

УДК 621.436: 539.3: 621.74

В.И. Алёхин, инж., А.В. Белозуб, д-р техн. наук, О.В. Акимов, д-р техн. наук

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ НА ПРОЧНОСТЬ ЛИТЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПОРШНЕЙ ДВС

Данная публикация является продолжением цикла исследований, посвященных проблеме повышения качества и обеспечения надежности литых поршней для двигателей с принудительным воспламенением.

В предыдущих работах [1-4] были представлены основные этапы оценки влияния технологических дефектов на прочность поршней ДВС, которые включали:

- выполнение анализа технологического процесса производства деталей поршней ВАЗ 21083-1004015 с использованием методики определения мест дислокации и размеров литейных дефектов, проведены соответствующие экспериментальные исследования на производстве;

- создание конечно-элементной модели поршня ВАЗ 21083-1004015 с дислоцированными дефектами усадочного характера, на основании результатов анализа термомеханического нагружения «плотного» поршня определены точки контроля значений напряжений в дефектах;

- проведение полнофакторного численного эксперимента, согласно которому выполнено моделирование термомеханического нагружения поршня ВАЗ 21083-1004015 с дислоцированными литейными дефектами при стационарном режиме работы двигателя;

- моделирование термомеханического нагружения поршня с дислоцированными дефектами при переходном процессе работы двигателя для характерных шагов эксперимента, на которых были зафиксированы максимальные значения полей напряжений;

- с использованием методики расчета деталей ДВС на усталостную прочность в местах дислокации литейных дефектов, в пределах размеров от 0,3 до 1,3 мм, вычислены значения коэффициентов запаса прочности;

- при помощи метода ридж-анализа найдена зависимость возникающих напряжений от размеров дефектов.

Для конструкторско-технологического проектирования современных литых деталей ДВС, системы инженерного моделирования технологических процессов производства и анализа теплового и напряженно-деформированного состояния литых деталей ДВС являются наиболее эффективными. Выполнение требований по качеству, надежности литых алюминиевых поршней начинается на начальной стадии производства, и регламентируются техническими условиями. Контроль качества на начальном этапе производства осуществляется согласно таким основным требованиям:

- отклонение массы от заданной в чертеже детали;

- отклонение от заданной твердости и временному сопротивлению материала σ_b литой термообработанной детали;

- недопустимость усадочных раковин в определенных местах отливки;

- наличие в теле поршня газовой пористости в количестве, определяемом ТУ У 34.3-00236027-021-2002 – для поршней к автомобильным двигателям ВАЗ и ТУ У 3.34-00236027.020-2000 – для поршней к карбюраторным автомобильным двигателям.

Требования по твердости и временному сопротивлению материала σ_b выполняются при соблюдении химсостава сплава. Масса детали и требования, предъявляемые к литейным дефектам поршней, соблюдаются при оптимальной конструкции отливки поршня и технологической оснастки.

Для анализа эффективности применения в условиях производства методики расчета влияния литейных дефектов на прочность поршней ДВС были взяты статистические данные опытной партии ПАО «АВТРАМАТ». Согласно карте опытов 457/11-06 при производстве опытной партии литых поршней ВАЗ 21083-1004015 (2000шт.) были получены результаты разбраковки (табл. 1), которые включали месторасположение дефектов, их коли-

чество и характер образования.

На рис. 1 (а) представлен общий вид рассеченного по оси пальцевых отверстий поршня с усадочными дефектами (усадочная рыхлота) в его теле. На рис. 1 (б), представлен вид той же детали, но с линейной шкалой для оценки размера получаемых дефектов.

Таблица 1. Дефекты, полученные в результате разбраковки опытной партии

Тип дефекта	Месторасположение дефекта	Количество отбракованных деталей, шт
Усадочная рыхлота	На юбке с противоположной стороны от заливки	189
	На юбке со стороны заливки	8
	В теле днища поршня	23
Итого		320
Усадочные раковины	На юбке с противоположной стороны от заливки	5
	На юбке со стороны заливки	5
	В теле днища поршня	2
Итого		12
Всего		332

По технологическому процессу деталь, имеющая различного рода дефект, подлежит повторной переработке. Повторная переработка дефектных изделий в значительной мере увеличивает стоимость готовой продукции. Статистические данные ПАО «АВТРАМАТ» показали, что в течение 2011 года при производстве литых деталей поршней ВАЗ 21083-1004015 было зафиксировано значительное количество деталей, имеющих дефекты усадочного характера (табл. 2). Для исследуемой литой детали поршня допустимый процент технологического брака составляет 5,6%, в зависимости от общего объема произведенной партии.

При этом за 2011 год суммарная стоимость бракованных деталей ВАЗ 21083-1004015 составила, примерно, 80 тыс. грн. Статистические данные данного предприятия также указывают на то, что из всех бракованных литых поршней двигателей с принудительным воспламенением значительное число отбраковывалось из-за газово-усадочной пористости. Однако, в результате исследований [3-4] было определено, что литейные дефекты не оказывают значительного влияния на надежность поршней, что согласуется с результатами ресурсных испытаний.

