

АЛМАЗНОЕ ВЫГЛАЖИВАНИЕ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПОСТОЯННОЙ РАДИАЛЬНОЙ СИЛОЙ P_r

Ю.Б. Червач, к.т.н., доц.,
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел. (3822)-606-389
E-mail: chervach@tpu.ru

Одной из причин ограниченного использования процесса алмазного выглаживания для упрочнения поверхностей деталей современного машиностроительного производства является сложность экспериментального подбора основных режимов обработки: радиальной составляющей силы выглаживания P_r и радиуса алмазного индентора $R_{сф}$, существенно влияющих на площадь контакта обрабатываемой поверхности с индентором и величину давления между ними. Если выбранный радиус $R_{сф}$ алмазного индентора не меняется при обработке поверхности, то незначительное отклонение величины P_r приводит к неоптимальной величине упрочнения или, что существенно хуже, к разупрочнению поверхностного слоя.

Следует отметить, что оправки, используемые в промышленности в настоящее время не стабилизируют силу P_r при обработке с радиальным биением и обработке фасонных поверхностей.

При выглаживании оправкой, представленной на рис. 1, силовым элементом которой является плоская пружина, с появлением радиального биения сила P_r будет изменяться в зависимости от величины биения и жёсткости пружины и носит явно выраженный синусоидальный характер (рис. 2).



Рис. 1. Динамометрическая оправка с симметричной плоской пружиной для алмазного выглаживания (силовой элемент – плоская пружина)

В промышленности широко используются оправки с винтовой пружиной [1], но характер изменения силы P_r при радиальном биении значительно отличается от указанной выше кривой: зависимость приведена на рис. 3.

Явно выраженный пилообразный характер зависимости $P_r=f(T)$ обусловлен, скорее всего, схватыванием (механическим зависанием) прецизионной плунжерной возвратно-поступательной пары в условиях сухого трения. Величина ΔP_r обусловлена не только жесткостью винтовой пружины k при изменении длины пружины на величину

радиального биения $\Delta r = r_{\max} - r_{\min}$, но и условиями движения индентора по поверхности детали и, соответственно, микроперемещения плунжера относительно корпуса оправки (фазы движений индентора по обрабатываемой поверхности с наибольшим радиусом – от точки а к точке b и наименьшим радиусом – от точки с к точке d) (рис. 4).

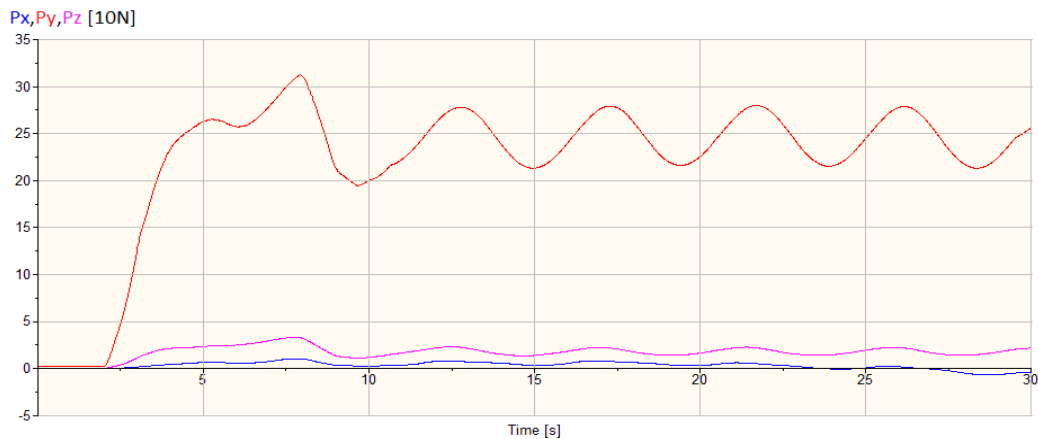


Рис. 2. Зависимость составляющих усилия выглаживания P_y , P_x и P_z [Н] от времени T [с] при выглаживании динамометрической оправкой с плоской пружиной. $\Delta P_y \approx 67$ Н. Радиальное биение 0,1 мм. Режимы выглаживания: радиус индентора $R_{сф} = 2$ мм; подача $S = 0,05$ мм/об.; скорость выглаживания $v \approx 0,02$ м/с; угловая скорость $\omega = 1,3$ с⁻¹.

