

УДК 621.787.4

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГИПЕРПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ

© 2012 Н.М. Бобровский, А.В. Ежелев, П.А. Мельников, И.Н. Бобровский

Тольяттинский государственный университет

Поступила в редакцию 27.03.2012

Изучены перспективы развития процессов обработки поверхностно-пластическим деформированием. Выполнено сравнение технологии обработки ППД с традиционными методами обработки. Изучено влияние ППД на упрочнение поверхностного слоя обрабатываемых деталей. Приведена схема конструкции устройства для обработки широким выглаживанием.

Ключевые слова: поверхностно-пластическое деформирование; выглаживание.

В технологии машиностроения за последнее время заметно увеличился удельный вес процессов обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД). Большой интерес к методам ППД связан с их возможностью совмещать в одном процессе эффекты отделочной и упрочняющей обработки, что позволяет заменять операции, например, тонкого точения, шлифования или полирования на финишную обработку упрочнением.

Научными исследованиями обосновано, а практические исследования применения методов ППД подтвердили еще одно важное их преимущество – это повышение эксплуатационной надежности обработанных деталей.

Повышение надежности и долговечности изделий машиностроения обусловлено высоким качеством обработки и достигается за счет увеличения конструктивной и усталостной прочности деталей после упрочнения, контактной жесткости, износостойкости и выносливости их рабочих поверхностей.

Большинство известных примеров практического применения методов ППД показывает, что они внедрены преимущественно в единичном-мелкосерийном производстве и для ответственных деталей, к которым предъявляются повышенные требования по износостойкости, усталостной прочности и т.д. (например, в авиастроении, оборонной промышленности и энергомашиностроении) [3].

Время обработки поверхностно-пластическим деформированием вала авиационного дви-

Бобровский Николай Михайлович, доктор технических наук, доцент. E-mail: bobr@aport2000.ru

Ежелев Андрей Викторович, аспирант.

E-mail: Bobri@yandex.ru

Мельников Павел Анатольевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: topavel@mail.ru

Бобровский Игорь Николаевич, начальник лаборатории. E-mail: Bobri@yandex.ru

гателя составляет более 6 часов [4]. Результаты предварительных испытаний экспериментального образца устройства, показали снижение времени на обработку соответствующей детали более чем в 10 раз, что соответствует требованиям по производительности в условиях серийного и массового производства.

Применяемые в настоящее время технологические комплексы для обработки выглаживанием несомненно являются инновационной технологией, однако областью их применения является единично-мелкосерийное производство из-за длительности процесса обработки. Устройство для гиперпроизводительной финишной обработки поверхностей деталей позволит распространить данную технологию на все крупные промышленные предприятия России.

Для условий серийного и массового производства актуальна проблема повышения эффективности, экологичности и конкурентоспособности производства и особенно при увеличении спроса на отечественную продукцию. Эта проблема может решаться путем замены традиционных процессов финишной обработки на сверхпроизводительные методы обработки, такие как процесс выглаживания широким самостанавливающимся инструментом, обеспечивающим высокую надежность автоматизированного выполнения заданных требований к точности и качеству упрочняемых деталей за очень короткое время – до 6...10с, соответствующее такту выпуска до миллиона изделий в год, изделий различной номенклатуры на одном рабочем месте с использованием сменных комплектов оснастки. В отдельных случаях альтернативой ему является традиционная схема выглаживания алмазным сферическим наконечником (“классическое выглаживание”).

Новая технология гиперпроизводительного выглаживания позволяет заменить традиционные процессы финишной обработки, обеспечи-

вая при этом дополнительные преимущества упрочнения рабочих поверхностей деталей и исключить использование смазывающе-охлаждающих технологических средств (СОТС).

Результаты полученных ранее теоретических исследований в конечном итоге послужат основой для разработки устройства для гиперпроизводительной финишной обработки поверхностей деталей, что позволит распространить данную технологию на другие промышленные предприятия.

