

Интервалы варьирования факторов выбирались, исходя из литературных данных априорной информации об объекте исследования и накладываемых на них естественных ограничений.

При обработке колец было проведено 8 опытов, причем каждый опыт повторялся 3 раза. Обработка экспериментальных данных производилась по составленной программе на ЭВМ "Наири".

Реализация плана эксперимента позволила получить адекватную математическую модель с доверительной вероятностью 1%:

$$R_a = 76,9 \frac{S^{0,99}}{v^{0,14} P_y^{0,76} R_{сф}^{0,94}} ; \quad (1)$$

$$S_m = 0,326 \frac{S^{0,69} P_y^{0,23}}{R_{сф}^{0,2}} ; \quad (2)$$

$$R_z = 93,2 \frac{S^{0,96}}{v^{0,07} P_y^{0,55} R_{сф}^{0,93}} ; \quad (3)$$

$$R_{max} = 155,6 \frac{S^{0,86}}{v^{0,09} t^{0,01} P_y^{0,53} R_{сф}^{0,06}} \quad (4)$$

Таким образом, установленная математическая связь параметров качества поверхности бронзовых уплотнительных колец с режимами их обработки позволила определить режимы обработки:  $v = 2,5$  м/с;  $S = 0,07$  мм/об;  $t = 0,5$  мм;  $R_{сф} = 1,5$  мм;  $P_y = 150$  Н создающие рельеф поверхности, близкий к оптимальному.

УДК 621.951.7

В.В.Жунин, А.С.Горячев

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОТВЕРСТИЙ ПРИ СКОРОСТНОМ РАЗВЕРТЫВАНИИ ИНСТРУМЕНТАМИ С КОМБИНИРОВАННЫМИ ВСТАВКАМИ

Развертывание отверстий является финишной операцией и выполняется в основном в деталях из высокопрочных сталей ( $\sigma_s = 1300 \dots 2000$  МПа).

После закалки такие стали, как 30ХГСА, 30ХГСНА, ЭИ643, имеют высокую твердость (HRC 43...57) и обработать отверстие в таких деталях представляет большие трудности. Инструмент, оснащенный твердосплавными пластинами, интенсивно изнашивается, что снижает его

стойкость. При разворачивании возникают высокие температуры, особенно там, где затруднен подвод смазывающе-охлаждающей жидкости; имеет место явление адгезии и, кроме того, развертка работает по наклепанному слою, полученному после предварительной обработки.

Процесс разворачивания связан с такими трудностями: недостаточная жесткость и виброустойчивость инструмента и системы СИИД в целом. В результате имеют место вибрации, приводящие к выкрашиванию режущих зубьев и ухудшению качества обработки. Особенно это проявляется при входе разверток в отверстие. Поперечные колебания разверток связаны с несоосностью отверстия и инструмента, обилием режущих зубьев по заборному конусу.

Малейшие величины несоосности и биения зубьев создают вибрации инструмента и повышают шероховатость отверстий. Нежесткость крепления приводит к искажению формы отверстия и росту амплитуды поперечных колебаний инструмента. В этом случае создается неравномерность припуска, ухудшается чистота обработки, появляются микротрещины на режущих кромках. Поэтому развертки остро выходят из строя и их нужно заменять новыми. Отверстия нужно дорабатывать притирами для получения необходимой точности и чистоты. Грубая притирка является дорогостоящей. Поэтому необходимо создать такую конструкцию инструмента, которая обеспечит стабильное качество и чистоту поверхности при высокой производительности.

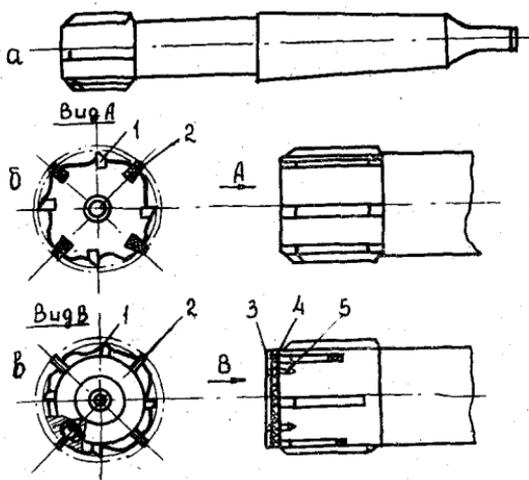
Развертки новой конструкции, показанные на рис. 1, имеют между режущими зубьями пластмассовые пластины, обладают повышенной стойкостью, обеспечивают гашение вибраций, но в связи с тем, что выделяющееся при резании тепло расплавляет пластмассовые пластины, их действие прекращается.