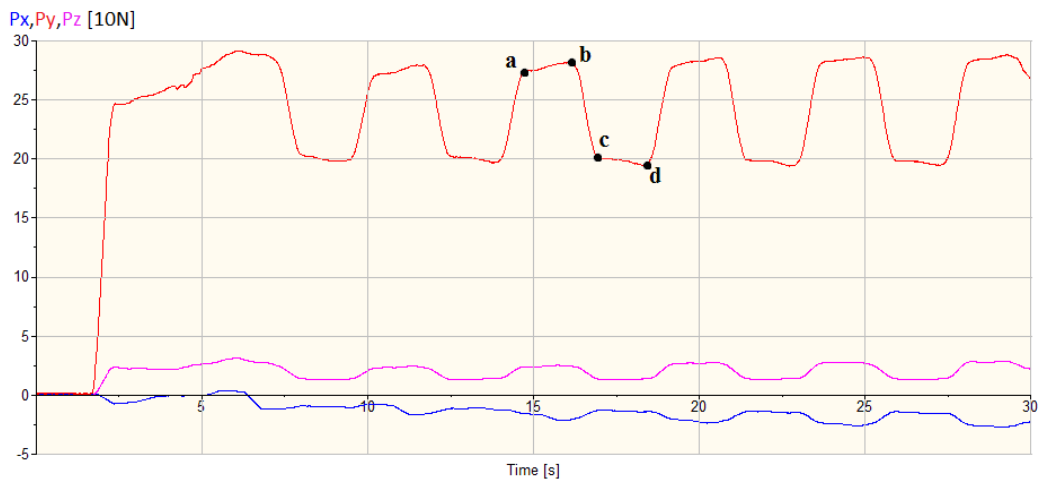


Рис. 3. Зависимость составляющих усилия выглаживания P_y , P_x и P_z [Н] от времени T [с] при выглаживании оправкой с винтовой пружиной. $\Delta P_y \approx 88$ Н. Радиальное биение 0,1 мм. Режимы выглаживания: радиус индентора $R_{сф} = 2$ мм; подача $S = 0,05$ мм/об.; скорость выглаживания $v \approx 0,02$ м/с; угловая скорость $\omega = 1,3$ с⁻¹.

Если из процесса выглаживания пружинной оправкой исключить схватывание возвратно-поступательной пары, то зависимость $P_y = f(T)$, показанная на рис. 3 приобрела бы вид кривой, полученной при выглаживании оправкой с плоской пружиной. В этих случаях характер изменения силы P_y был бы практически одинаков и зависел только от упругих деформаций изгиба материала плоской пружины (рис. 2) или от упругих деформаций кручения винтовой пружины. Разница в виде зависимостей, изображенных на

рис. 2 и 3, обусловлена только процессом схватывания плунжерной пары при микроперемещениях в зонах с очень малым изменением радиуса r . Колебание силы выглаживания составило $P_y=88$ Н.

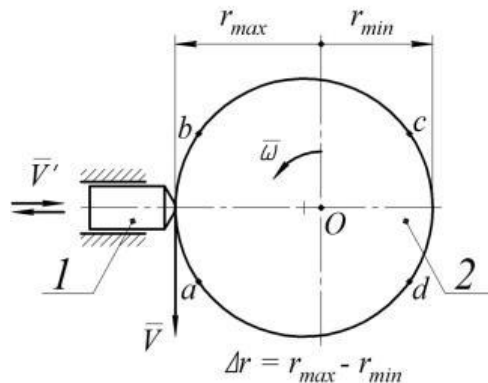


Рис. 4. Схема движения индентора по поверхности с радиальным биением:
1- индентор, установленный в плунжере возвратно-поступательной прецизионной пары;
2 – обрабатываемая поверхность (V – скорость выглаживания, м/с; V' – скорость перемещения индентора с плунжером относительно корпуса оправки;
 ω – угловая скорость детали, 1/с)

Анализ результатов выглаживания поверхностей деталей с радиальным биением до $0,01 \dots 0,02$ мм оправкой с винтовой пружиной показал, что колебание силы выглаживания ΔP_y также вызваны, в значительной мере, зависанием плунжерной возвратно-поступательной пары. Отсюда можно сделать вывод, что использование пружинных оправок с возвратно-поступательными парами трения для гладкого и фасонного выглаживания поверхностей деталей приведёт к процессу обработки с переменной силой P_y , и неоднородному процессу упрочнения поверхностного слоя.

