

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ СИЛЫ ПОДЖИМА ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ

Малышко И.А., Мирошниченко А.В.

(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Введение

При обработке осевым инструментом наиболее характерным отклонением от цилиндричности является огранка отверстий. Наличие огранки отверстий оказывает большое влияние на эксплуатационные свойства узла или машины в целом. Контакт сопряжённых поверхностей деталей машин происходит по вершинам микронеровностей наиболее выступающих мест контактирующих поверхностей. Такой характер контакта приводит к интенсивному износу, а также увеличивает зазоры между сопряжёнными поверхностями.

Причиной образования огранки отверстий являются вынужденные колебания неуравновешенной радиальной силы [1, 2]. При этом значение неуравновешенной радиальной силы изменяется по периодическому закону.

Образование огранки определяется двумя видами движения: колебательным движением центра инструмента и его вращательным движением. Направление вращательного движения определяется кинематикой процесса резания. В то время как направление колебательного движения определяется соотношением сил на передней и задней поверхностях зуба инструмента. Так как все зубья инструмента связаны жесткой кинематической связью, то направление движения его центра будет определяться направлением движения вершины зубьев, полученным при его врезании. После образования следа на поверхности резания его форма, ввиду наличия обратной связи с замкнутой динамической системой станка, будет в свою очередь оказывать влияние на траекторию движения центра.

Таким образом, существует два варианта совмещения движений (рис. 1): направление движения центра совпадает с направлением вращения инструмента; направление движения центра не совпадает с направлением вращения инструмента.

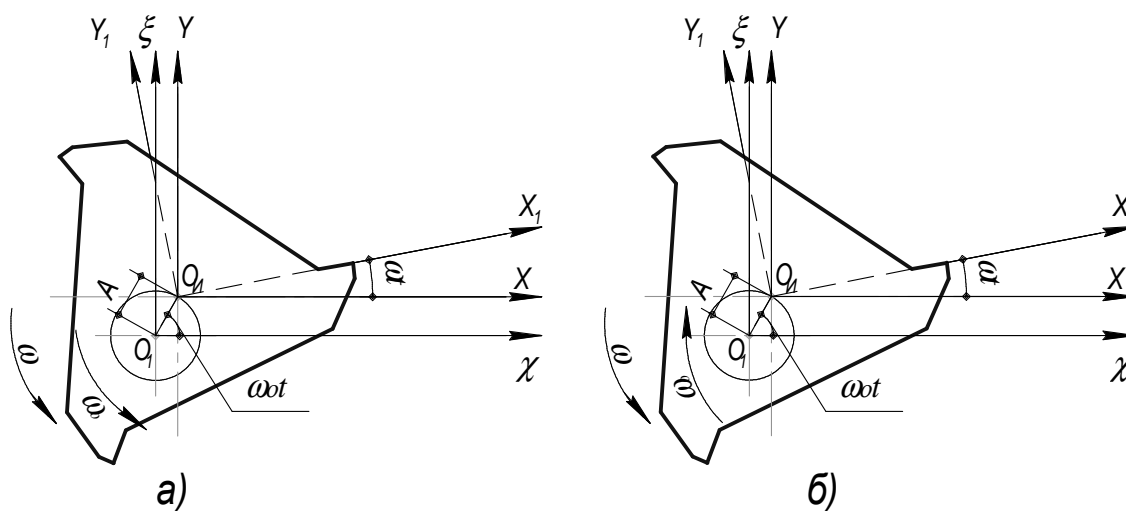


Рис. 1. Схемы направления движения центра и вращения инструмента:

- а) направление движения центра совпадает с направлением вращения инструмента
- б) направление движения центра противоположно направлению вращения инструмента

Согласно [3], величина огранки отверстий при совпадении направления вращения инструмента и колебательного движения центра (см. рис. 1,а) на порядок меньше, чем в случае, не совпадения направлений движения центра и инструмента (см. рис. 1, б).

