

УДК 621.785.5:621.4

УПРОЧНЕНИЕ ЛОПАТОК ГТД СМЕСЬЮ ШАРИКОВ И МИКРОШАРИКОВ С ПОДОГРЕВОМ

© 2012 В. Г. Круцило

Самарский государственный технический университет

Ответственные детали ГТД, работающие в экстремальных условиях, подвергаются всевозможным негативным воздействиям: повышенным температурам, знакопеременным нагрузкам и т.д. В связи с данными трудностями существует большое разнообразие методов повышения надежности и долговечности лопаток ГТД. В статье рассмотрен метод упрочнения смесью шариков, микрошариков и специально разработанного стэнда.

ГТД, шарики, микрошарики, упрочнение, смесь шариков и микрошариков, индентор.

Ответственные детали ГТД, работающие в экстремальных условиях при повышенных температурах и знакопеременных нагрузках, как правило, в конце технологического процесса изготовления подвергаются операции упрочнения различными технологическими методами с целью повышения надежности и долговечности.

Из большого разнообразия методов упрочнения наибольшее распространение получили методы поверхностного пластического деформирования (ППД): пневмо и гидродробеструйное упрочнение, упрочнение микрошариками и другие.

В [1-3] при ППД в поверхностном слое упрочняемых деталей формируются благоприятные сжимающие остаточные напряжения, повышающие эксплуатационные характеристики упрочняемых деталей.

Однако практически при всех видах ППД формируется эпюра сжимающих остаточных напряжений, имеющая спад на поверхности детали. Это негативно сказывается на усталостной прочности деталей и других эксплуатационных характеристиках. Величина остаточных напряжений на поверхности деталей, глубина залегания максимальных остаточных напряжений и мощность эпюры зависит от различных технологических факторов, в частности, от диаметра шариков. Чем меньше диаметр шарика, тем меньше мощность эпюры остаточных напряжений, величина и глубина максимальных

сжимающих остаточных напряжений. На рисунках показаны эпюры остаточных напряжений в поверхностном слое при упрочнении микрошариками (рис. 1) и шариками (рис. 2).

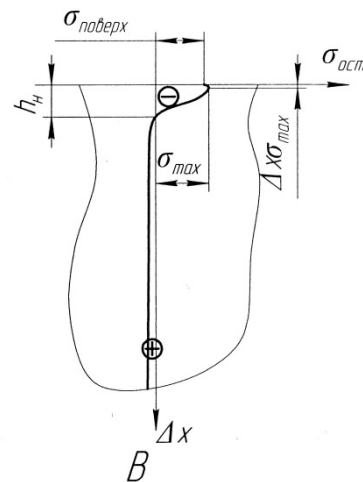


Рис. 1.

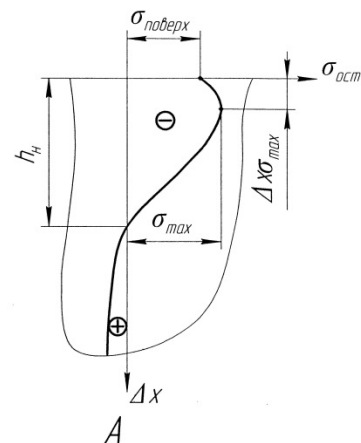


Рис. 2

У каждого из этих методов есть свои

достоинства и недостатки. Упрочнение микрошариками позволяет получить максимум остаточных напряжений практически на поверхности, но при этом формируется недостаточно мощная эпюра с небольшой глубиной остаточных напряжений (рис. 1.). Упрочнение шариками формирует более мощную эпюру и глубину остаточных напряжений, но максимум залегания остаточных напряжений лежит достаточно глубоко (рис. 2).

Предлагаемый способ упрочнения смесью шариков и микрошариков позволяет реализовать преимущества каждого из способов и нивелировать их недостатки. Сущность способа заключается в следующем: на имеющихся стандартных установках для упрочнения вместо инденторов одного размера используется смесь из микрошариков и шариков. Конкретные размеры составляющих и другие технологические факторы зависят от обрабатываемых материалов. На рис. 3 показана эпюра остаточных напряжений после упрочнения смесью шариков и микрошариков. Из рисунка видно, что на поверхности существуют более высокие остаточные напряжения, чем при упрочнении шариками, большая мощность и глубина залегания остаточных напряжений (рис.3).

