

УДК 621.787

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ С НАГРУЖЕНИЕМ ВЫГЛАЖИВАТЕЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СИЛОЙ**

©2011 А. Н. Швецов, Д. Л. Скуратов, С. Р. Абульханов

Самарский государственный технический университет

Изложены технологические возможности процесса алмазного выглаживания поверхностей деталей. Представлена конструкция устройства для алмазного выглаживания отверстий с нагружением выглаживателя центробежной силой.

*Алмазное выглаживание, технологические возможности, отверстие, устройство для алмазного выглаживания.*

Процесс алмазного выглаживания впервые предложенный фирмой «Дженерал электрик» (США) в 1962 г., является сравнительно новым и эффективным методом отделочно-упрочняющей обработки, применяемым для выглаживания наружных и внутренних поверхностей вращения с цилиндрическим, коническим или фасонным профилем, а также для обработки торцовых и плоских поверхностей. Он позволяет уменьшить высоту микронеровностей поверхности и повысить сопротивление усталости и износостойкость деталей. Этот процесс нашел применение в автомобилестроении, авиадвигателестроении, общем машиностроении и др. отраслях промышленности.

Алмазное выглаживание может быть использовано для обработки практически любых металлов и сплавов, применяемых в современном производстве, кроме ниобия, титана и циркония. Невозможность обработки ниобия, титана и циркония обусловлена тем, что при выглаживании данные материалы налипают на рабочую часть инструмента.

С целью повышения эксплуатационных характеристик алмазному выглаживанию подвергаются также детали с различными металлическими покрытиями.

В процессе выглаживания в зависимости от условий отделочно-упрочняющей обработки (способа выглаживания, режимов, геометрии алмазного инструмента – выглаживателя, физико-механических свойств обрабатываемого материала и т.д.) точность формы остается исходной или незначительно улучшается, а изменение размеров происходит в пределах высоты микронеровностей. Степень упрочнения поверхностного слоя деталей составляет в большинстве случаев

10...30 % при глубине слоя 0,01...0,3 мм, а величина сжимающих остаточных напряжений, примерно 500... 700 МПа [3]. При этом структура материала становится более однородной, а шероховатость поверхности может быть снижена с  $Ra = 1,5...0,6$  мкм до  $Ra = 0,4...0,3$  мкм.

Сущность алмазного выглаживания заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности заготовки в результате воздействия на неё алмазного выглаживающего инструмента, закрепленного в специальной державке. В результате скольжения алмазного инструмента по обрабатываемой поверхности микронеровности, оставшиеся от предшествующего вида обработки, частично или полностью сглаживаются, происходит упрочнение поверхностного слоя и в нем формируются сжимающие остаточные напряжения как в осевом, так и в окружном направлениях. А это, в свою очередь, приводит к увеличению предела выносливости и сопротивления усталости деталей и, как следствие, к повышению надежности и долговечности деталей машин.

В зависимости от условий закрепления инструмента на станке различают два способа выглаживания – «жесткое» и «упругое».

При «жестком» способе выглаживания державку с алмазным инструментом закрепляют на станке аналогично резцу. При этом обеспечивается жесткая кинематическая связь между выглаживателем и обрабатываемой заготовкой. Условия выглаживания в этих условиях в значительной мере будут определяться жесткостью технологической системы.

Достоинством данного способа выглаживания является возможность обработки прерывистых поверхностей, а также повышение точности диаметральных размеров и формы поверхностей. К недостатку жесткого способа закрепления выглаживателя следует отнести невозможность обеспечения стабильной шероховатости и требуемого состояния поверхностного слоя на всей обработанной поверхности из-за значительного колебания силы выглаживания, обусловленного радиальным биением обрабатываемой поверхности.