Для обеспечения совпадения направления вращения инструмента и колебаний центра, необходимо обеспечить движение центра инструмента в направлении действия тангенциальной силы P_z . Данное условие обеспечивается искусственным увеличением сил упруго - пластического контакта на задней поверхности зубьев в момент врезания. Для этой цели зачастую используются плавающие патроны, в которых пружина поджимает инструмент к обрабатываемой поверхности в момент врезания. А для обеспечения постоянства направления движения центра и вращения инструмента, значение силы поджима $F_{под}$ должно превышать значение осевой составляющей силы резания.

Целью данной работы, является аналитическое определение минимальной силы поджима при зенкеровании, обеспечивающей уменьшение величины огранки, за счёт совпадения направлений колебательного движения центра и вращения инструмента. До сих пор силу поджима инструмента устанавливали путём экспериментальных исследований, что приемлемо в период исследований и недопустимо в производственных условиях.

Основное содержание работы

Рассмотрим все составляющие равнодействующей силы резания P . При практическом изучении сил резания равнодействующую P раскладывают в требуемых направлениях на составляющие в трёх взаимно перпендикулярных направлениях. Для этого необходимо определить направление действия составляющих силы резания.

Главная составляющая силы резания P_z (рис. 2) совпадает по направлению со скоростью главного движения резания на вершине лезвия. Главным движением резания является вращательное движение инструмента. Следовательно, составляющая P_z будет лежать в плоскости перпендикулярной оси, и совпадать по направлению с вектором скорости главного движения осевого инструмента.

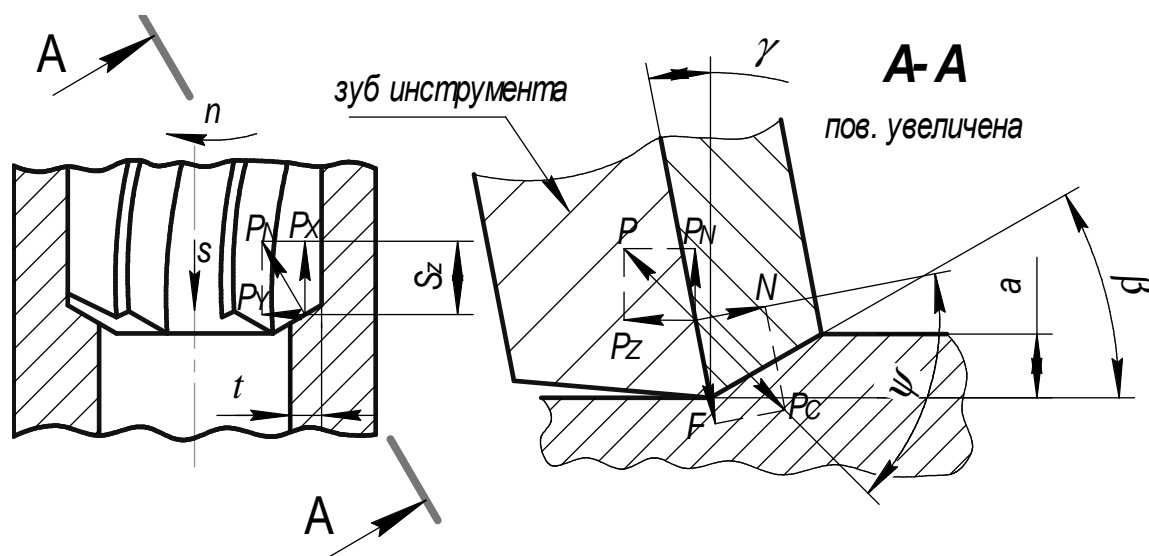


Рис. 2. Схема сил, действующих на осевой инструмент при свободном резании

Осевая составляющая силы резания P_x (см. рис. 2) параллельна оси главного вращательного движения резания. Для процесса зенкерования осевая составляющая параллельна оси инструмента.

