

УДК 621.787: 621.01

А.П. Минаков, д-р техн. наук, проф., Д.Л. Зайцев

## ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ПВДО ШТОКОВ

Представлена конструктивная схема инструмента для ПВДО штоков. Выявлено влияние режимов обработки на шероховатость обработанной поверхности. Приведены результаты полнофакторного эксперимента режимов процесса ПВДО штоков.

На рис. 1 представлена конструктивная схема накатника для импульсно-ударной пневмовибродинамической обработки наружных цилиндрических поверхностей.

Инструмент состоит из корпуса 1, в кольцевой камере которого свободно расположены деформирующие элементы – шары 2. В корпусе 1 посредством крышки 3 и винтов 4 закреплен стакан 5, в котором выполнена беговая дорожка с треугольным симметричным профилем. В стакане 5 имеется прорезь для вылета шара 2 на расстояние  $h$ , что создает условие его контакта с обрабатываемой поверхностью. В корпусе 1 закреплен и воздухораспределитель 6, осевая полость которого соединена с кольцевой камерой тангенциальными соплами 7. Инструментом обрабатывают заготовку 8.

Инструмент работает следующим образом.

Инструмент крепят, например, в резцедержателе токарно-винторезного станка и подводят к обрабатываемой поверхности заготовки, установленной на станке в центрах, и сообщают заготовке вращение, а инструменту перемещение вдоль обрабатываемой наружной поверхности вращения. Включают сжатый воздух. Под действием сжатого воздуха, подводимого от системы питания (не показана) через осевой канал воздухораспределителя 6 и тангенциальные сопла 7, шары 2 начинают совершать орбитальное вращение вокруг оси инструмента. При этом происходит пластическое деформирование обрабатываемой поверхности за счет того, что в зоне обработки шары 2 поочередно, наносят удары по заготовке 8.

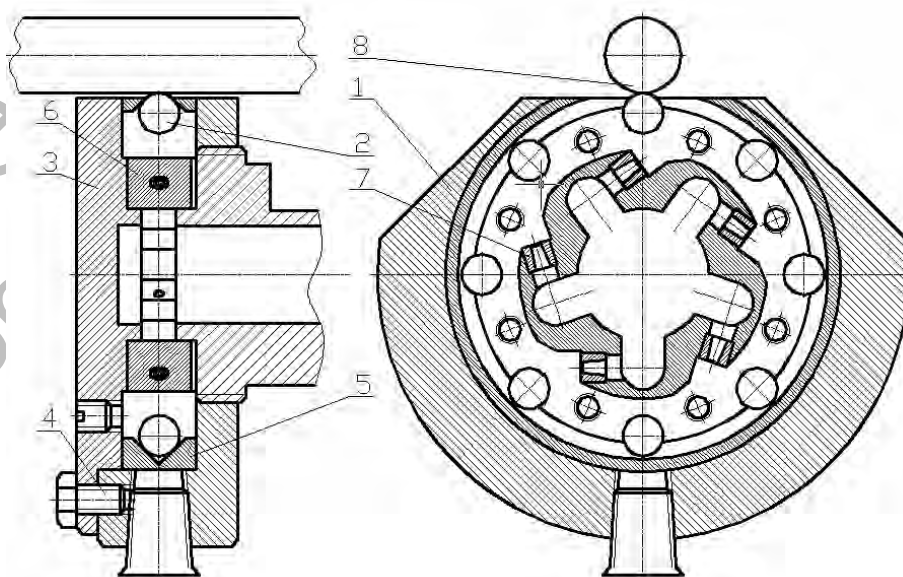


Рис. 1. Конструктивная схема инструмента для импульсно-ударной ПВДО штоков

Конструктивные особенности инструмента позволяют осуществлять надежное охлаждение его и обрабатываемой поверхности сжатым воздухом в результате адиабатического расширения. Инструментом одной конструкции можно обработать участки поверхности с разной точностью, различной величиной шероховатости и глубиной наклепа.

Процесс может обеспечить обработку прерывистых поверхностей и деталей малой жесткости без применения смазочно-охлаждающей жидкости и оборудования повышенной жесткости.

Влияние режимов обработки на шероховатость обработанной поверхности исследовалось на токарно-винторезном станке мод. 1К62. Для оценки влияния скорости вращения заготовки и подачи инструмента обработке подвергались детали из стали 45 Ø66 мм твердостью 160...180 НВ. Наружный диаметр заготовки точился резцом, оснащенным твердосплавной пластиной ТЗ0К4, на следующих режимах:  $n = 500$  об/мин,  $S = 0,097$  мм/об. При этом соблюдались условия, предъявляемые к поверхности, подлежащей обработке методом ППД; отсутствие на поверхности заготовки шелушения, вырывов, задиров и др. В результате точения шероховатость поверхности  $Ra = 3,3$  мкм.