При упругом способе выглаживания отсутствует жесткая кинематическая связь между обрабатываемой поверхностью заготовки и выглаживателем. Алмазный инструмент упруго прижимается к обрабатываемой поверхности. Однако в отличие от жесткого способа закрепления выглаживателя при упругом способе закрепления инструмента глубина вдавливания его в обрабатываемую поверхность заготовки будет поддерживаться одинаковой за счет обеспечения постоянства силы выглаживания, создаваемой нагружающими системами державок или устройств. В зависимости от системы нагружения державки и устройства подразделяются на механические, магнитные, электромагнитные и комбинированные.

На практике наибольшее распространение получили державки и устройства с механической системой нагружения [1]. Они используются для обработки как наружных, так и внутренних поверхностей. При этом наибольшую сложность представляет выглаживание внутренних поверхностей (отверстий).

Для алмазного выглаживания отверстий разработано устройство, общий вид которого представлен на рис. 1.

Устройство (рис. 2) состоит из корпуса 2, в котором располагается основная часть рычажно-пружинного механизма, включающего рычаги 12, ползуны 15, перемещающиеся по осям 16, пружины 14 и 17, а также штоки 3 и грузы 4. Корпус устройства соединен с коническим хвостовиком 1. Рычажно-пружинный механизм посредством штифта 13 соединен с подвижной пластиной 7, на которой при помощи винта 8 установлена ножка 9 с алмазным выглаживателем 10. При этом подвижная пластина переме-

щается между неподвижной пластиной 5 и рамкой 6.

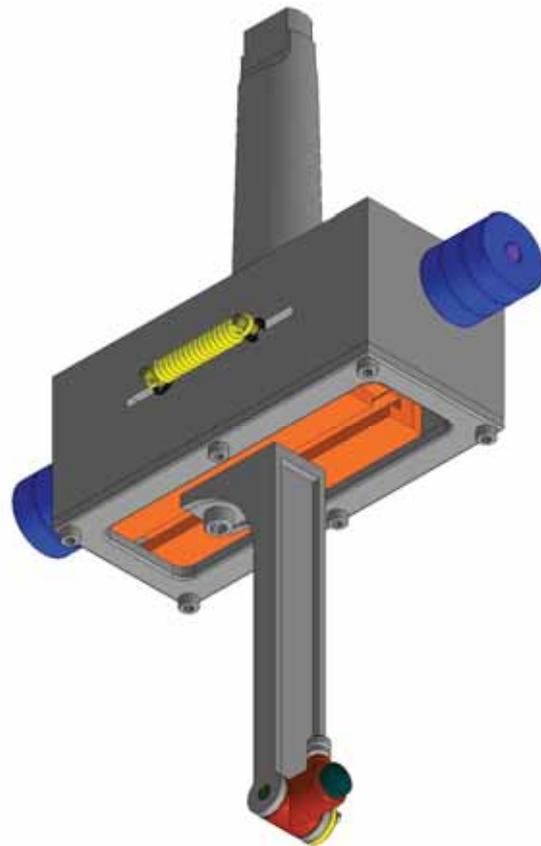


Рис. 1. Устройство для алмазного выглаживания отверстий

Устройство работает следующим образом. При сообщении устройству вращательного движения от шпинделя станка через конус Морзе хвостовика грузы, установленные на штоках, под действием центробежной силы перемещают рычаги и оси 16, взаимодействующие с рычагами через ползуны. При этом ползуны, перемещаясь по осям навстречу друг другу, сжимают пружины 14 и растягивают пружины 17. Усилие, создаваемое пружинами 17, обеспечивает возврат механизма в исходное состояние при прекращении процесса алмазного выглаживания.

Пружины 14 препятствуют появлению перекосов при движении ползунов по осям и облегчают работу по возврату механизма в исходное состояние.

В процессе работы штифт 13 перемещается вместе с рычагами в горизонтальной плоскости, обеспечивая поступательное перемещение подвижной пластине, а следовательно и ножке с алмазным выглаживателем до его соприкосновения с обрабатываемой

заготовкой 11. Радиальная сила  $P_y$ , с которой алмазный инструмент действует на обрабатываемую поверхность заготовки, определяется массой грузов и частотой вращения устройства, равной частоте вращения шпинделя станка. При этом для обеспечения

нормальной работы рычажно-пружинного механизма необходимо, чтобы усилие сжатия, создаваемое каждой из пружин 17, и усилие растяжения, создаваемое каждой из пружин 14, составили соответственно 15 и 7 Н.

