

# УЧЕТ ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАНИЙ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Жунин В.В., Носов А.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Перед сборкой деталей, изготовленных из высокопрочных материалов ( $\sigma_b \geq 2000$  МПа) в узлы или механизмы обрабатывают стыковочные отверстия сверлами, а после термообработки их зенкеруют и развертывают. Поскольку отверстия должны соответствовать 7-9 квалитетам точности и низкой шероховатости ( $Ra \leq 1,25$  мкм), зенкеры и развертки, оснащенные твердосплавными пластинами, обладают высокой твердостью, необходимым размером и вполне пригодны для работы. Однако, при зенкерования и развертывании, имеют место множество факторов, оказывающих влияние на искажение геометрической формы отверстия и снижение качества обработанной поверхности.

Такие факторы, как, например, биение шпинделя станка, смещение осей отверстия и инструмента, наследственное искажение геометрической формы отверстия, неперпендикулярность поверхности детали с предварительным отверстием к оси вращения инструмента, погрешность заточки зенкера или развертки по направляющему конусу или калибрующей части, можно учесть и свести их влияние до минимума. При обработке отверстий зенкерами или развертками на поверхности остается след, оставленный на предыдущем обороте соседним зубом. Имеют место также недостаточная жесткость инструмента и технологической системы в целом, коэффициент сопротивления обрабатываемого материала и инструмента, отставание изменения силы резания от толщины среза.

От действия перечисленных факторов появляется неуравновешенная сила, являющаяся источником автоколебаний, а инструмент колеблется в продольном и поперечном направлениях.

Крутильные колебания, как и колебания в продольном направлении, влияют на шаговые параметры шероховатости поверхности в значительно меньшей мере, чем колебания в поперечном направлении и не оказывают заметного влияния на искажение геометрической формы отверстия. Поэтому целесообразно рассматривать погрешности формы и изменение шероховатости поверхности только от поперечных колебаний инструмента. Поперечные колебания приводят к изменению толщины и ширины

срезаемого слоя, но предварительные расчеты показывают, что толщина слоя в процентном отношении изменяется больше, чем ширина. Рассмотрим это на следующем примере.

На рисунке 1 показано положение зуба инструмента при смещении осей зенкера или развертки и отверстия на величину  $\epsilon = 0,01$  мм.

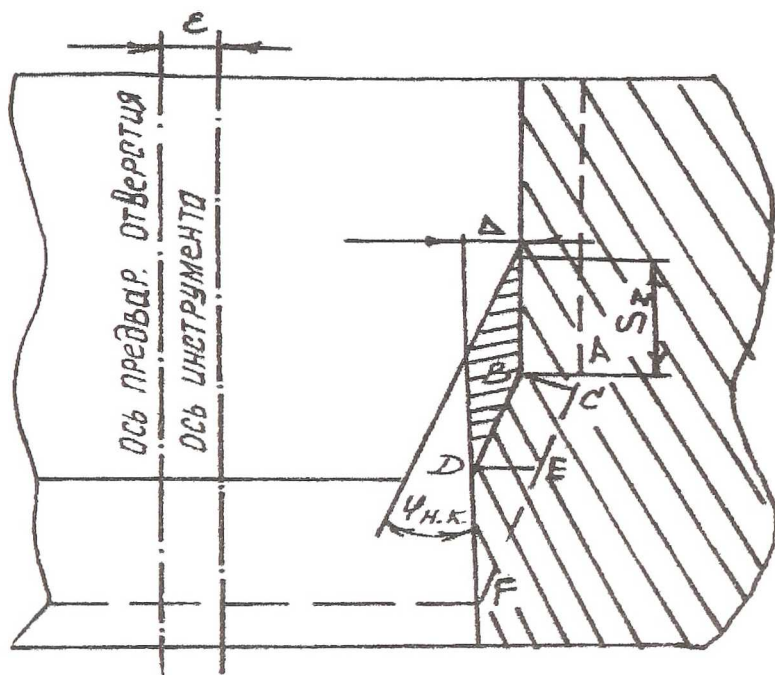


Рис. 1. Изменения толщины и ширины среза при смещении осей инструмента и отверстия на величину  $\epsilon$ .