Таблица 2. Сводная таблица дефектных литых деталей ВАЗ 21083-1004015 за 2011 год

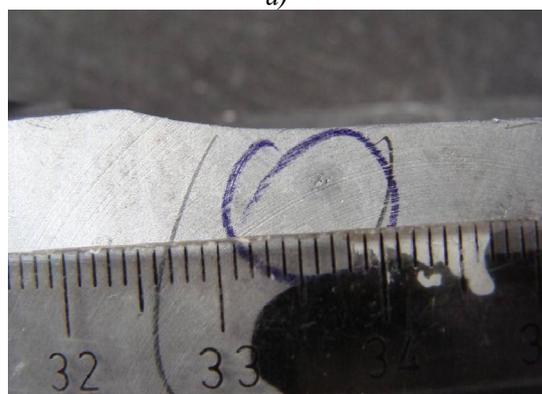
№ месяца	Вид дефекта					
	Усадочные поры, шт. деталей	Усадочные раковины, шт. деталей	Всего забраковано, шт. деталей	Усадочные поры, % от всего брака	Усадочные раковины, % от всего брака	Всего забраковано, %
1	2	0	45	5	0	1,5
2	1133	134	1837	60,5	0,7	6,3
3	973	167	2135	46	0,7	5,6
4	434	163	1461	30,5	1	2,9
5	380	226	1388	27,8	9,6	3,83
6	429	119	1447	30,4	0,6	4,31
7	416	170	1867	22,6	1	5,47
8	110	64	365	30,1	3,3	4,04
9	26	7	1355	2,3	0,1	4,71
10	280	80	841	35,1	2,3	3,11
11	438	126	1380	33,0	1,5	3,37
12	449	121	1315	35,1	0,4	3,14

Исходя из конструкционной схожести и однотипности дефектов, применение методики расчета и анализа влияния технологических дефектов на прочность литых поршней ДВС допустимо не только для поршней группы «ВАЗ», но и для всех

поршней к двигателям с принудительным воспламенением, согласно номенклатуре предприятия (табл. 3).



а)



б)

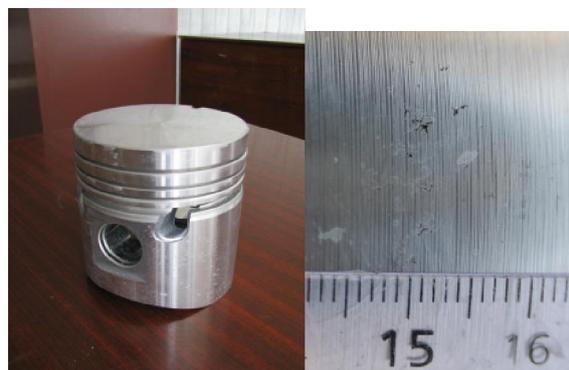
Рис. 1. Расположение дефектов усадочного характера в теле литой детали:

а) результаты макроанализа дефектов, общий вид; б) результаты макроанализа дефектов, днище поршня

Таблица 3. Номенклатура поршней к двигателям с принудительным воспламенением ПАО «АВТРАМАТ»

№ п/п	Модель	Себестоим. лит. брака, грн.	Литейный брак
			%
1	2101-1004015	9,313	1,45
2	2105-1004015	10,551	1,88
3	21011-1004015	10,360	1,74
4	2108-1004015-01	11,663	3,48
5	21083-1004015	12,409	3,07
6	21213-1004015	13,134	2,54
7	2110-1004015	11,916	2,50
8	2112-1004015	14,146	3,00
9	130-100.4015П-А3	21,982	4,50
10	53-1004015-22П	14,743	3,75
11	406-1004015Н	14,334	5,63
12	245-1004015Н	10,044	0,87
13	2457-1004015Н	9,677	0,73
14	307-1004015Н	9,838	6,32
15	21124-1004015Н	11,366	3,03
16	421-1004015М	20,401	4,75
17	405-1004015М	15,320	9,36
18	21126-1004015М	15,324	3,51
19	11194-1004015М	14,885	3,51
ВСЕГО, грн			≈507000

На рис.2 показаны некоторые представители поршней с литейными дефектами к карбюраторным автомобильным двигателям, согласно номенклатуре предприятия.



а)



б)

Рис. 2. Пример поршней к карбюраторным автомобильным двигателям, согласно номенклатуре предприятия:

а) поршень ЗИЛ 130-1004015П-А3 общий вид и характерный литейный дефект; б) поршень ГАЗ 406-1004015Н – общий вид и характерный литейный дефект

Таким образом, наличие брака при производстве литых поршней приводит к значительным экономическим потерям для предприятий – изготовителей. Практическое применение методики расчета и анализа влияния технологических дефектов на прочность поршней ДВС в рамках конструкторско-технологического проектирования дает значительный экономический эффект от сокращения потерь, вызванных отбраковкой деталей.