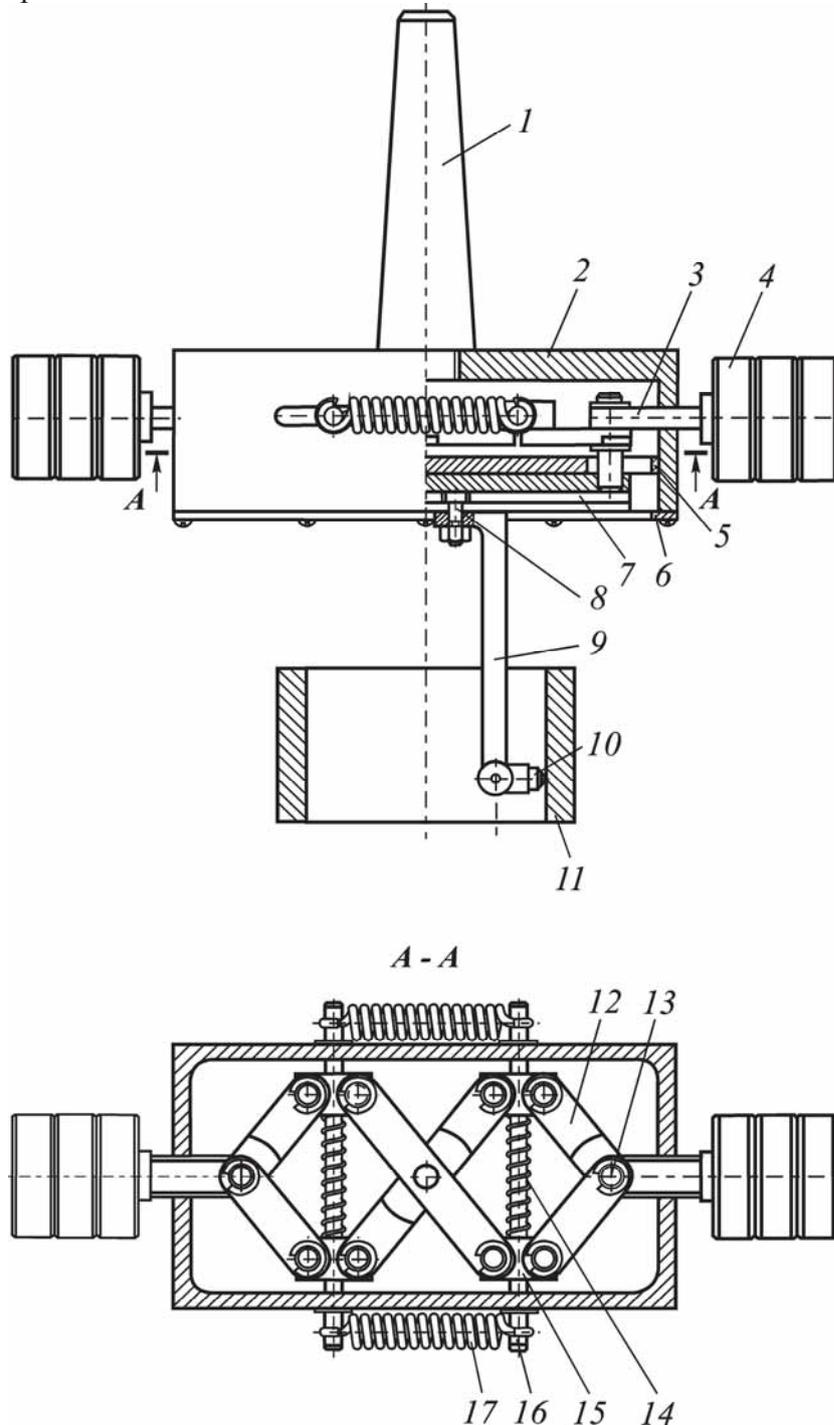


Рис. 2. Схема выглаживания отверстия на основе использования специального рычажно-пружинного вращающегося устройства