Радиальная составляющая силы резания P_y (см. рис. 2) направлена по радиусу главного вращательного движения резания в вершине лезвия.

Сила P , соответствующая силе стружкообразования P_c , при свободном резании, может быть разложена на две составляющие: силу P_z , действующую в направлении главного движения, и силу P_N , направленную в сторону, противоположную движению подачи. Сила P_z , действующая на зуб инструмента, подобна силе действующей на резец. Поэтому аналитическая формула, определяющая модуль этой силы имеет вид [4]:

$$P_z = \tau_{сд} \cdot a \cdot b \cdot [ctg\beta + tg\gamma], \quad (1)$$

где $\tau_{сд} = 0,9 \cdot \sigma_B$ - напряжение при сдвиге для тангенциальной составляющей силы резания на передней поверхности;

$a = S_z \cdot \sin \varphi$ - толщина среза; $b = \frac{t}{\sin \varphi}$ - ширина среза;

S_z - подача на зуб зенкера; β - угол сдвига, определяющий положение плоскости сдвига;

$$\gamma = \beta + \psi - \gamma.$$

Угол сдвига зависит от значения коэффициента усадки стружки k_L и переднего угла γ :

$$tg\beta = \frac{\cos \gamma_N}{k_L - \sin \gamma_N}. \quad (2)$$

С учетом значений параметров срезаемого слоя a и b , напряжения при сдвиге $\tau_{сд}$ выражение (1) примет следующий вид

$$P_z = 0,9 \cdot \sigma_B \cdot S_z \cdot t \cdot [ctg\beta + tg\gamma]. \quad (3)$$

Из рисунка 2 можно установить [4]:

$$P_N = P_z \cdot tg(\psi - \gamma), \quad (4)$$

где $\psi - \gamma = c - \beta$.

При обработке стали можно приближенно принять угол $c = 45^\circ$ [4].

При условии несовпадения направления схода стружки с нормалью к главному лезвию, силы P_N , P_y , P_x связаны следующими зависимостями:

$$P_y = P_N \cdot \cos(\varphi - |\eta_C|); \quad (5)$$

$$P_x = P_N \cdot \sin(\varphi - |\eta_C|), \quad (6)$$

где φ - главный угол в плане;

η_C - угол схода стружки, [5].

Уравнения (3) – (6) выведены без учета сил, действующих на заднюю поверхность. Поэтому силы P_z , P_y и P_x , определяемые по указанным уравнениям, близки к действительным значениям для случая, когда силы на задней поверхности не влияют на равнодействующую силу P .

Если силы на задней поверхности влияют на величину равнодействующей силы P , то их учитывают при подсчёте сил P_z , P_y , P_x [6, 7, 8, 9].

Силой трения на задней поверхности режущего инструмента можно пренебречь, в том случае, если износ по задней поверхности отсутствует, и толщина среза превышает 0,15 мм [8]. Поскольку при зенкеровании толщины среза значительно превышает 0,15 мм то, силы на задней поверхности необходимо учитывать.

Сила P_Z является главной составляющей сил на передней грани инструмента. На задней грани, согласно работам [6, 7, 8, 9], в том же направлении действует сила трения F_3 . Поэтому полная главная составляющая силы резания будет равна:

$$P_Z^\Sigma = P_Z + F_3. \quad (7)$$

Силы на задней поверхности зависят от девяти факторов: модулей упругости и коэффициентов Пуассона материалов инструмента и детали; предела текучести на сдвиг обрабатываемого материала (с учётом полученного упрочнения); ширины среза, ширины фаски износа по задней поверхности; кривизны фаски износа задней поверхности; коэффициента трения по задней поверхности. Так как упругие константы для инструментов и машиностроительных материалов изменяются в узких пределах, [10]. То на величину сил на задней поверхности существенное влияние оказывают: ширина фаски износа на задней поверхности, ширина среза, коэффициент трения на задней грани, предел текучести обрабатываемого материала и кривизна краёв фаски износа. Таким образом, для определения силы трения на задней грани можно воспользоваться выражением [10]:

$$F_3 = 0,28 \cdot S_K \cdot b \cdot \delta, \quad (8)$$

где δ - ширина фаски износа на задней грани зуба инструмента;

b - ширина среза с учётом всех участков кромок, участвующих в резании;

S_K - действительное сопротивление разрыву обрабатываемого материала, МПа.

