

УДК 621.9.015

А.С. Мановицкий, к.т.н., с.н.с.
*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля
НАН Украины*

СИЛА СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНОМ ТОЧЕНИИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЧУГУНОВ И СТАЛЕЙ

Сила стружкообразования при точении деталей сложного профиля из малопластичных материалов имеет особенности распределения в зависимости от положения вершины резца на характерном участке профиля. Приведены формулы для расчета действительной площади сечения среза на участках выступов и впадин тороидальных поверхностей, позволяющие учесть их различное влияние на изменение силы резания в зависимости от угла наклона образующей профиля детали.

Введение. Наличие цилиндрических ступенчатых участков различных диаметров, конических участков и различных галтелей предусматривается конструкциями валов для выполнения функциональных задач деталей, устранения концентраторов напряжений. В подавляющем большинстве случаев обработки сложнопрофильных поверхностей между цилиндрическими, коническими и торцовыми участками вала существуют переходные зоны, которые характеризуются радиусами округления профиля образующей тела вращения. Это могут быть как вогнутые, так и выпуклые поверхности. В случаях снятия припуска на таких переходных радиусных участках действительное сечение среза, характеризуемое площадью, будет рассчитываться в зависимости от радиуса и с учетом того, является ли сопряжение выступом или впадиной.

Основная часть. При точении деталей со сложным профилем на поверхностях контакта инструмента с материалом снимаемого припуска и обрабатываемой детали возникают сложно-напряженные состояния

На рисунке 1 показана схема для расчета координат положения вершины резца с круглой режущей пластиной.

На рисунке 2 представлена схема для расчета действительной площади сечения среза снимаемого припуска на криволинейном участке образующей профиля обрабатываемой детали и для определения действительного сечения среза на выпуклой части сопряженного участка.

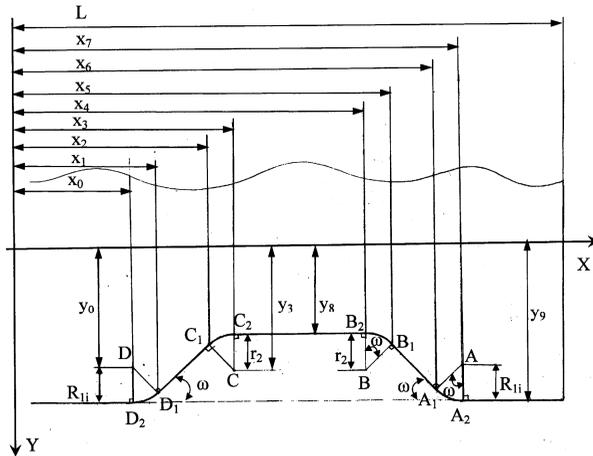


Рис. 1. Схема для расчета координат положения вершины реза с круглой режущей пластиной

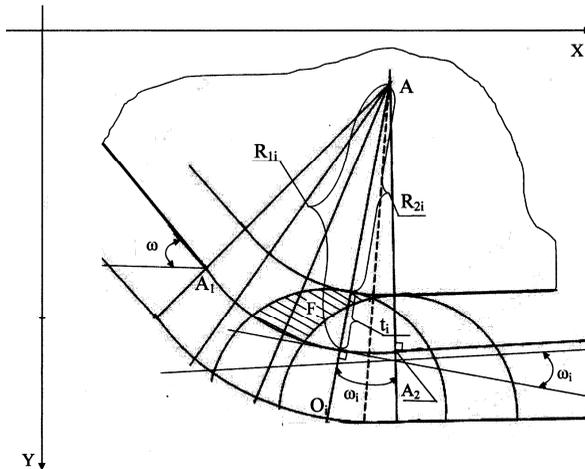


Рис. 2. Схема для определения действительного сечения среза на выпуклой части сопряженного участка

На рисунке 3 представлена схема для определения действительного сечения среза на радиусной части впадины и на вогнутой части сопряженного участка.

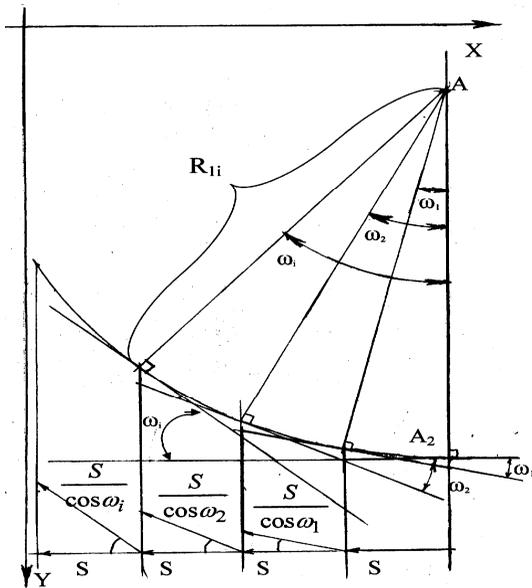


Рис. 3. Схема для расчета проекции подачи на оборот детали на касательную к тороидальной обрабатываемой поверхности в заданной i -й точке