На рис. 2 представлены зависимости  $Ra = f(S)$  при  $P = 2,5$  ати и при различных скоростях вращения заготовки.

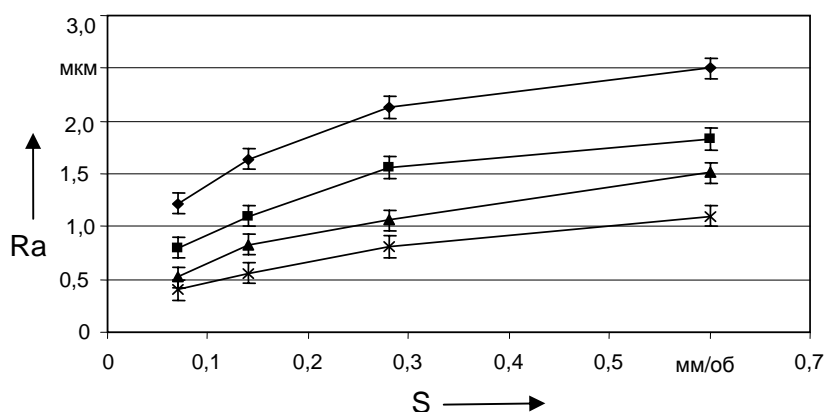


Рис. 2. Влияние подачи инструмента на шероховатость накатанной поверхности

На рис. 3 представлены зависимости  $Ra = f(n)$  при  $P = 2,5$  ати и при различных подачах инструмента.

Для оценки влияния давления подаваемого сжатого воздуха обработке подвергались детали из улучшенной стали 45 Ø62 мм твердостью 240...285 НВ. Наружный диаметр заготовки точился резцом, оснащенным пластиной эльбора, на следующих режимах:  $n = 500$  об/мин,  $S = 0,097$  мм/об. При этом соблюдались условия, предъявляемые к поверхности, подлежащей обработке методом ППД; отсутствие на поверхности заготовки шелушения, вырывов, задиров и др. В результате точения шероховатость поверхности  $Ra = 2,07$  мкм.

На рис. 4 представлены зависимости  $Ra = f(p)$  при различных скоростях вращения заготовки и подачах инструмента.

Для исследования влияния импульсно-ударной пневмовибродинамической обработки, т. е. подачи, скорости вращения заготовки и давления воздуха в рабочей полости инструмента, на качество обработанной поверхности был проведен полнофакторный эксперимент. В качестве параметра оптимизации выбрана шероховатость поверхности

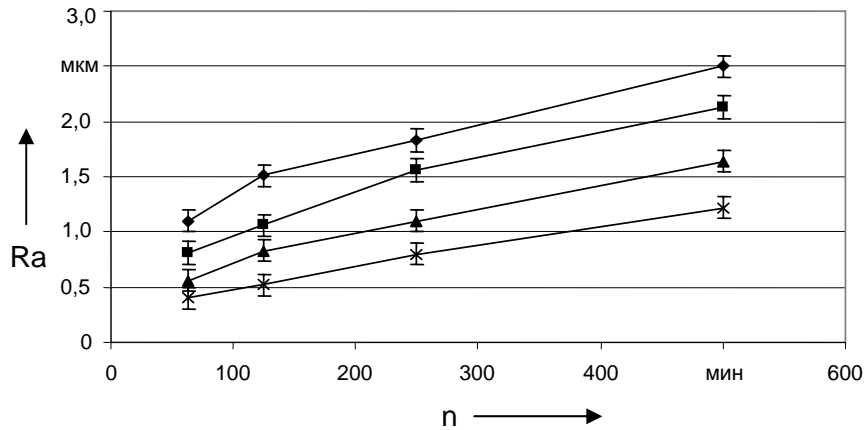


Рис. 3. Влияние скорости вращения заготовки на шероховатость накатанной поверхности