Значение радиальной силы должно соответствовать условию смятия исходных микронеровностей при сглаживающем или усло-

вию упрочнения при упрочняющем выглаживании. Величина силы выглаживания [4]:

$$P_y = \pi \varepsilon H V \left( \frac{DR}{D+R} \right)^2 \quad (1)$$

определяется относительным внедрением инструмента в заготовку  $\varepsilon = \frac{h}{R}$ , где  $h$  - глубина выглаживания, мм;  $HV$  - твердость обрабатываемого материала по Викерсу, МПа;  $D$  - диаметр обрабатываемой поверхности, мм;  $R$  - радиус рабочей части инструмента, мм.

В зависимости от режима обработки (сглаживающего или упрочняющего) задается глубина выглаживания

$$h = k_i R z_{\text{исх}}, \quad (2)$$

где  $k_i = 0,7 \dots 1,3$  - коэффициент вдавливания инструмента,  $i = 1, 2$  - индексы соответственно нижнего и верхнего пределов глубины вдавливания;  $R z_{\text{исх}}$  - высота неровностей по десяти точкам (исходная), мкм.

Таким образом, технические ограничения, обусловленные требованиями к силе выглаживания, будут иметь вид [2]:

$$P_y \geq \pi HV \frac{k_1 C_{Rz} Ra_{\text{исх}}}{R} \left( \frac{DR}{D+R} \right)^2; \quad (3)$$

$$P_y \leq \pi HV \frac{k_2 C_{Rz} Ra_{\text{исх}}}{R} \left( \frac{DR}{D+R} \right)^2, \quad (4)$$

где  $C_{Rz}$  - коэффициент перевода параметра  $Ra$  в  $Rz$ ;  $Ra_{\text{исх}}$  - среднее арифметическое отклонение профиля (исходное), мкм; для сглаживающего режима  $k_1 = 0,7$ ,  $k_2 = 1,0$ ; для упрочняющего режима  $k_1 = 1,1$ ,  $k_2 = 1,3$ .

Таблица 1. Расчетные значения силы  $P_y$  при различных частотах вращения шпинделя и массе грузов

$n$ , об/мин	$v$ , м/с	$\omega$ , с <sup>-1</sup>	$P_y$ , Н		
			1×52 г	2×52 г	3×52 г
500	5,08	52,33	29,22	58,45	87,67
630	6,40	65,94	46,39	92,79	139,18
800	8,12	83,73	74,81	149,62	224,43
1000	10,15	104,67	116,89	233,78	350,67
1250	12,69	130,83	182,64	365,28	547,92

### Вывод

Таким образом, предложенное устройство для алмазного выглаживания отверстий обладает возможностью быстрой переналадки на режим обработки с заданной силой

Обычно сила алмазного выглаживания изменяется в диапазоне от 50 до 300 Н.

В табл. 1 приведены значения силы  $P_y$ , создаваемые устройством, при различных частотах вращения шпинделя вертикально-фрезерного станка 6С12 и различной массе грузов. Масса каждого груза, устанавливаемого на шток (см. рис. 2), составляет примерно, 52 г. На каждый шток может быть установлено до трех грузов.

Наладка на обрабатываемый размер (рис. 3) осуществляется путем перемещения ножки 2 с алмазным выглаживателем 3 вдоль паза пластины 1. Положение ножки фиксируется винтом 4. Данное устройство предназначено для алмазного выглаживания отверстий диаметром от 43 до 139 мм.

