

Е. И. Галиахметова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ЛИТЫХ ПОРШНЯХ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО ЧУГУНА

В статье приведены результаты математического моделирования напряженного состояния в литых деталях «поршень» при использовании в качестве сплава алюминиевого чугуна. Результаты моделирования получены на основе построения центральных ортогональных композиционных планов второго порядка с использованием методов компьютерного моделирования.

Ключевые слова: математическая модель, литая деталь, план эксперимента.

1. Введение

Проектирование деталей двигателей внутреннего сгорания является одним из главных этапов в изготовлении конкурентноспособных отечественных двигателей. Актуальной в этой связи представляется проблема разработки методологии проектирования деталей ДВС с использованием математических и компьютерных методов моделирования. Среди важнейших требований, предъявляемых к поршневым материалам, можно выделить: высокую прочность; достаточную твердость; высокую теплопроводность; невысокий коэффициент линейного расширения; низкий удельный вес. Учет этих факторов необходим при выборе оптимальных параметров изготовления литых деталей поршней.

2. Постановка проблемы

В данной статье описываются некоторые подходы к решению проблем по обеспечению качества литых деталей на примере поршня ДВС на основе построения математической модели путем реализации центрального ортогонального композиционного плана второго порядка [1–2]. Для проектирования литой детали «поршень» был применен программный пакет трехмерного проектирования Solid Works, а для проведения поставленных задач по моделированию литейных процессов была выбрана программа LVM Flow. Целью моделирования является определение ряда параметров технологического процесса и оценка в зависимости от них напряженного состояния поршня.

3. Основная часть

3.1. Анализ литературных источников по теме исследования. Вопросы, связанные с обработкой технологических процессов изготовления литых деталей из цветных сплавов, например под высоким давлением, предполагают решение ряда вопросов подбора закона изменения давления,

выбора и расчета количества модификаторов, варьирования химического состава [3–7]. При решении задач проектирования литых деталей типа «поршень» из чугуна огромное значение играет выбор оптимального сплава, который может сыграть решающую роль в повышении надежности литых деталей «поршень» [8–10]. При этом на этапе проектирования, при наличии адекватных математических моделей, связывающих параметры поршня с его надежностью, возможно применение компьютерного инструментария для отработки технологического процесса изготовления поршней. В частности, решение поставленной задачи может быть выполнено с помощью программного пакета трехмерного проектирования Solid Works и пакета для моделирования литейных процессов LVM Flow.

Особо следует уделить внимание тому, что в некоторых случаях не представляется возможным заданным наперед способом выбирать входные переменные для проектирования, так как для оценки надежности поршня необходимо оперировать зависимыми параметрами, как то: количество микротрещин, работа разрушения, размеры микроструктурных составляющих и т. п. В таких случаях, как показано в работах [11–14], необходимо использовать методы искусственной ортогонализации в условиях малой выборки нечетких данных. Если количество варьируемых факторов невелико, математическую модель можно построить с помощью метода наименьших квадратов [15]. При этом возможно также искусственным способом построить центральный ортогональный композиционный план, на основании реализации которого провести анализ полученной поверхности отклика либо приведением математической модели к каноническому виду, либо исследованием расположения линий гребней, проведенных через точки субминимума и субмаксимума в зависимости от радиус-вектора в факторном пространстве [16–17].

3.2. Результаты исследований. На основе реализации приемов искусственной ортогонализации и центрального ортогонального композиционного

плана была построена математическая модель, позволяющая оценить эффективность использования алюминиевых чугунов для изготовления отливок «поршень» по сравнению с традиционными чугунами, причем в качестве критерия оптимизации выбирались параметры надежности поршней.

