

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ЛИТОГО БЛОК-КАРТЕРА АВТОМОБІЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ 4ДТНА1 З
ВИКОРИСТАННЯМ ІНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

П.С. Пензев, В.І. Альохін, О.В. Грицюк, О.В. Акімов

У даній публікації, присвяченій проблемі дослідження гідродинамічних процесів заливки і кристалізації виливка блок-картера 4ДТНА1 у формі, розглядається аналіз результатів інженерного моделювання із заданими параметрами в LVMFlow.

ANALYSIS OF THE QUALITY OF THE CAST CRANKCASE AUTOMOBILE DIESEL 4DTNA1 USING
ENGINEERING SIMULATION

P.S. Penzev, V.I. Alyokhin, A.V. Gritsyk, O.V. Akimov

In this publication, research devoted to the problem hydrodynamic processes of filling and solidification casting crankcase 4DTNA1 in the form, considered analysis of engineering simulation to the settings in LVMFlow.

УДК 621.331

Л. П. Клименко, А.Е. Головки, В. И. Андреев, Л. М. Дыхта, С. Н. Соловьёв

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗЫ ЦИЛИНДРА

В статье рассмотрены результаты исследования гильзы двигателя с воздушным охлаждением. Исследования проводились с помощью программного обеспечения SolidWorksSimulation. С помощью данной программы визуализировали распределение напряжений, изменение формы, распределение температур, возникающих в гильзе при её эксплуатации. На основании полученных данных выбран режим термоциклирования гильзы. Представлены микроструктуры чугуна до проведения закалки и после проведения одного цикла закалки.

Введение

Двигатели с воздушным охлаждением широко используются в строительной технике, на тракторах, в сельскохозяйственных машинах, в автомобилестроении.

Одной из актуальных задач, стоящих перед ремонтными предприятиями, является продление срока службы изношенных деталей. Экономическая целесообразность решения данной проблемы обуславливается возможностью повторного использования около 70 % изношенных и поврежденных деталей. Восстановление детали двигателя обеспечит экономию металла, топлива, энергетических ресурсов, а также рациональное использование трудовых ресурсов и охрану окружающей среды. Для восстановления работоспособности изношенной детали потребуется в 5-8 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новой детали.

Постановка задачи

В большинстве случаев происходит изменение в сопряжениях – нарушение заданных зазоров в подвижных соединениях (пары трения поршневое кольцо-гильза).

Пути по повышению износостойкости рабочей поверхности гильзы цилиндра двигателя с воздушным охлаждением:

1. В процессе изготовления гильзы цилиндра – термообработка внутренней поверхности гильзы.

2. Восстановление рабочей поверхности в результате эксплуатации – расточка и хонингование или наплавка.

Наплавка по сравнению с другими способами восстановления дает возможность получать на поверхности деталей слой необходимой толщины и нужного химического состава, высокой твердости. Однако наплавка связана со значительными трудностями. Это вызвано тем, что металл переходной зоны склонен к образованию твердых хрупких структур (карбидной эвтектики ледебурита и закалочной структуры мартенсита) и возникновению в них трещин вследствие больших скоростей охлаждения при наплавке. Для предупреждения образования ледебурита в сером чугуне скорость его остывания не должна превышать 10-11°С/сек.

Приведенные выше способы восстановления гильзы цилиндра затруднены на машиностроительных заводах Украины из-за отсутствия оборудования и дороговизны наплавочных материалов.

Нами было предложено восстановление внутренней (зеркальной) поверхности гильзы цилиндра за счет роста чугуна, т.е. оптимизация режима термоциклирования с таким учетом, чтоб произошло увеличение внутреннего диаметра до номинального без существенного снижения прочности гильзы.

Рост чугуна представляет собой необратимое увеличение объема чугунных деталей при нагреве до высоких температур, и особенно при повторных

нагревах и охлаждениях и является следствием процессов разрыхления чугуна из-за его окисления, выделения графита и газов из твердого раствора.

Рост происходит вследствие межкристаллитного окисления металла по границам зерен и включений графита. Поскольку объем образующихся окислов больше объема окисленного металла, происходит деформация изделия (вспучивание). Серый чугун более подвержен росту, чем другие чугуны.