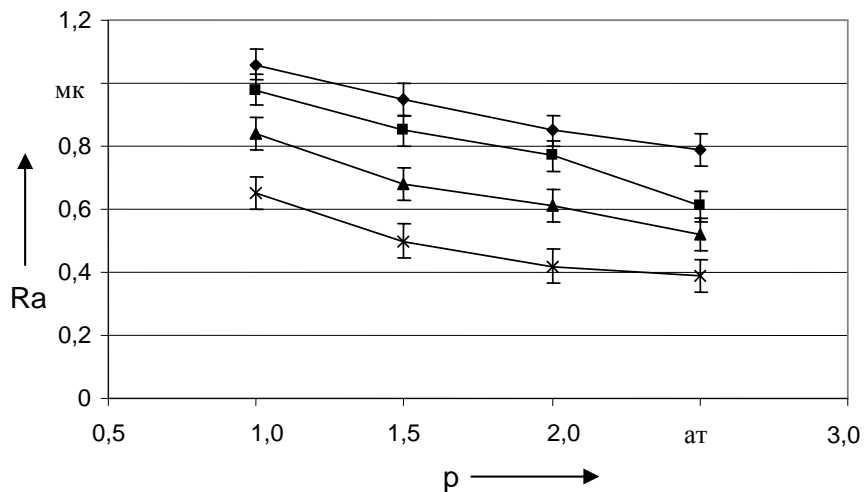


Рис. 4. Влияние давления подаваемого сжатого воздуха подачи на шероховатость накатанной поверхности

Использовалась линейная модель

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3, \quad (1)$$

где  $X_1$  - кодированное значение подачи инструмента,  $S \cdot \text{мм/об}$ ;  $X_2$  - кодированное значение скорости вращения заготовки,  $n \cdot \text{мин}^{-1}$ ;  $X_3$  - кодированное значение давления подаваемого сжатого воздуха,  $p \cdot \text{ати}$ .

Для удобства записи условий эксперимента и обработки данных уровни факторов кодировались. В кодированном виде верхний уровень обозначают «+1», нижний «-1».

Кодированное значение фактора определяется по выражению

$$X_i = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_i^0}{\varepsilon_i}, \quad (2)$$

где  $\bar{X}_i$  - натуральное значение  $i$ -го фактора;  $\bar{X}_i^0$  - натуральное значение основного

уровня  $i$ -го фактора;  $\mathcal{E}_i$  - интервал варьирования  $i$ -го фактора.

После обработки экспериментальных данных для заготовок из стали 45 Ø62 мм твердостью 240...285 НВ и исходной шероховатостью поверхности после точения  $Ra = 2,07$  мкм получено уравнение, отражающее зависимость шероховатости поверхности от подачи инструмента, частоты вращения заготовки и давления воздуха в рабочей камере инструмента:

$$Y = 0,7055 + 0,102X_1 + 0,105X_2 - 0,128X_3. \quad (3)$$

Для заготовок из стали 45 Ø62 мм твердостью 240...285 НВ и исходной шероховатостью поверхности после шлифования  $Ra = 0,17$  мкм данное уравнение имеет вид:

$$Y = 0,3487 + 0X_1 + 0,0441X_2 + 0,055X_3. \quad (4)$$

Для заготовок из стали 45 Ø66 мм твердостью 160...180 НВ и исходной шероховатостью поверхности после точения  $Ra = 2,55$  мкм полученное уравнение имеет вид:

$$Y = 0,591 + 0,118X_1 + 0,1725X_2 - 0,0405X_3 + 0,0365X_1X_2. \quad (5)$$

Для заготовок из стали 45 Ø55 мм твердостью 180...190 НВ и исходной шероховатостью поверхности после шлифования  $Ra = 0,23$  мкм уравнение имеет вид:

$$Y = 0,230 + 0,017X_2 - 0,019X_2X_3 - 0,017X_2X_3. \quad (6)$$

Представленный на рис. 1 инструмент для импульсно-ударной пневмовибродинамической обработки наружных цилиндрических поверхностей обладает более высокой производительностью, чем его аналоги, так как в виду значительных конструктивных изменений деформирующие элементы развивают значительно большую скорость вращения.

Проведенные исследования режимов обработки и приведенная их параметрическая оптимизация дают возможность с достаточной точностью определить необходимую шероховатость накатанной поверхности, варьируя режимами процесса, без проведения дополнительных экспериментальных исследований.

Белорусско-Российский университет  
Материал поступил 11.11.2005

**A.P. Minakov, D.L. Zaitsev**  
**Parametrical optimization of modes**  
**of process PVDM of rods**  
Belarusian-Russian University

The constructive circuit of the tool for rods PVDM is submitted. Influence of modes of machining on a roughness of the processed surface is revealed. Results full factor experiment of modes of process PVDM of rods are resulted.