Література

1. Коваленко Б. П. Оптимизация состава холоднотвердеющих смесей (ХТС) с пропиленкарбонатом [Текст] / Б. П. Коваленко, Д. А. Дёмин, А. Б. Божко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 6. — С. 59–61.
2. Дёмин Д. А. Принятие решений в процессе управления электроплавкой с учетом факторов нестабильности технологического процесса [Текст] / Д. А. Дёмин // Вісник національного технічного університету «ХПИ». — Харків : НТУ «ХПИ». — 2010. — № 17. — С. 67–72.
3. Доценко Ю. В. Влияние комплексной технологии на свойства отливок из сплава АК7ч с повышенным содержанием железа / Ю. В. Доценко, В. Ю. Селиверстов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 6/5(54). — С. 45–48.
4. Доценко Ю. В. Особенности затвердевания отливок из алюминиевых сплавов при нарастающем давлении и модифицировании / Ю. В. Доценко, В. Ю. Селиверстов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2012. — № 1/5(55). — С. 18–22.
5. Доценко Ю. В. Затвердевание отливок из сплава АК5М при комплексном воздействии на расплав / Ю. В. Доценко, В. Ю. Селиверстов // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Новые решения в современных технологиях». — Харьков : НТУ «ХПИ», 2012. — № 1 — С. 3–8.
6. Доценко Ю. В. Особенности оценки эффективности получения отливок способом литья под высоким давлением / Ю. В. Доценко, В. Ю. Селиверстов, В. В. Маційчук, С. В. Малых // Вісник Національного технічного університету «ХПИ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. — Харків : НТУ «ХПИ». — 2012. — № 9. — С. 21–29.
7. Доценко Ю. В. Анализ эффективности комплексных технологических решений по повышению качества литейных алюминиевых сплавов с повышенным содержанием железа / Ю. В. Доценко, В. Ю. Селиверстов, К. В. Шейдаев // XIII International scientific conference. New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering. A collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Chapter 1. Series: Monographs No 24. Czestochova 2012. — P. 211–216.
8. Таран Б. П. Методология создания литой биметаллической композиции для изготовления поршней перспективных ДВС [Текст] / Б. П. Таран, О. В. Акимов // Двигатели внутреннего сгорания. — 2010. — № 1.
9. Таран Б. П. Основы теории ливарных сплавов [Текст] / Б. П. Таран / Навчальний посібник. — Харків : НТУ «ХПИ». — 1999. — 116 с.
10. Таран Б. П. Ливарні сплави [Текст] / Б. П. Таран / Навчальний посібник. — Харків : НТУ «ХПИ». — 2009. — 336 с.
11. Серая О. В. Оценка параметров уравнения регрессии в условиях малой выборки [Текст] / О. В. Серая, Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 6/4(42). — С. 14–19.
12. Раскин Л. Г. Искусственная ортогонализация пассивного эксперимента в условиях малой выборки нечетких данных [Текст] / Л. Г. Раскин, Д. А. Дёмин // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2010. — № 1(80). — С. 20–23.
13. Дёмин Д. А. Метод обработки малой выборки нечетких результатов ортогонализованного пассивного эксперимента [Текст] / Д. А. Дёмин, Т. И. Каткова // Вісник Інженерної Академії. — 2010. — № 2. — С. 234–237.
14. Серая О. В. Оценка представительности усеченных ортогональных подпланов плана полного факторного эксперимента [Текст] / О. В. Серая, Д. А. Дёмин // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2010. — № 3. — С. 84–88.
15. Дёмин Д. А. Обработка экспериментальных данных и построение математической модели технологического процесса методом наименьших квадратов (МНК) [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 3/1. — С. 47–50.
16. Дёмин Д. А. Оптимизация технологического процесса в цехе предприятия [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 6. — С. 48–59.
17. Дёмин Д. А. Оптимизация технологических режимов / Д. А. Дёмин. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 2/1(20). — С. 32–35.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ В ЛИТИХ ПОРШНЯХ З АЛЮМІНІЄВИХ ЧАВУНІВ

О. І. Галіахметова

У статті наведені результати математичного моделювання напруженого стану в литих деталях «поршень» при використанні в якості сплаву алюмінієвого чавуну. Результати моделювання отримані на основі побудови центральних ортогональних композиційних планів другого порядку з використанням методів комп'ютерного моделювання.

Ключові слова: математична модель, лита деталь, план експерименту.

Олена Ільсурівна Галіахметова, магістр кафедри ливарного виробництва Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», тел.: (057) 707-68-54, e-mail: litvo11@kpi.kharkov.ua.

MATHEMATICAL MODELING OF STRESS STATE IN CAST PISTONS OF ALUMINUM IRON

E. Galiahetova

The results of mathematical modeling of stresses in castings «piston» when using aluminum iron as an alloy, are given in the article. The modeling results are obtained by constructing orthogonal composite second-order designs, using computer-modeling methods.

Key words: mathematical model, moulded piece, design of experiment.

Elena Galiahetova, master of Department of Technology and Equipment, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel.: (057) 707-68-54, e-mail: litvo11@kpi.kharkov.ua.