Эксплуатационные характеристики изделий в значительной мере определяются технологическим процессом их изготовления. Характерной чертой современного этапа развития машиностроения является постановка и решение экстремальных задач по поиску оптимальных условий протекания технологических процессов при изменившихся критериях весомости параметров технологии изготовления деталей машин. Подобный рост исследовательского интереса к столь сложным задачам связан с ограниченностью природных, материальных и людских ресурсов, необходимостью жесткой экономии энергии и материалов.

По сравнению с традиционными методами финишной обработки (тонкое шлифование, хонингование, суперфиниширование, полирование) методы поверхностного пластического деформирования (ППД) имеет ряд преимуществ [1]:

- обеспечивается более эффективное снижение шероховатости заготовки, что позволяет в ряде случаев сокращать количество переходов и операций;

- обработанная поверхность характеризуется окружным профилем и относительно большой опорной поверхностью;

- поверхностный слой изделия упрочняется, формируется мелкозернистая структура, образуются благоприятные остаточные напряжения сжатия.

Сочетание указанных достоинств с возможностью исключения смазывающе-охлаждающих технологических средств (СОТС) способствует приоритетности выбора метода гиперпроизводительной обработки ППД при модернизации машиностроительного производства для повыше-

ния его эффективности, экологичность и конкурентоспособности.

Указанные преимущества проявляются в улучшении эксплуатационных характеристик изделий: повышение долговечности, износостойкости и усталостной прочности.

Сравнение технологий полирования и выглаживания показало, что после полирования благоприятная поверхность для эксплуатации формируется только после длительной приработки (рис. 1.б). При отделочно-упрочняющей обработке нужный микрорельеф рабочей поверхности коленчатого вала получается непосредственно в процессе выглаживания (рис. 1.а).

Гиперпроизводительная технология обработки ППД при использовании принципа "быстрой переналадки", позволяет производить обработку поверхностей различных деталей на меньшем числе единиц оборудования, что снижает затраты на закупку оборудования, производственные площади и их содержание, снижает численность необходимого производственного персонала и позволяет оперативно переходить с выпуска одного вида продукции на другой.

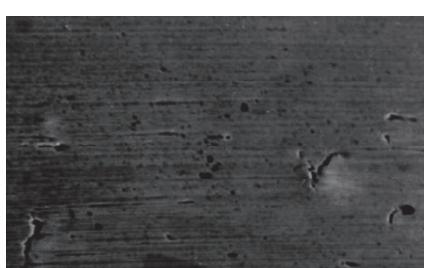
Можно отметить очевидную закономерность: после выглаживания стали 38 и высокопрочного чугуна ВЧ 75-50-03 степень упрочнения поверхностного слоя возрастает относительно полирования лентой.

После выглаживания детали из стали 38 степень наклена ее обработанной поверхности увеличилась с 7,6% (после шлифования) до 9,2% или на 21% (рис. 2а и рис. 2б).

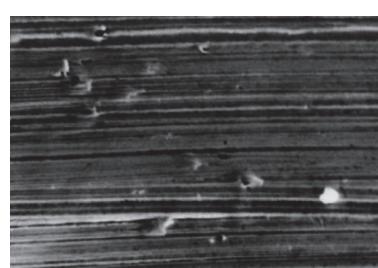
При обработке чугунной детали степень наклона ее поверхности после выглаживания возросла до 10,1% или почти в 1,5 раза.

Глубина упрочненного слоя во всех исследованных случаях оставалась одинаковой.

Зафиксированное повышение степени упрочнения поверхностного слоя стальных и чугунных деталей после обработки гиперпроизводительной технологией ППД можно рассматривать как положительный эффект отделочно-упрочняющей обработки, который способствует улучшению эксплуатационных свойств [2].



а)



б)

Рис. 1. Участок поверхности коленвала, обработанного гиперпроизводительной технологией выглаживания в течении 3 секунд (а) и полированием лентой в течении 40 секунд (б).