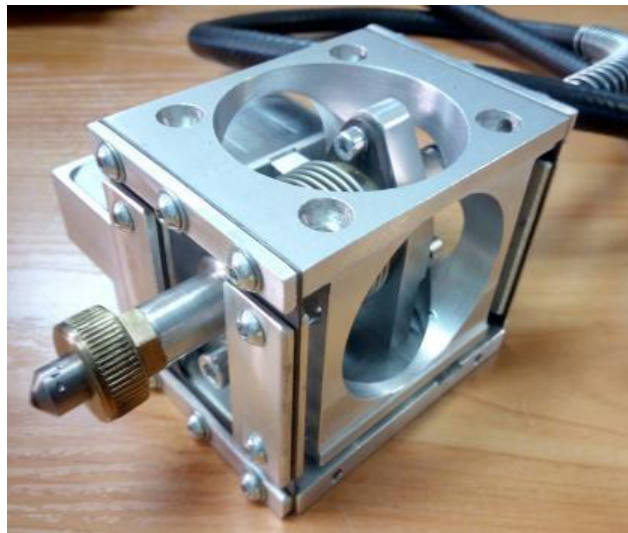
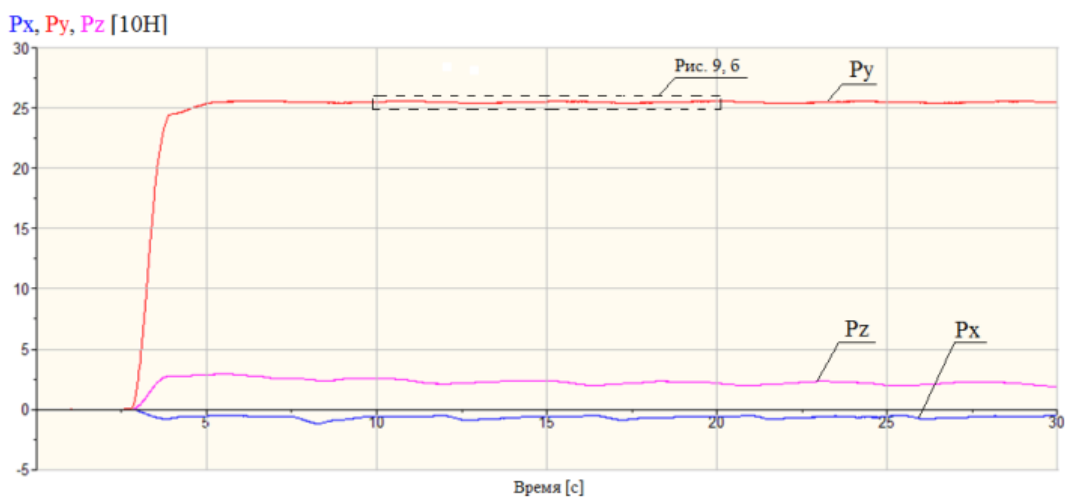


Рис. 5. Оправка для выглаживания пневматическая с ресивером (силовой элемент – сильфон со сжатым воздухом) с параллелограммной установкой индентора на 4-х плоских стойках

