах: ванадий и титан производят раскисляющие 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 позволяет легировать металл на желобе или в ковше. Лигатура технологична, хорошо дробится, обеспечивает минимальный расход легирующих элементов, может быть легко приготовлена в условиях любого машиностроительного предприятия, где имеются плавильные агрегаты (электрические, дуговые, индукционные печи).

Хотя материал деталей ДВС отвечает требованиям ГОСТа, однако наблюдаются случаи интенсивного износа втулок цилиндров. Так опыт эксплуатации дизеля 6ЧН 25/34 показывает, что с переводом на газотубинный наддув снижается надежность работы втулки и скорость изнашивания может составить 0,25 мм за 1000 часов. Выработка за 6000 часов работы двигателя может достигать 1,5 – 2 мм при максимально допустимом износе 1,8 мм за 40000 часов.

Использование комплексно-легированных чугунов взамен СЧ 25 способствует повышению работо-

способности деталей цилиндропоршневой группы и ресурса двигателя до первой переборки до 12000 – 15000 часов.

Технология получения втулок цилиндров из комплекснолегированного чугуна с применением лигатуры следующая. Лигатура дробилась до 5 – 10 мм, подогревалась в электропечи до 600 – 650 °С и вводилась в чугун на желобе вагранки при температуре металла 1360 – 1380 °С в количестве 1,5% от жидкого чугуна. Отливались пробы для химического анализа, механических и износостойких испытаний.

Лигатура хорошо усваивалась. Снижения температуры металла практически не наблюдалось. Полученные втулки имели механические свойства и химический состав, представленные в табл. 1.

Длительные стендовые испытания втулок цилиндров из комплекснолегированного чугуна на двигателе подтвердили, что применение лигатуры для отливки втулок цилиндров дизеля 6 ЧН 25/34 обеспечивает повышение ресурса дизеля на 30 – 35%. С применением лигатуры было отлито 210 втулок цилиндров ДВС для широких эксплуатационных испытаний. Качество отливок хорошее. Брак составил 1,8%, против 8% при отливке втулок без использования лигатуры.

Для оценки уровня экологического совершенства двигателя транспортного средства при внедрении технологии комплексного легирования чугунов с применением лигатуры можно обратиться к формуле приведенной в работе [5]

$$E_s = \frac{N_s}{m_{снр} \cdot K_{сТ.С.}},$$

где E_s – уровень экологического совершенства двигателя транспортного средства;

N_s – норма выброса s -го загрязняющего вещества для двигателя нового транспортного средства, установленное в данной стране и в данное время, г/км или г/час;

$m_{снр}$ – пробеговый выброс s -го загрязняющего вещества двигателем транспортным средством, г/км или г/час;

$K_{sT.C.}$ – коэффициент, учитывающий влияние средства на массовый выброс s -го загрязняющего технического состояния двигателя транспортного вещества.

Таблица 1

Механические свойства и химический состав полученных втулок

| Чугун | Содержание элементов, % | | | | | | | | | | | кгс/ мм ² σ_b | НВ | Износ мкм за 20 час. |
|-----------------------|-------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-------|-------|---------------------------------------|---------|----------------------------|
| | C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | Cu | V | Ti | P | S | | | |
| Лигатура не вводилась | 3,08 | 1,99 | 0,82 | 0,26 | сл. | – | – | – | – | 0,095 | 0,113 | 44 | 19 3 | 9,6 |
| Лигатура вводилась | 3,20 | 1,95 | 1,33 | 0,86 | сл. | 0,12 | 0,53 | 0,05 | 0,03 | 0,103 | 0,110 | 52 | 22 9 | 7,4 |

Изменение уровня экологического совершенства двигателя транспортного средства в любой момент его пробега или наработки будет иметь вид:

$$\Delta E_s = \frac{N_s}{m_{snP} \cdot \Delta K_{sT.C.}},$$

где $\Delta K_{sT.C.}$ – изменение коэффициента, учитывающего влияние технического состояния двигателя транспортного средства, в результате повышения его ресурса.

Значение $\Delta K_{sT.C.}$ может быть определено при рассмотрении функции $K_{sT.C.} = f(L)$ в каждый момент пробега (L) или наработки двигателя до и после повышения его ресурса.

Заключение

Результаты исследований показали, что комплексное легирование чугунов для ответственных деталей двигателя внутреннего сгорания с применением лигатуры является не только эффективным средством повышения надежности и ресурса двигателя, но и его экологической безопасности.

Литература

1. Влияние легирования на структуру и свойства деталей из чугуна с шаровидным графитом / Р.А. Семенов, В.М. Садофеев, А.В. Запольская и др. // Применение новых материалов для повышения долговечности деталей транспортных дизелей. – М.: НИИ ИНФОРМТЯЖМАШ. – 1972. – № 5. – С. 12-24.

2. Клименко Л.П. Повышение долговечности цилиндров ДВС на основе принципов переменной

износостойкости / Под ред. В.В. Запорожца. – Николаев: НФ НАУКМА, 2001. – 294 с.

3. Клименко Л.П. Технологии изготовления цилиндров ДВС с заданными переменными эксплуатационными свойствами // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: ГАУ «ХАИ», 2000. – Вып. 19. Тепловые двигатели и энергоустановки. – С. 294-298.

4. Клименко Л.П., Прищепов О.Ф., Андреев В.И. Анализ влияния технического состояния деталей цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания на их экологические показатели // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Миколаїв: МДГУ ім. П.Могили, 2005. – Т. 43, Вип. 30. Техногенна безпека. – С. 57-60.

5. Клименко Л.П., Прищепов О.Ф., Андреев В.И., Гожий А.П. Методика оценки уровня экологической безопасности и экологического совершенства двигателя транспортного средства // Двигатели внутреннего сгорания. – Х.: ХПИ, 2005. – № 1. – С. 17-20.

6. Клименко Л.П., Прищепов О.Ф., Андреев В.И., Малюченко И.А. Влияние ресурса двигателей внутреннего сгорания на его экологические показатели // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. – № 10 (26). – С. 107-110.

7. Бобро Ю.Г. Легированные чугуны. – М.: Металлургия, 1976. – 286 с.

Поступила в редакцию 30.05.2006

Рецензент: канд. техн. наук, проф. С.Н. Соловьев, Национальный университета кораблестроения, Николаев.