Вследствие измерения радиуса R_{1i} тороидальной поверхности заготовки до снятия припуска и радиуса R_{2i} поверхности обработанной детали после резания и расчета проекции подачи на оборот детали на касательную линию к тороидальной обрабатываемой поверхности в соответствии с углом наклона профиля детали и глубины резания t_i , для каждой текущей i -й точки профиля обеспечивается возможность рассчитать действительную площадь сечения среза при обработке тороидальных участков сложнопрофильной детали резцом при вершине по следующей зависимости:

$$\begin{aligned}
 A_i &= \int_0^{S_{\omega_i}} \left(\sqrt{r^2 - \left(x - \sqrt{2rt_i - t_i^2} \right)^2} + t_i - r \right) dx + \\
 &+ \int_{S_{\omega_i}}^{\sqrt{2rt_i - t_i^2} + \frac{S_{\omega_i}}{2}} \left(\sqrt{r^2 - \left(x - \sqrt{2rt_i - t_i^2} \right)^2} - \right. \\
 &\quad \left. - \sqrt{r^2 - \left(x - \sqrt{2rt_i - t_i^2} - S_{\omega_i} \right)^2} \right) dx = \quad (1) \\
 &= \frac{S_{\omega_i}}{2} \sqrt{r^2 - \frac{S_{\omega_i}^2}{4}} + r^2 \arcsin \left(\frac{S_{\omega_i}}{2r} \right) + (t_i - r) S_{\omega_i},
 \end{aligned}$$

где A_i – действительная площадь сечения срезаемого слоя при точении деталей с тороидальными участками резцом с радиусом при вершине, в заданных i -х точках; мм²; ω_i – угол наклона касательной к тороидальной обрабатываемой поверхности в точке резания; град.; r – радиус резца при вершине; мм; R_{1i} – текущий радиус тороидальной поверхности обрабатываемой заготовки в заданной i -й точке, мм; R_{2i} – текущий радиус тороидальной обработанной поверхности детали в заданной i -й точке; мм; $t_i = (R_{1i} - R_{2i})$ – текущая глубина резания в заданной i -й точке, мм.

Проекция подачи на оборот детали на касательную к тороидальной обрабатываемой поверхности в мм/об может быть рассчитана из уравнения (2):

$$S\omega_i = \frac{S}{\cos \omega}, \quad (2)$$

где S – подача на оборот вдоль оси X , мм/об.

Полученное уравнение (1) для расчета действительной площади сечения среза на тороидальных участках при точении сложнопрофильных деталей резцами, оснащенными неперетачиваемыми режущими пластинами круглой формы отражает зависимость площади контакта передней поверхности резца с материалом припуска.

Анализ полученного уравнения показывает, что действительная площадь сечения среза возрастает с увеличением подачи инструмента и, следовательно, проекции подачи на оборот детали на касательную к тороидальной обрабатываемой поверхности. Поскольку косинус угла является убывающей функцией, а угол ω_i во впадине тороидальной поверхности всегда будет больше, чем на ее выступе, то можно заключить, как следует из уравнений (1) и (2), что при одинаковых значениях глубины резания и подачи инструмента площадь контакта

передней поверхности круглой режущей пластины с материалом снимаемого припуска во впадине всегда будет больше, чем на выступе.

В дальнейших расчетах уравнение (1) может быть использовано для расчета составляющих и равнодействующей силы резания с учетом того, что сила стружкообразования является функцией действительной площади сечения среза и напряжений на поверхности контакта.

На рисунке 4 представлена схема для расчета угла отклонения равнодействующей P_{XY} в основной плоскости.

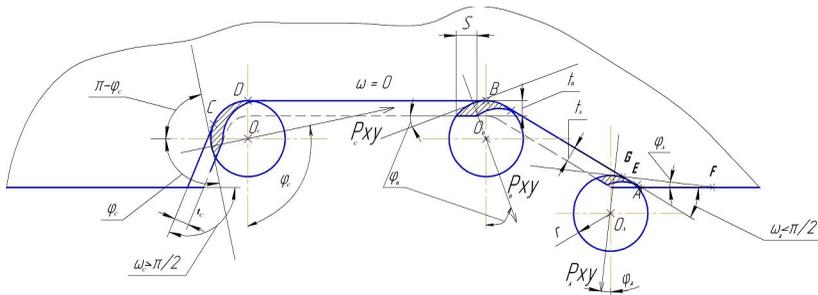


Рис. 4. Схема для расчета угла отклонения равнодействующей P_{XY} в основной плоскости

Как видно из представленной схемы, направление равнодействующей P_{XY} и, соответственно, положение наибольшей толщины среза, будет зависеть в первую очередь от угла наклона образующей профиля на каждом из характерных участков [2] и текущим главным углом в плане φ , соответствующим максимальной толщине среза на этом участке.

При определении равнодействующей силы резания нужно также принимать во внимание то обстоятельство, что не только составляющие силы резания, определяемые в основной плоскости резания будут изменяться в зависимости от изменения профиля, но и сила стружкообразования P_z будет также переменной по длине профиля, убывая на выступах и возрастая во впадинах тороидальных поверхностей.

Эту особенность динамики процесса точения сложных профилей следует учитывать при проектировании технологических процессов и соответствующим образом изменять действительное сечение среза, варьируя глубину резания и подачу инструмента.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Спосіб визначення дійсної площі перетину шару, що зрізується, при точінні деталей з тороїдальними ділянками різцем з радіусом при вершині / М.В. Новіков, С.А. Клименко, О.С. Мановицький та ін. // Деклараційний патент на винахід. Україна. (11) 37393 А (46) 25.11.2008. Бюл. 22.
2. Инструмент и технология точения фасонных поверхностей на станках с ЧПУ / С.А. Клименко, Ю.А. Муковоз, А.С. Мановицкий, Г.П. Кудряков // Инструментальный світ. – 2005. – № 4 (28). – С. 4–7.
3. *Филоненко С.Н.* Резание металлов. – К., Техніка, 1975. – 232 с.

МАНОВИЦКИЙ Александр Степанович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

- обработка материалов резанием инструментом, оснащенным ПСТМ;
- обработка изделий с фасонным профилем.

Подано 28.08.2011