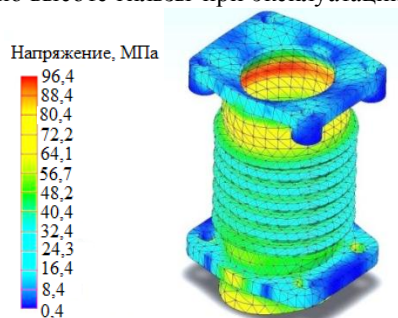
Рост чугуна происходит не только за счет окисления, но и за счет графитизации: при длительном воздействии на чугунную отливку высокой температуры происходит распад карбида железа Fe_3C на составляющие – феррит и графит, которые выделяются в структурно свободном виде. Так как карбид железа имеет удельный вес 7,82, железо – 7,85 и графит – 1,8, то распад карбида сопровождается изменением (увеличением) объема детали. Выделяющийся в результате распада карбида графит частично скапливается в местах распада, частично проникает путем диффузии к поверхностям имеющимся в чугуне первичных графитовых включений и отлагается на них. Таким образом, распад карбида сопровождается увеличением в чугуне количества и размеров графитовых включений. Структура чугуна при этом разрыхляется. Понятно, что механические свойства чугуна в результате процесса роста понижаются [6].

Рост чугуна может достигнуть до 30% первоначального объема, но обычно он не превышает 3% [5].

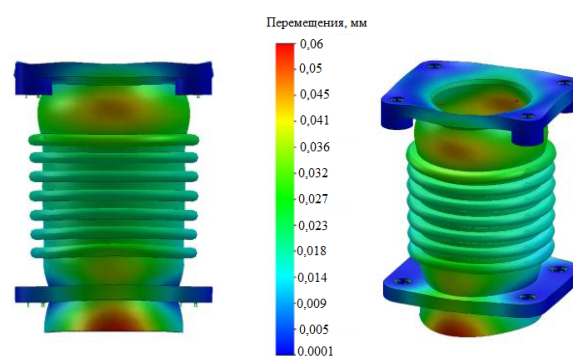
2. Результаты исследования

При эксплуатации максимальное давление на внутреннюю поверхность гильзы составляет 10 МПа. Максимальная температура рабочей поверхности 600 °С, а наружной – 50 °С. Задаем граничные условия: нагрузку и условия закрепления. С помощью программного обеспечения Solid-WorksSimulation визуализировано:

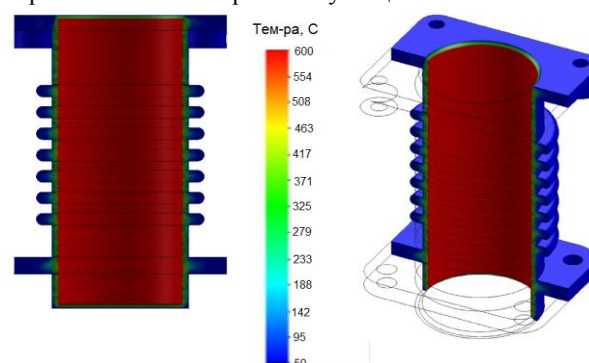
– распределение напряжений, возникающих в металле по высоте гильзы при эксплуатации



– изменение формы, возникающее в гильзе при её эксплуатации



– распределение температур в гильзе в поперечном сечении при эксплуатации



Изменяя температуру на внутренней и внешней поверхности гильзы спроектировали оптимальный процесс закалки серого чугуна СЧ20. Рассмотрели (с помощью программного обеспечения Solid-WorksSimulation) распределение температурного поля при различных температурных режимах.

- 1-й режим: 1000 °С → 500 °С;
- 2-й режим: 1000 °С → 600 °С;
- 3-й режим: 1000 °С → 700 °С;
- 4-й режим: 1000 °С → 800 °С;
- 5-й режим: 1000 °С → 900 °С.

На поверхности А (рис. 1) задавалась температура 1000 °С, температура поверхности Б задавалась от 500 °С до 900 °С, шаг 100 °С.

Программа SolidWorksSimulation позволяет отслеживать изотермические поверхности по времени (рис. 2).

Для каждого из пяти режимов проводилось виртуальное зондирование температуры по сечению гильзы в восьми точках (рис. 3).

Результаты зондирования приведены в табл. 1 и на рисунке 4.

Анализируя полученные данные, с помощью программного обеспечения SolidWorksSimulation, можно сказать, что закалку необходимо проводить по третьему температурному режиму. Третий режим 1000 °С → 700 °С имеет более плавное распределение температур, без изломов, а значит рост чугуна произойдет в более полном объеме.