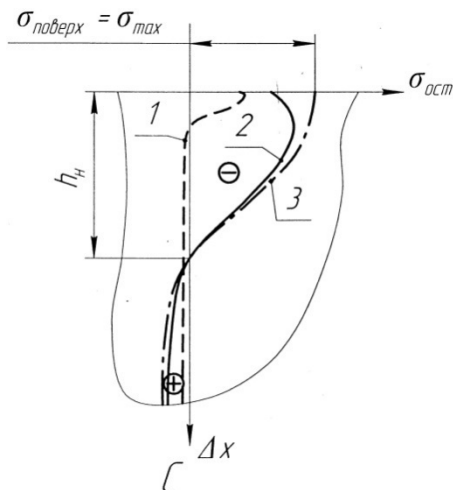


Рис. 3

На рис. 4 показана схема взаимодействия инденторов с упрочняемой поверхностью.

Понятно, что площадь контакта при упрочнении смесью шариков и

микрошариков гораздо меньше, чем при упрочнении шариками. При этом сила воздействия на обрабатываемую поверхность остается практически той же. Это способствует более мощному пластическому деформированию.

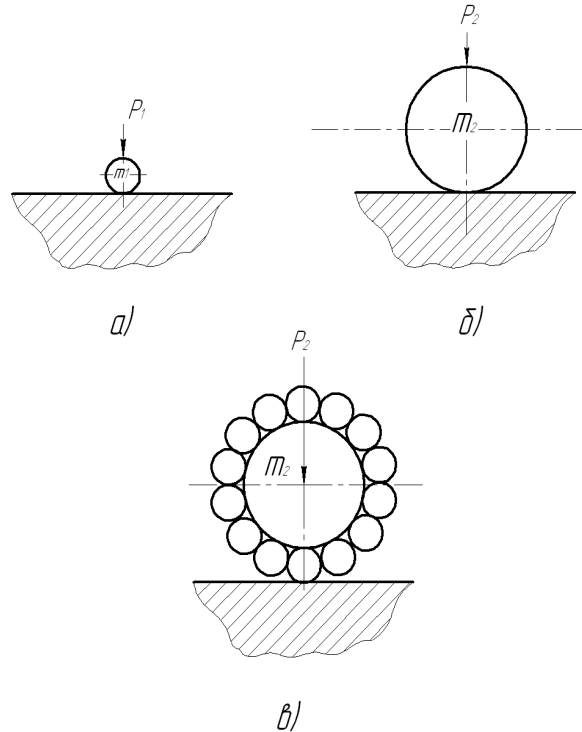


Рис. 4. – Схема взаимодействия инденторов с упрочняемой поверхностью
а – микрошарики; б - шарики; в – смесь шариков и микрошариков.; $P_1 \ll P_2$; $m_1 \ll m_2$

С целью усиления эффекта упрочнения камеры для упрочнения деталей могут быть оборудованы подогревом и устройством для вакуумирования. Нагрев деталей до температур, при которых не происходят структурно-фазовых превращения, позволяет повысить пластические свойства обрабатываемых деталей. Вакуумирование необходимо в тех случаях, когда нагрев детали может сопровождать окислением поверхности, например, при упрочнении титановых сплавов.

Для исследования качества упрочнения были разработаны лабораторные стенды в 2 вариантах. На рис. 5 показан стенд, который представляет собой комплекс многофункционального назначения. Он предназначен для упрочнения деталей в

вакууме при повышенных температурах смесью шариков и микрошариков.

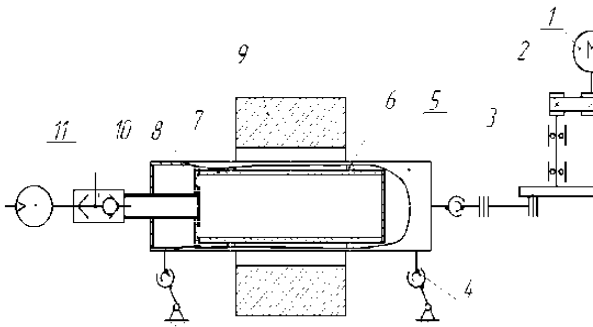


Рис. 5. Стенд для упрочнения деталей

1 - электродвигатель, 2 - клиноремная передача, 3 - кривошипно-шатунного механизма с эксцентриком, 4 - карданный шарнир, 5 - корпус, 6 - фиксатор, 7- цилиндр, 8 - крышка, 9 - печь, 10 - клапан, 11 - вакуумный насос

Принцип работы стенда заключается в следующем.