Увеличение $\times 300$

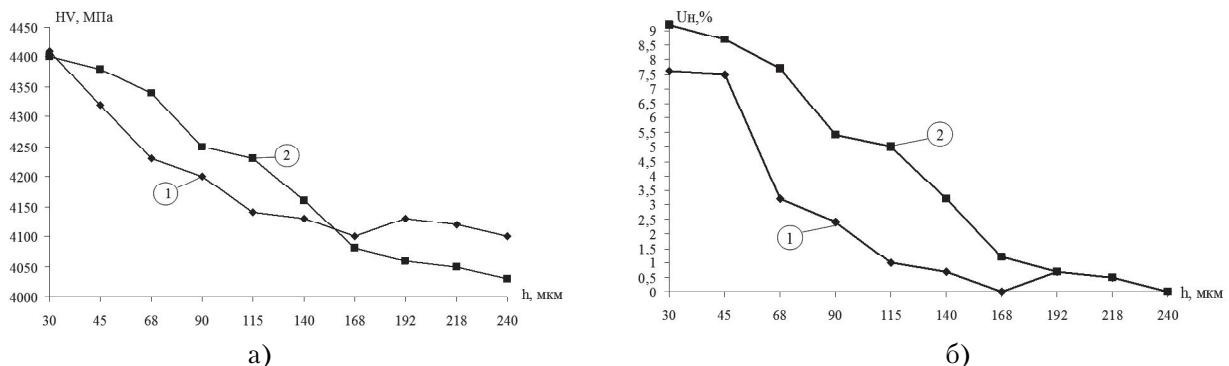


Рис. 2. Упрочнение поверхностного слоя стали 38 после полирования лентой в течении 40 секунд
 (1) и широкого выглаживания в течении 3 секунд (2):

а – изменение микротвердости по глубине упрочнения; б – изменение степени наклена по глубине упрочнения



Рис. 3. Экспериментальные образцы устройств для обработки гиперпроизводительной технологией ППД:
 а – рабочая зона; б – общий вид

Важно также отметить и то, что при оптимальных технологических условиях широкого выглаживания обеспечена степень наклена упрочненной детали не более 10%, что рекомендовано для такого класса автомобильных деталей с целью повышения их эксплуатационной надежности.

По результатам проведенных фундаментальных научно-исследовательских работ, включая исследование качества обработки деталей широким выглаживанием, можно считать, что процесс обработки широким выглаживанием обеспечивает шероховатость обработанной поверхности и степень ее упрочнения, которые способствуют повышению ее эксплуатационной надежности. На рис. 3 представлены экспериментальные образцы устройств для обработки деталей ППД.

Анализ результатов предварительных исследований показывает, что опорная поверхность после обработки гиперпроизводительным ППД значительно увеличивается, вследствие деформации микронеровностей поверхности слоя образца. При полировании этого не происходит вследствие низкой воспринимаемой нагрузки поверхности образца, рис. 4.

Для распространения технологии широкого выглаживания разрабатывается инновационное опытное устройство для гиперпроизводительной финишной обработки поверхностей деталей. Устройство предназначено для отделочной обработки на универсальных токарных станках цилинд-

рических поверхностей деталей методом ППД широким самоустанавливающимся индентором. В результате такой обработки может быть достигнута шероховатость поверхности до Ra 0,003 мкм.

В качестве инструмента используются инденторы с рабочей вставкой из твердых сплавов, а также могут быть применены инструменты из синтетических сверхтвердых материалов. Форма рабочей поверхности индентора – цилиндрическая (рис. 5).

Так же, как и при выглаживании сферическим индентором, обработка могут быть подвергнуты незакаленные детали из стали, чугуна или цветных сплавов, а также детали, закаленные до высокой твердости (рис. 6).

К режимам обработки ППД широким самоустанавливающимся инструментом относятся

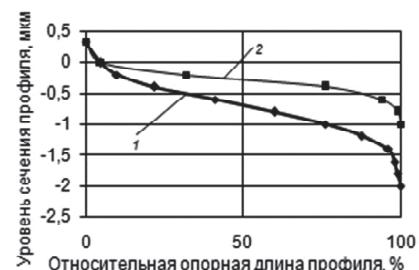


Рис. 4. Относительная опорная длина профиля образцов из чугуна ВЧ 75-50-03:
 1 – после полирования;
 2 – после обработки гиперпроизводительным ППД