Из треугольника ABC можно определить CB по следующей зависимости:

$$CB = AB \cdot \cos \varphi_{н.к.}$$

где  $CB \rightarrow \Delta a_z$ , т.е. изменение толщины среза, мм;

$AB \rightarrow \epsilon = 0,01$  мм, смещение оси инструмента,

$\varphi_{н.к.} = 15^\circ$  - угол направляющего конуса.

Подставив значения величин, получим

$$\Delta a_z = 0,01 \cdot 0,965 = 0,0096 \text{ мм.}$$

Толщину среза  $BK \rightarrow a_z$  определим из зависимости:

$a_z = s_z \cos \varphi_{н.к.}$ ,  
 где  $s_z = 0,026$  мм/зуб, подача инструмента на 1 зуб,  
 $\varphi_{н.к.}$  - угол направляющего конуса,  $\varphi_{н.к.} = 15^\circ$ .

Подставив значения, получим

$$a_z = 0,026 \cdot 0,965 = 0,025 \text{ мм.}$$

Если принять  $a_z = 0,025$  мм за 100%, то изменение толщины среза  $\Delta a_z$  на величину 0,0096 мм соответствует 38,4%.

Изменение ширины среза  $\Delta b_z = DF$  определяется из треугольника DEF

$$DF = \frac{DE}{\sin \varphi_{н.к.}}$$

где  $DE \rightarrow \varepsilon = 0,01$  мм;  $\varphi_{н.к.} = 15^\circ$ .

$$\text{Подставляя значения, получим } DF = \frac{0,01}{0,258} = 0,038 \text{ мм.}$$

Ширина среза  $b_z$  зависит от припуска  $\Delta$  на обработку и угла направляющего конуса инструмента  $\varphi_{н.к.}$

Принимаем  $\Delta = 0,25$  мм;  $\varphi_{н.к.} = 15^\circ$

Подставляя значения в формулу  $b_z = \frac{\Delta}{\sin \varphi}$ , получим

$$b_z = \frac{0,25}{0,258} = 0,968 \text{ мм.}$$

Приняв  $b_z = 0,968$  мм за 100%,  $\Delta b_z = 0,038$  мм, будет соответствовать только 3,9%.

По результатам расчетов можно сделать вывод о том, что факторы, оказывающие влияние на искажение геометрической формы и качество отверстий, способствуют изменению толщины среза в большей мере, чем его ширины, что возможно при преобладающем воздействии поперечных колебаний и в дальнейшем вести расчеты по оптимизации условий работы технологической системы с учетом поперечных колебаний инструмента.

В работе [1] представлена математическая модель расчета амплитуды и частоты колебаний и также отмечено, что изменением ширины среза можно пренебречь.

Поперечные колебания при обработке отверстий определяются главным образом жесткостью и обобщенным коэффициентом

сопротивления, а остальные факторы оказывают заметное влияние на колебания инструмента только при входе его в отверстие.

Расчет режимов резания при зенкеровании и развертывании, подбор конструкции инструментов можно выполнить по методическим указаниям [2], [3]. Рассчитывая число зубьев зенкера или развертки, следует учесть возможность расположения между режущими зубьями твердосплавных пластин, опирающихся на демпфирующий материал, например, полиуретан. Повышение жесткости технологической системы весьма ограничены, а применение пластин между режущими зубьями повысило значение коэффициента сопротивления: уменьшило амплитуду поперечных колебаний, и, путем сглаживания неровностей поверхности отверстия, повысило его качество.

На рисунках 2,3 и 4 показано изменение амплитуды колебаний соответственно от скорости, подачи и глубины резания при работе стандартными развертками (кривая 2) и инструментами новой конструкции (кривая 1).