Цилиндр (контейнер) 7 предназначен для помещения в него готовых деталей. Он закрепляется с помощью фиксаторов 6 в корпусе 5.

К цилиндру 7 подключается через клапан 10 вакуумный насос 11. При необходимости он осуществляет вакуумирование деталей. Корпус 5 вместе с контейнером 7 может подвергаться вибрациям с регулируемой частотой и амплитудой. Вибрация корпуса 5 и цилиндра 7 осуществляется с помощью электродвигателя 1, сменных шкивов и клиноремной передачи 2, кривошипно-шатунного механизма с эксцентриком 3 и карданных шарниров 4.

Печь 9 оснащена терморегуляторами и пирометрами и может обеспечить требуемую фиксированную температуру испытания в цилиндре 7.

Для теплоизоляции служит специальный экран. Контроль температуры осуществляется термометрами. На рис. 6 показана схема стенда для упрочнения лопаток ГТД смесью шариков и микрошариков.

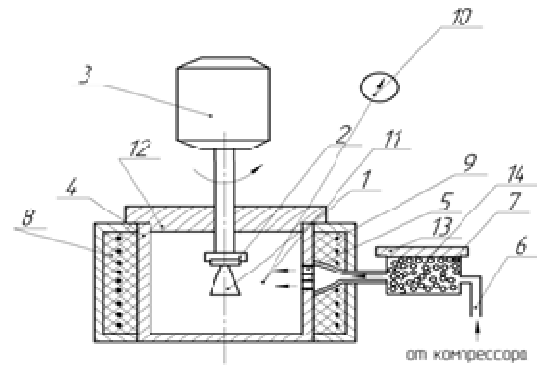


Рис. 6. Схема стенда для упрочнения лопаток ГТД смесью шариков и микрошариков

1 - лопатка, 2 - крепление лопатки, 3 - электродвигатель, 4 - корпус, 5 - сопло, 6 - трубка, 7 - смесь шариков и микрошариков, 8 - печь, 9 - термонагреватель, 10 - терморегулятор, 11 - термопара, 12 - крышка корпуса, 13 - крышка бункера для шариков, 14 - бункер со смесью шариков и микрошариков

На этом стенде отсутствует вакуумирование. Принцип работы такой установки достаточно известен.

Проведенные исследования показали что прирост усталостной прочности на различных материалах и лопатках составляет от 20 до 40%. Более эффективным показал себя метод обработки смесью шариков и микрошариков с подогревом и вакуумированием.

Библиографический список

1. Демин, Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей [Текст] / Ф.И. Демин, Н.Д. Проничев, И.Л. Шитарев // Учеб. Пособие. - М.: Машиностроение.2002. - 328 с.
2. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин [Текст] / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин // М.: Машиностроение, 1988. - 240 с.
3. Мухин, В.С. Формирование специальных свойств поверхности деталей летательных аппаратов [Текст] / В.С. Мухин - УФА: УАИ, 1986. -83 с.

MICROBALLS

© 2012 V. G. Krutsilo

Samara State Technical University

Vital parts of the GTE that working in extreme conditions, exposed to all sorts of negative effects: fever, alternating loads. Because of these difficulties there are a lot of variety of methods to improve the reliability and durability of the blades of GTE. There are a method of hardening mixture of balls, microballs, and a specially designed stand in this article.

GTE, ball, microballs, mixture and balls microballs, hardening, identer.

Информация об авторе

Круцило Виталий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальные системы и сервис автомобилей», Самарский государственный технический университет. E-mail: isap@samgtu.ru. Область научных интересов: технология машиностроения.

Krutsilo Vitaliy Grigorievich, Candidate of Technical Sciences, Docent department of instrumental systems and service vehicles, Samara State Technical University. E-mail: isap@samgtu.ru. Area of research: engineering technology.