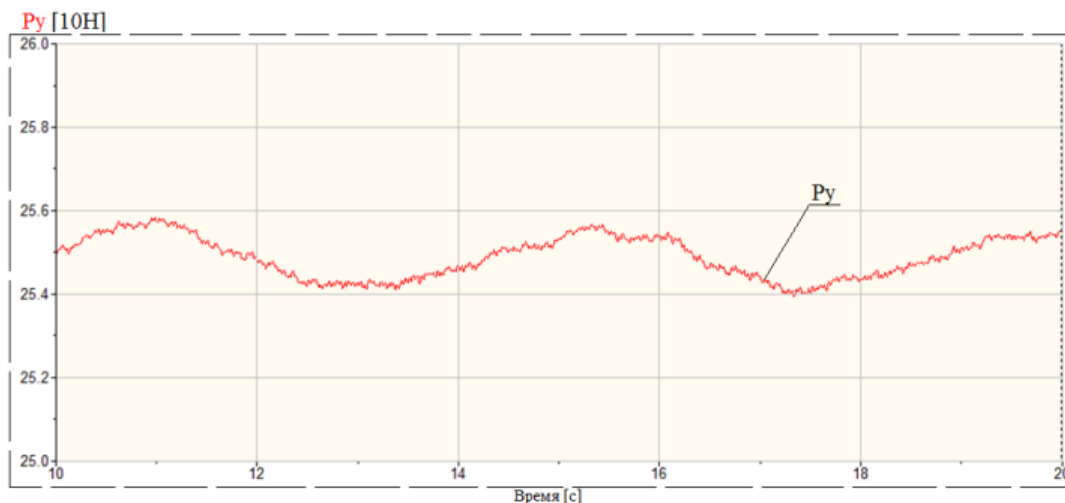
Для стабилизации силы выглаживания P_y в процессе обработки фасонных поверхностей и поверхностей деталей, установленных на станок с относительно большим

радиальным биением, необходимо было полностью исключить возвратно-поступательные и вращательные пары трения, а также пары трения качения в конструкции оправки. В качестве силового элемента предполагалось использовать хорошо зарекомендовавшую себя систему «сильфон–ресивер» с регулируемым давлением воздуха. Индентор (с элементами крепления к оправке) должен свободно перемещаться по радиальному направлению «у» относительно обрабатываемой детали, а по ортогональным направлениям «х» и «z» – не имел возможности перемещаться под воздействием сил P_x и P_z . С учётом этих требований разработана оправка пневматическая с ресивером (силовой элемент–сильфон со сжатым воздухом) с параллелограммной установкой индентора на 4-х плоских стойках (рис. 5).

Измерение силы выглаживания P_y при обработке детали, установленной с эксцентриситетом, показало почти полное отсутствие колебаний силы: $\Delta P_y = 1,9 \text{ Н}$ по сравнению с обработкой другими оправками (рис. 6,а и 6,б).



а)



б)

Рис. 6. Зависимость составляющих силы выглаживания P_y , P_x и P_z [Н] от времени T [с] при выглаживании оправкой пневматической с ресивером (силовой элемент – сильфон со сжатым воздухом) с параллелограммной установкой индентора на 4-х плоских стойках:

$$R_{сф} = 2 \text{ мм}; S = 0,05 \text{ мм/об}; V \approx 0,02 \text{ м/с}; \omega = 1,3 \text{ с}^{-1}$$

Проведённые исследования силовых зависимостей в процессе алмазного выглаживания поверхностей деталей, установленных в приспособления станка с радиальным биением (или фасонных поверхностей), оправками с разными силовыми элементами и конструктивными особенностями, показывают, что колебания сил зависят не только от жёсткости и типа силовых элементов, но и от неравномерного перемещения подвижных пар трения. схватывания возвратно-поступательных пар трения в условиях сухого трения

Использование на производстве оправок с возвратно-поступательными парами трения требует либо очень точной установки деталей перед обработкой, либо выполнения финишной операции упрочнения непосредственно после предшествующей операции без переустановки детали.

Конструктивные особенности оправки пневматической с ресивером (силовой элемент – энергия сжатого воздуха в сильфоне) с параллелограммной установкой индентора на 4-х плоских стойках позволяет обрабатывать сложные фасонные поверхности и поверхности деталей, установленных с относительно большим биением с постоянной силой выглаживания P_y . Силовой элемент и конструктивные особенности оправки позволяют проводить обработку с высокими скоростями выглаживания без возникновения автоколебаний в системе «индентор–обрабатываемая поверхность детали».

Список литературы:

1. V.P. Kuznetsov, I.Yu. Smolin, A.I. Dmitriev, S.V. Smirnov, A.V. Makarov, A.E. Kiryakov, A.S. Yurovskikh, Finite element modeling of nano-structuring burnishing, Physical Mesomechanics, (2011) T.16, №6. – 87–97, (in Russian).