При этом, применение в условиях ПАО "АВТРАМАТ" обобщенных результатов анализа влияния технологических дефектов на прочность поршней ДВС позволяет сократить потери для номенклатуры поршней к двигателям с принудительным воспламенением приблизительно на 507 тыс. грн./ год.

Список литературы:

1. Алёхин В.И. Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния поршня с учетом дислоцированных дефектов усадочного характера / В.И. Алёхин, О.В. Акимов, А.В. Белогуб // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2010. – №19. – С. 12 – 18. 2. Алёхин В.И. Методология расчета детали поршня на прочность в местах дислокации дефектов усадочного характера / В.И. Алёхин, А.В. Белогуб, О.В. Акимов // Двигатели внутреннего сгорания – 2010. – №2. – С. 62 – 65. 3. Алехин В. И. Расчет влияния дислоцированных литейных дефектов усадочного характера на прочность литой детали поршня / В. И. Алехин, А. В. Белогуб, О. В. Акимов // Литейщик России. – 2011. – №4. – С. 16 – 19. 4. Алёхин В.И. Исследование влияния размеров литейных дефектов на напряженно-деформированное состояние поршня / В.И. Алёхин, А.В.

Белогуб, О.В. Акимов // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. – №2. – С. 99 – 103.

Bibliography (transliterated):

1. Alyokhin V.I. Modelirovanie teplovogo i napryazhenno-deformirovannogo sostojanija porshnja s uchetom dislocirovannyh defektov usadochnogo haraktera / V.I. Alyokhin, O.V. Akimov, A.V. Belogub // Vestnik NTU «HPI». Sbornik nauchnyh trudov. – 2010. – №19. – S. 12 – 18. 2. Alyokhin V.I. Metodologija rascheta detali porshnja na prochnost' v mestah dislokacii defektov usadochnogo haraktera / V.I. Alyokhin, A.V. Belogub, O.V. Akimov // Dvigateli vnutrennego sgoranija – 2010. – №2. – S. 62 – 65. 3. Alyokhin V. I. Raschet vlijanija dislocirovannyh litejnyh defektov usadochnogo haraktera na prochnost' litoj detali porshnja / V. I. Alyokhin, A. V. Belogub, O. V. Akimov // Litejnik Rossii. – 2011. – №4. – S. 16 – 19. 4. Alyokhin V.I. Issledovanie vlijanija razmerov litejnyh defektov na napryazhenno-deformirovannoe sostojanie porshnja / V.I. Alyokhin, A.V. Belogub, O.V. Akimov // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2011. – №2. – S. 99 – 103.

УДК 621.002

К.Н. Осипов, инж., Е.Л. Первухина, д-р техн. наук, Ю.Л. Рапацкий, канд. техн. наук

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРИЕМОСДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВС

Введение

Задача улучшения показателей технологического процесса приемосдаточных испытаний современных поршневых двигателей внутреннего сгорания с микропроцессорными системами управления по-прежнему остается актуальной для отечественного двигателестроения и авторемонтного производства [1, 2]. Особую трудность представляют испытания современных инжекторных ДВС, у которых электронная система управления двигателем в процессе работы регулирует значения угла опережения зажигания, момента открытия форсунок, длительность впрыска топлива и т.д. Это объясняется тем, что, с одной стороны, используемые в отечественном серийном производстве методы и средства испытаний уже не соответствуют уровню сложности испытываемых двигателей, требованиям к их качеству, в том числе, надежности, и тем, что, с другой стороны, предприятия-изготовители вынуждены сокращать производственные затраты.

Обзор литературы последних лет, например [3], показал, что к настоящему времени практически отсутствуют подходы к решению поставленной задачи в условиях массового производства, учитывающие особенности конструкции инжекторных двигателей и экономические возможности отечественных предприятий.

В связи с этим возникает необходимость совершенствования методики испытаний, прежде

всего, на основе простых моделей испытываемых двигателей и существующих программных средств.

Целью настоящей работы является улучшение показателей технологического процесса приемосдаточных испытаний поршневых ДВС путем совершенствования методики управления испытаниями и оценки качества изготовления новых двигателей в процессе их функционирования на неустановившихся режимах.

Основная часть

Согласно общепринятой классификации испытаний целью приемосдаточных испытаний ДВС является оценка качества сборки и проверка соответствия двигателей техническим характеристикам, указанным в нормативно-технической документации [3].

По действующим стандартам (ГОСТ 14846) такую оценку проводят на основе измерений диагностических параметров через равноотстоящие промежутки времени на нескольких установившихся режимах работы испытываемых двигателей, как правило, соответствующих максимальной мощности, максимальному крутящему моменту и холостому ходу. Под диагностическими параметрами двигателей понимают: крутящий момент, среднюю эффективную мощность, часовой и удельный расход топлива, давление масла в основной магистрали и т.д. Испытания проводят операторы с разным уровнем квалификации и опытом