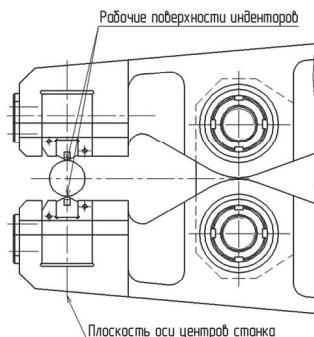


Рис. 5. Положение рабочих поверхностей инденторов

прежде всего рабочее усилие в зоне обработки и скорость перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности. Наиболее достоверные данные об этих режимах могут быть получены только экспериментально. Поэтому, в том случае, если предстоит обработка большой партии одинаковых деталей, следует предварительно подобрать режимы опытным путем.

Следует иметь в виду, что способ обработки широким самоустанавливающимся инструментом чувствителен к погрешностям геометрии исходной поверхности. Хороший результат не может быть достигнут, если исходная поверхность имеет бочкообразность или седловидность, то есть выпуклость или вогнутость образующей. Наличие конусности не является препятствием для обработки. Более того, с помощью описываемого устройства можно обрабатывать короткие конусы с углом конуса не более такого, который обеспечивается углом поворота державки с индентором при самоустановке.

Исследования выполняются при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

Для реализации накопленного потенциала интеллектуальной собственности и инновационных разработок в соответствии с Федеральным законом №217 с участием Федерального государственного

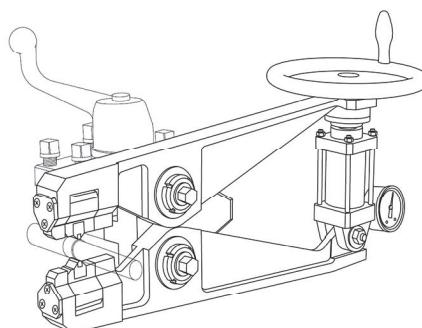


Рис. 6. Схема разрабатываемого опытного устройства для обработки широким выглаживанием

бюджетного образовательного учреждения “Тольяттинский государственный университет” в 2010 году было создано малое инновационное предприятие “Техномаш+” (www.tehnomasch.ru). Развитие предприятия осуществляется при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе “СТАРТ”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобровский И.Н., Григорьев С.Н. Контактное взаимодействие при выглаживании широким самоустанавливающимся инструментом // Вестник МГТУ «Станкин». 2011. № 1. С. 84-87.
2. Бобровский И.М., Мельников П.А., Бобровский И.Н., Ежелев А.В., Лукьянов А.А. Исследование влияния режимов обработки на шероховатость поверхности закаленных валов в условиях массового производства // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5; URL: www.science-education.ru/99-4791 (дата обращения: 19.02.2012).
3. Папиев Д.Д., Чихняев Н.В. Применение упрочняющей и отделочной обработки механическими щетками крупногабаритных изделий // Научн.-техн. конференция “Интенсификация производства и повышение качества изделий поверхностным пластическим деформированием”. 1989. С. 7.
4. Торбило В.М. Силовое выглаживание // Совершенствование процессов абразивно-алмазной и упрочняющей технологий в машиностроении. Пермь, 1983. С. 57-60.

DEVICE FOR HYPER PRODUCTIVE FINISHING PROCESSING OF DETAILS SURFACES BY BURNISHING

© 2012 N.M. Bobrovskiy, A.V. Egelev, P.A. Melnikov, I.N. Bobrovskiy

Togliatti State University

Prospects of processing processes development by superficial and plastic deformation are studied. Comparison of SPD processing technology with traditional methods of processing is completed. Influence of SPD on hardening of processed details blanket is studied. The scheme of the device design for processing by a wide burnishing is provided.

Key words: superficial plastic deformation; burnishing.

Nikolay Bobrovskiy, Doctor of Technics, Associate Professor.
E-mail: Bobri@yandex.ru

Andrey Egelev, Graduate Student. E-mail: Bobri@yandex.ru

Pavel Melnikov, Candidate of Technics, Senior Research Fellow. E-mail: topavel@mail.ru

Igor Bobrovskiy, Chief of Laboratory.
E-mail: Bobri@yandex.ru