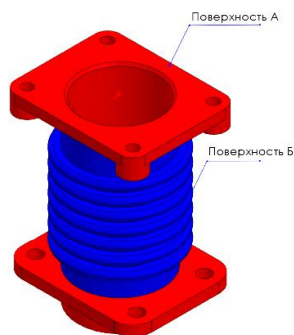


Рис. 1. Поверхности нагрева гильзы цилиндра

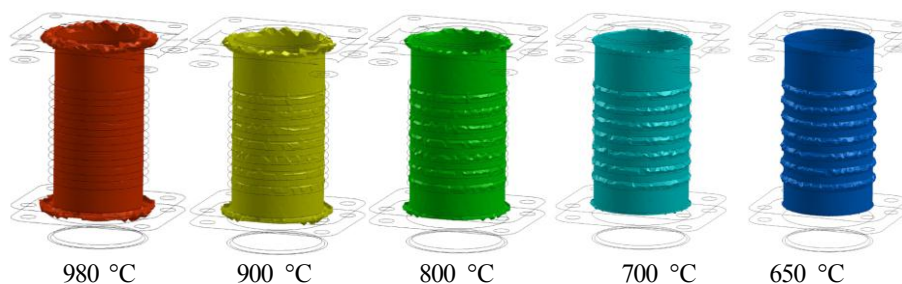


Рис. 2. Изотермические поверхности для режима 1000 °C → 600 °C

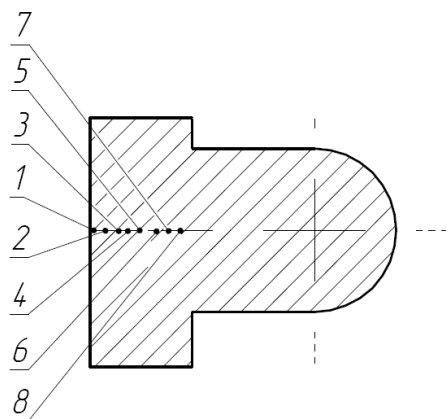


Рис. 3. Схема зондирования гильзы

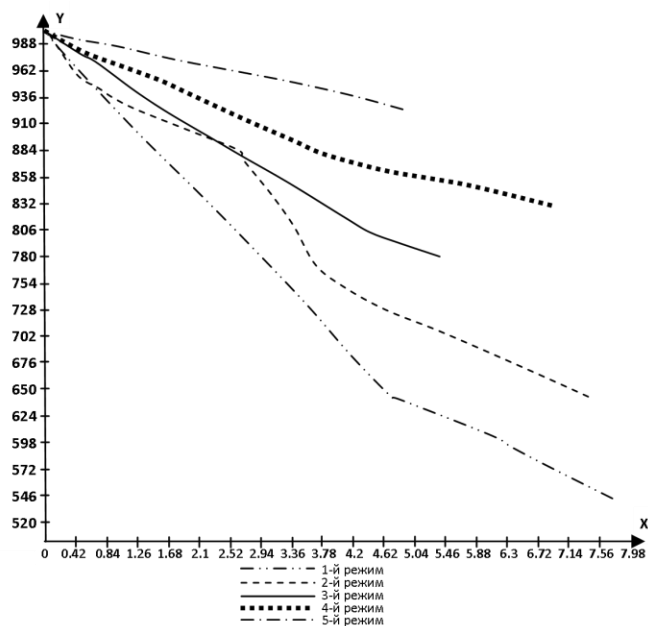


Рис. 4. Графики изменения температуры в зависимости удаления от рабочей поверхности

Точка	1000 °C → 500 °C		1000 °C → 600 °C		1000 °C → 700 °C		1000 °C → 800 °C		1000 °C → 900 °C	
	T, °C	x, мм	T, °C	x, мм	T, °C	x, мм	T, °C	x, мм	T, °C	x, мм
1	991	0,09	999	0,01	999	0,01	992	0,15	998	0,08
2	936	0,83	958	0,49	978	0,47	974	0,74	989	0,68
3	876	1,59	931	1,00	962	0,82	952	1,55	981	1,26
4	815	2,46	881	2,63	929	1,52	921	2,51	970	1,93
5	741	3,52	836	3,16	908	1,99	880	3,79	960	2,65
6	643	4,73	766	3,74	872	2,85	863	4,67	949	3,51
7	605	6,08	731	4,59	804	4,44	852	5,56	936	4,32
8	541	7,79	642	7,44	778	5,42	830	6,95	924	4,90

Для закалки был выбран такой режим термоциклирования (5 циклов):

- нагрев до 1000 °C,
- выдержка 15 мин,
- охлаждение до 700 °C;
- выдержка 30 мин,
- охлаждение до комнатной температуры.

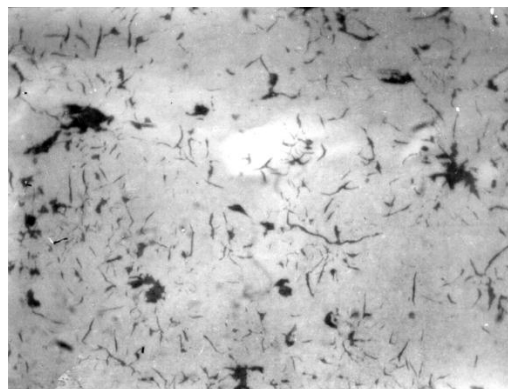
На рис. 5 представлены фото микроструктуры чугуна до и после термического воздействия.