Из частных зависимостей получены обобщенные формулы для расчета величины амплитуды колебаний:

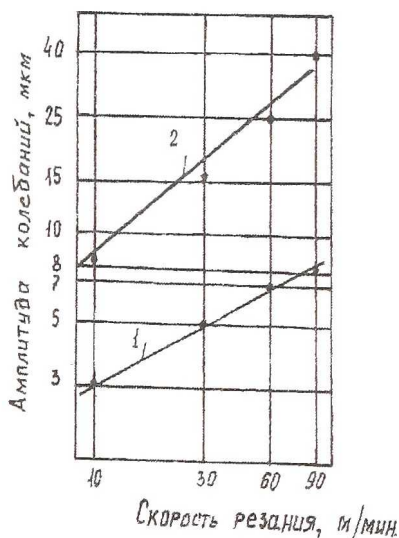


Рис. 2. Влияние скорости резания на амплитуду колебаний.

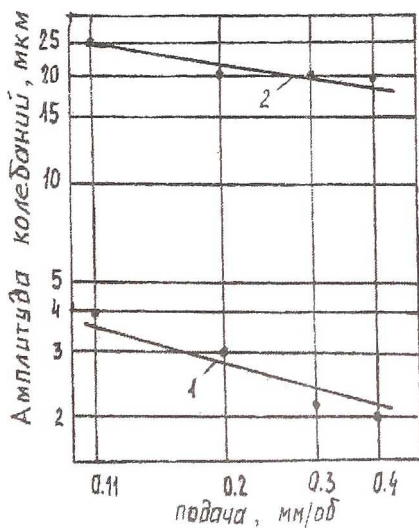


Рис. 3. Влияние подачи инструмента на амплитуду колебаний.

$$A_1 = C_1 V^{0,7} S^{-0,1} t^{0,25},$$

$$A_2 = C_2 V^{0,4} S^{-0,2} t^{0,35},$$

где  $A_1$ - амплитуда колебаний для стандартных инструментов,

$A_2$ - амплитуда

колебаний для инструментов с демпфирующе-выглаживающими пластинами;

$C_1$  и  $C_2$ - коэффициенты, зависящие от конструкции инструмента;

$V$ - скорость резания, м/мин;

$S$ - подача инструмента, мм/об;

$t$ - глубина резания, мм.

Поскольку колебания инструмента оказывают влияние на точность отверстий и качество поверхностей, можно выбрать оптимальную величину колебаний от различных параметров режима резания и геометрии заточки.

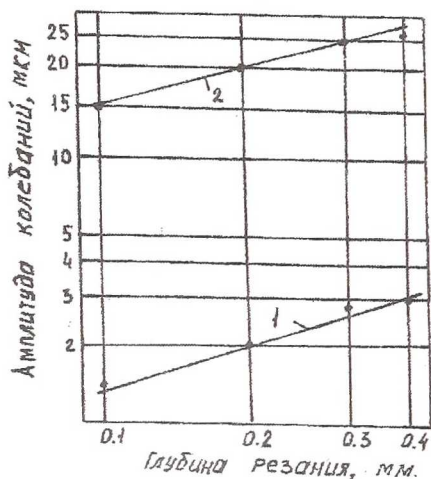


Рис. 4 - Влияние глубины резания на амплитуду колебаний

#### Список литературы

1. Бурмистров Е.В., Жунин В.В., Маркушин Е.М. Исследование поперечных колебаний разверток при обработке высокопрочных сталей. В межвузовском тематическом сборнике научных трудов "Обработка высокопрочных сталей и сплавов инструментами из сверхтвёрдых синтетических материалов", КуАИ, Куйбышев, 1980.- с. 69-74.
2. Жунин В.В. Проектирование и подбор зенкеро́в.- СГАУ, г. Самара, 1995.- 28 с.
3. Жунин В.В. Проектирование и расчет разверток.- СГАУ, Самара, 1993.- 32 с.