С учётом выражений (3,7,8) главная составляющая силы резания будет равна

$$P_Z^\Sigma = 0,9 \cdot \sigma_B \cdot S_z \cdot t \cdot [\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{tg} \gamma] + 0,28 \cdot S_K \cdot b \cdot \delta. \quad (9)$$

Учитывая выражения (4,6,9), осевая составляющая силы резания будет определяться зависимостью

$$P_X = (0,9 \cdot \sigma_B \cdot S_z \cdot t \cdot [\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{tg} \gamma] + 0,28 \cdot S_K \cdot b \cdot \delta) \cdot \operatorname{tg}(\psi - \gamma) \cdot \sin(\varphi - |\eta_C|). \quad (10)$$

С учётом того, что любой осевой инструмент, представляет собой сочетание нескольких режущих клиньев, то уравнение минимальной силы поджима можно представить в следующем виде

$$P_{под} = Z \cdot \{ (0,9 \cdot \sigma_B \cdot S_z \cdot t \cdot [\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{tg} \epsilon] + 0,28 \cdot S_K \cdot b \cdot \delta) \cdot \operatorname{tg}(\psi - \gamma) \cdot \sin(\varphi - |\eta_C|) \}, \quad (11)$$

где Z - число зубьев инструмента.

Как видно из выражения (11), режимы резания оказывают прямое влияние на величину силы поджима. В то же время, режимы резания, оказывают непосредственное влияние на угол схода стружки, который в свою очередь очень сильно зависит от угла наклона главной режущей кромки (λ). Следовательно, необходимо провести анализ влияния режимов резания (глубины резания, и подачи на оборот s_o) и угла наклона главной режущей кромки на величину силы поджима $P_{под}$.

Результаты расчётов силы $P_{под}$, при следующих исходных данных: обрабатываемый материал – сталь 30Х; временное сопротивление разрыву $\delta_B = 980 \text{ МПа}$; действительное сопротивление разрыву $S_K = 1000 \text{ МПа}$, представлены на рис. 3.