Для осуществления данного способа закалки использовали муфельную печь с температурой

нагрева до 1100°C. Для направленного теплового воздействия наружная поверхность гильзы утеплялась теплоизоляционным материалом, а для направления роста обжималась в специальной обечайке. Скорость охлаждения изделия интенсифицировалась принудительным охлаждением наружной поверхности и составляла 25 – 35°C/с. После зачистки внутренней поверхности уменьшение диаметра цилиндра за счет роста чугуна в результате термоциклирования было равно 10-12 мкм.



а)



б)

Рис. 5. Фото микроструктуры чугуна (графитовые включения):
а) до термического воздействия; б) после термического воздействия

Заключение

1. Спроектирован режим закалки гильзы двигателя с помощью программного обеспечения SolidWorksSimulation, который легко осуществить на оборудовании машиностроительных заводов Украины.

2. Проведя термоциклирование гильзы, удалось уменьшить диаметр внутренней поверхности по зеркалу цилиндра за счет роста чугуна на 10-12 мкм.

3. Восстановление гильзы двигателя обеспечивает экономию металла, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, а также рациональное использование трудовых ресурсов и охрану окружающей среды.

Список литературы:

1. Молодык Н. В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин [Текст] / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 480 с.
2. Баранов А. А., Бунин К. П. Рост чугуна и стали при термоциклировании [Текст] / А. А. Баранов, К. П. Бунин. – К. : Техника, 1967. – 130 с.
3. Пивоварский Е. Высококачественный чугун [Текст] / Е. Пивоварский. – М. : Металлургия, 1965–. Т. 1. – 1965. – 637 с.

Bibliography (transliterated):

1. Molodyk N. V., Zenkin A. S. Vosstanovlenie detaley mashin [Tekst] / N. V. Molodyk, A. S. Zenkin. – M. : Mashino-stroenie, 1989. – 480 s.
2. Baranov A. A., Bunin K. P. Rost chuguna i stali pri termotsiklirovanii [Tekst] / A. A. Baranov, K. P. Bunin. – K. : Tekhnika, 1967. – 130 s.
3. Pivovarskiy E. Vysokokachestvenniy chugun [Tekst] / E. Pivovarskiy. – M. : Metallurgia, 1965–. T. 1. – 1965. – 637 s.

Поступила в редакцию 13.07.2015 г.

Клименко Леонид Павлович – доктор техн. наук, профессор кафедры экологии и природопользования, ректор Черноморского государственного университета им. Петра Могилы, Николаев, Украина, e-mail: rector@kma.mk.ua.

Головка Анастасія Євгенівна – инженер – конструктор, аспирант Черноморского государственного университета имени Петра Могилы, г. Николаев, Украина golovkova88@mail.ua

Андреев Вячеслав Иванович – канд. техн. наук, доцент, заведующий научно-исследовательским отделом Черноморского государственного университета им. Петра Могилы, Николаев, Украина, e-mail: avi@kma.mk.ua.

Дыхта Леонид Михайлович – доктор техн. наук, профессор кафедры прикладной и высшей математики Черноморского государственного университета им. Петра Могилы, Николаев, Украина, e-mail: leonid.dykhta@gmail.com

Соловьев Станислав Николаевич – канд. техн. наук, профессор кафедры технологии судового машиностроения Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ВІДНОВЛЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ГІЛЬЗИ ЦИЛІНДРА

Л. П. Клименко, А. Е. Головка, В. И. Андреев, Л. М. Дыхта, С. Н. Соловьёв

У статті розглянуті результати дослідження гільзи двигуна з повітряним охолодженням. Дорслідження проходились за допомогою програмного забезпечення SolidWorksSimulation. За допомогою даної програми візуалізовано розподілення напруг, зміна форми, розподіл температур, що виникають в гільзі при її експлуатації. На основі отриманих даних обраний режим термоциклювання гільзи. Наведені микроструктури чавуну до проведення гартування і після проведення одного циклу гартування.

STUDY PARAMETERS RECOVERY INNER SURFACES OF CYLINDER LINE

L. P. Klimentko, A. E. Golovko, V. I. Andreev, L. M. Dykhta, S. N. Solov'ev

The article describes the results of a study of the sleeve with an air-cooled engine. The studies were conducted with the help of the program SolidWorksSimulation. With this program visualized stress distribution, change of a form, distribution of temperatures. On the basis of the obtained data the mode of thermocycling of a sleeve is chosen. Cast iron microstructures before carrying out training and after carrying out one cycle of training are presented.