Были опробованы развертки с пластинами из металлорезины между режущими зубьями, но они эффекта не дали, так как пластмасса выплавляется и теряется размер выступания пластин относительно режущих зубьев.

Развертки с демфирующе-выглаживающими вставками обладают значительными преимуществами перед обычными развертками:

1) в момент входа инструмента в отверстие энергия удара воспринимается твердосплавными пластинами, опирающимися на полиуретановые и относительно режущих кромок выступающими на величину  $0,1 \text{ мм}$  в продольном направлении;

2) так как полиуретан находится на сравнительно большом расстоянии от зоны резания, то он не расплавляется и его форма не ис-



Р и с. 1. Конструкции разверток: а - стандартная развертка; б - развертка с пластмассовыми направляющими: 1 - режущий зуб, 2 - пластмассовая направляющая пластина; в - развертка с демпфирующе-выглаживающими пластинами: 1 - режущий зуб, 2 - твердосплавная пластина, 3 - шайба, 4 - пластмассовая прокладка, 5 - крепежный винт

наковая, за исключением переднего угла. Применение демпфирующе-выглаживающих вставок позволяет работать с нулевыми передними углами.

Для выбора режимов обработки необходимо выявить амплитуду поперечных колебаний, которые влияют на шероховатость отверстий и стойкость инструмента.

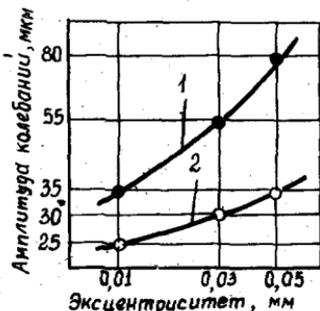
Исследование вибраций показывает, что при смещении осей вращения инструмента и отверстия на величину, равную 0,05 мм, как показано на рис. 2, амплитуда колебаний инструмента составляет 35 мкм, в то время как колебания обычных разверток достигают 80-100 мкм. Кроме смещения оси инструмента относительно отверстия

кажется, а твердосплавная пластина выглаживает поверхность отверстия, повышая чистоту на I-2 класса;

3) свистящие звуки исчезают;

4) поперечные колебания инструмента гасятся.

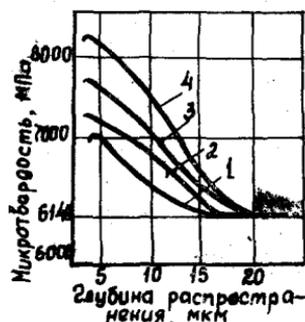
Исследования по определению стойкости позволили установить, что инструмент с демпфирующе-выглаживающими вставками обладает значительно большей стойкостью, чем развертки обычной конструкции. Геометрия заточки, в основном, оди-



Р и с. 2. Влияние смещения осей инструмента и отверстия на поперечные колебания: 1 - развертки стандартные; 2 - с демпфирующе-выглаживающими пластинами

на амплитуду вибраций оказывают влияние и другие факторы: наследственное искажение формы, биеение зубьев по заборному конусу и т.д.

Степень наклепа и его глубина залегания выявлены при исследовании микротвердости на приборе ПМТ-3. Глубина залегания равна 15 - 20 мкм, степень наклепа достигает 30%, примерно на том же уровне, что и на поверхности, обработанной обычными развертками. На рис. 3 показано влияние износа разверток на глубину и степень наклепа. Величина и знак остаточных напряжений определены на кольцах-образцах с расчетом по формуле Давиденкова. На рис. 4 показано влияние скорости резания на остаточные напряжения.



Р и с. 3. Влияние износа разверток на наклеп обработанной поверхности:

1 - износ  $h_3 = 0$ ; 2 - износ  $h_3 = 0,1$  мм; 3 - износ  $h_3 = 0,2$  мм; 4 - износ  $h_3 = 0,3$  мм



Р и с. 4. Влияние скорости резания на остаточные напряжения: 1 -  $V = 0,2$  м/с; 2 -  $V = 0,8$  м/с; 3 -  $V = 1,4$  м/с; 4 -  $V = 1,08$  м/с

По результатам исследований получены режимы и геометрия заточки разверток для внедрения в производство:  $V = 1,08$  м/с;  $S = 0,11$  мм/об;  $t = 0,25$  мм;  $\gamma = 0^\circ$ ;  $\alpha = 6^\circ$ ;  $\psi = 15^\circ$ ;  $\psi_0 = 2^\circ$ ;  $f = 0,05$  мм.