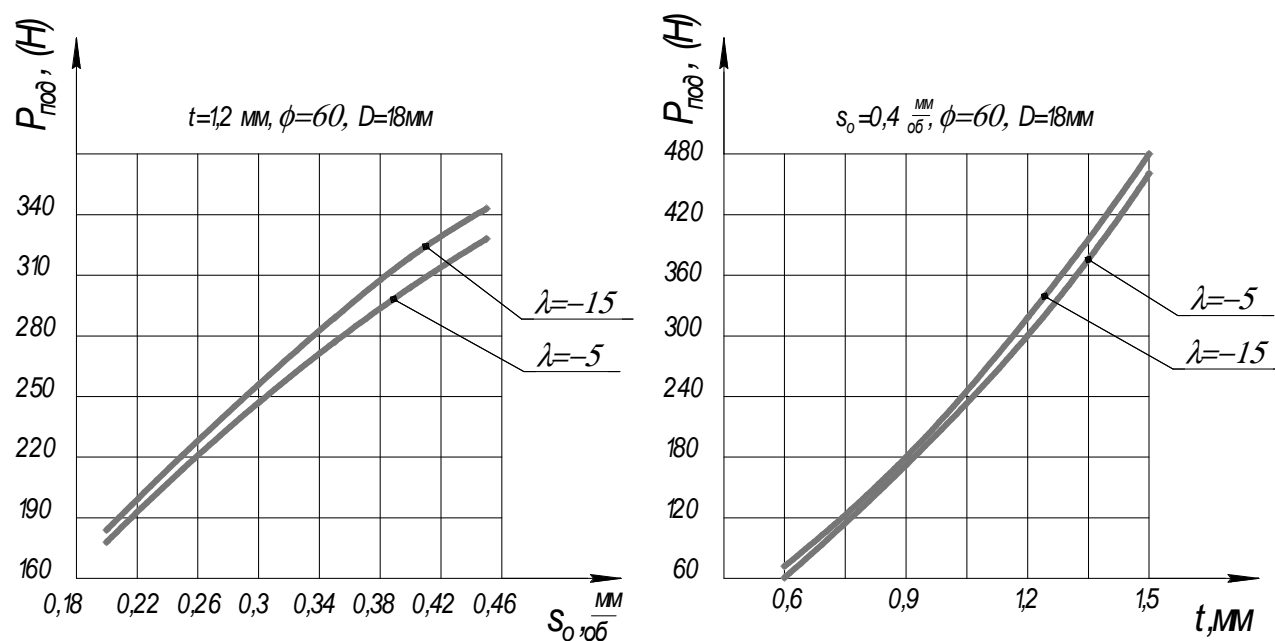


Рис. 3. Графики зависимости минимально-допустимой силы поджима от режимов резания и угла наклона главной режущей кромки при зенкеровании:
а – влияние подачи на величину силы поджима;
б – влияние глубины резания на величину силы поджима.

Выводы

На основании всего изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Установлена аналитическая зависимость силы поджима инструмента от режимов резания и геометрических параметров инструмента.

2. Установлено, что угол наклона главной режущей кромки не оказывает существенного влияния на величину необходимой силы поджима.

Список литературы: 1. Стрельцов В.А. Исследование технологических режимов развёртывания по стали: автореф. канд. дис. МВТУ, 1965. – 24 с. 2. Холмогорцев Ю.П. Оптимизация процессов обработки отверстий. М.: Машиностроение, 1984. – 184 с. 3. Малишко І.А. Основи теорії проектування осевих комбінованих інструментів: автореф. док. дис. – Київ, 1996. – 33 с. 4. Филоненко С.Н. Резание металлов. – К.: Вища школа, 1969. – 260 с. 5. Малышко И.А., Мирошниченко А.В. Определение угла схода стружки при зенкеровании / Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 2002. Вып. 19. – С. 124-128. 6. Вульф А.М. Резание металлов. – Л.: Машиностроение, 1973. – 496 с. 7. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с. 8. Клушин М.И. Резание металлов. Элементы теории пластического деформирования срезаемого слоя. – М.: Машгиз, 1955. – 453 с. 9. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. – М.: Машгиз, 1956. – 368 с. 10. Основы резания металлов и режущих инструментов. / П.И. Ящерицын, М.Л. Ерёменко, Н.И. Жигалко. – Мн.: Выш. шк., 1981. – 560 с.

АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ СИЛИ ПІДТИСКУ ПРИ ЗЕНКЕРУВАННІ

Малишко І.О., Мірошниченко О.В.

У статті розглядається питання аналітичного визначення сили підтиску інструменту пружиною плаваючого патрона при операції зенкерування. Вживання плаваючих патронів дозволяє істотно понизити величину огранки оброблених отворів.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ СИЛЫ ПОДЖИМА ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ

Малышко И.А., Мирошниченко А.В.

В статье рассматривается вопрос аналитического определения силы поджима инструмента пружинной плавающей патрона при операции зенкерования. Применение плавающих патронов позволяет существенно снизить величину огранки обработанных отверстий.

ANALYTICAL DETERMINATION OF MINIMUM FORCE OF DRAW UP AT COREDRILLING

Malyshko I.A., Miroshnichenko A.V.

In the paper the question of determination of force of draw up of tool by spring of floating chuck examined during the operation of coredrilling. Application of floating chucks allows substantially to reduce the size of unroundness of machined holes.

Рецензент: к.т.н., доц. Киселева И.В.