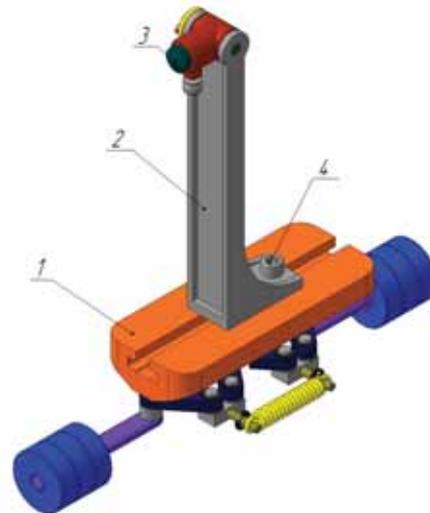


Рис. 3. Подвижная часть устройства

выглаживания и настройки на требуемый размер обрабатываемого отверстия. Кроме того, симметричное расположение грузов на штоках устройства практически исключает появление дисбаланса.

### **Библиографический список**

1. Абразивная и алмазная обработка материалов [Текст] : справочник / А.Н. Резников [и др.]; под ред. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 391 с.
2. Сидоров, С.Ю. Разработка математической модели для определения рациональных условий обработки на операциях алмазного выглаживания при изготовлении деталей авиационной техники [Текст] / С.Ю. Сидоров, Д.Л. Скуратов // Вестник Самарск. гос. аэрокосм. ун-та. – 2006. – №2 (10). – Ч.2. – С. 96-100.
3. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин [Текст]/А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Яговкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
4. Торбило, В.М. Алмазное выглаживание [Текст] / В.М. Торбило. – М.: Машиностроение, 1972. – 105 с.

## **A DEVICE FOR DIAMOND SMOOTHING OF HOLES WITH A CENTRIFUGAL-FORCE-LOADED SMOOTHING TOOL**

© 2011 A. N. Shvetsov, D. L. Skuratov, S. R. Abulkhanov

Samara State Technical University

Technological capabilities of a process of diamond smoothing of component surfaces are discussed. The design of a device for diamond smoothing of holes with use of the centrifugal force to load the smoothing tool is proposed.

Diamond smoothing, technological capabilities, holes, a diamond smoothing device.

### **Информация об авторах**

**Швецов Алексей Николаевич**, инженер, магистрант Самарского государственного технического университета. Тел. (846) 332-45-83. E-mail: [shvecovalexey@yandex.ru](mailto:shvecovalexey@yandex.ru); [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Область научных интересов: процессы поверхностно-пластического деформирования материалов.

**Скуратов Дмитрий Леонидович**, доктор технических наук, профессор кафедры инструментальных систем и сервиса автомобилей Самарского государственного технического университета. Тел.: (846) 332-45-83. E-mail: [isap@samgtu.ru](mailto:isap@samgtu.ru). Область научных интересов: структурно-параметрическая оптимизация технологических процессов механической обработки, процессы абразивной обработки и поверхностно-пластического деформирования.

**Абульханов Станислав Рафаелевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и станочных комплексов Самарского государственного технического университета. Тел.: (846) 332-45-88. E-mail: [abulhanov58@mail.ru](mailto:abulhanov58@mail.ru). Область научных интересов: процессы резьбонарезания и поверхностно-пластического деформирования.

**Shvetsov Alexei Nikolaevich**, engineer and an MSc student of Samara State Technical University. Phone: (846) 332 45 83. E-mail: [shvecovalexey@yandex.ru](mailto:shvecovalexey@yandex.ru). Area of research: processes related to surface plastic strain of materials.

**Skuratov Dmitry Leonidovich**, Doctor of Engineering, Professor department of Instrument Systems and Car Servicing of Samara State Technical University. Phone: (846) 332 45 83. E-mail: [iasp@smagtu.ru](mailto:iasp@smagtu.ru). Area of research: structure and parameter optimization of processes related to mechanical operations, abrasive machining, and surface plastic strain.

**Abulkhanov Stanislav Rafaelevich**, Candidate of Engineering, Associate Professors at the sub-department of Motor Vehicles and Machine Complexes of Samara State Technical University. Phone: (846) 332 45 88. E-mail: [abulhanov58@mail.ru](mailto:abulhanov58@mail.ru). Area of research: processes of screw cutting and surface plastic strain.