

равляемым или неуправляемым. Поэтому в предложенной нами классификации (рис. 3) в основу подразделения способов обработки по кинематике формообразования изделий положен сопровождающий трехгранник, образованный составляющими вектора угловой скорости шарика. Количество векторов характеризует гарантированное одномерное, двумерное или трехмерное вращение шариков в зоне обработки, а их соотношение – соответствует – вующее количество следов инструмента, нанесенное на поверхность шарика в единицу времени в той или иной плоскости.

Кроме того, предложенная классификация наряду с кинематическими факторами отражает физическую сущность применяемых процессов, особенности силового взаимодействия, а также вопросы реализации способов и устройств для обработки шариков.

Предложенная классификация отражает современные перспективные достижения в области металлообработки и указывает пути дальнейшего развития шарикового производства. Как показывает практика, эти пути не могут ограничиваться только кинематикой процесса, а должны быть направлены на использование новых процессов металлообработки, учет динамических факторов и совершенствования рабочей зоны, загрузочных, пастодозирующих и других устройств.

УДК 621.910.71

Э.А.Свидерский

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ И СКОРОСТИ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗЦА В ПРОЦЕССАХ С ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНОЙ СНИМАЕМОГО СЛОЯ

В процессах попутного течения, а также других подобных процессах, где скорость резания v определяется геометрической суммой окружных скоростей заготовки и инструмента, результирующий вектор $\vec{v}_{рез}$ постоянно изменяет свое направление к передней поверхности инструмента. В связи с этим традиционное определение v [1] как скорости перемещения точки обрабатываемой поверхности относительно лезвия режущего инструмента не совсем справедливо. Мощность резания определяют как силу P_z , умноженную на v , естественно полагать, что и v направлена по нормали к основной плоскости. Составляющие силы резания P_x и P_y влияют в основном на

деформации системы СПИД и мощность привода подач, а на мощность резания не влияют. Таким образом, скоростью резания можно назвать проекцию скорости относительного перемещения точки заготовки на нормаль к основной плоскости инструмента. Исходя из определения, разложим вектор скорости относительного движения заготовки и инструмента \bar{v} на оси, соответствующие направлению сил P_x , P_y , P_z (рис. 1):

$$\bar{v} = \bar{v}_{\text{рез}} + \bar{v}_{\text{вн}} + \bar{s}_0, \quad (1)$$

где $\bar{v}_{\text{рез}}$, $\bar{v}_{\text{вн}}$ и \bar{s}_0 — соответственно векторы скорости резания, внедрения и осевой подачи.

Допускаем, что скорость осевого перемещения отсутствует в связи с тем, что она, как правило, на несколько порядков меньше скорости главного движения. Это позволит нам перейти к плоскому разложению векторов скорости (рис. 2).

Изменение скорости резания при данной схеме зависит от двух факторов: изменения направления между векторами окружной скорости заготовки и инструмента; изменения радиуса вращения заготовки.

В общем случае скорость резания можно записать следую- щей формулой:

$$v_{\text{рез}} = v_1 \pm v_2 \cdot \psi, \quad (2)$$

где v_1 — окружная скорость вершины инструмента; v_2 — окружная скорость детали, обработанной до конечного радиуса; ψ — коэффициент, учитывающий изменение направления окружной скорости и изменение радиуса заготовки. Знак (+) соответствует одинаковому направлению вращения заготовки и инструмента, знак (-) — противоположному. Во втором случае необходимо отметить, что скорость определяется абсолютной величиной алгебраической суммы (2), однако, в случае $v_1 > v_2 \psi$ (встречное резание) скорость резания на входе-выходе инструмента больше, чем в середине. В случае $v_1 < v_2 \psi$ имеются условия попутного точения, инструмент входит в работу задней гранью и на замедленной скорости, что более благоприятно влияет на скорость реза. Для отличия случаев встречного и попутного точения условно знак абсолютной величины для скорости резания ставить не будем, а для попутного резания будем считать скорость резания со знаком (-).

Из рис. 2 очевидно, что

$$\psi = \frac{R_{i2}}{R_{o2}} \cdot \cos(\varphi_1 + \varphi_2), \quad (3)$$

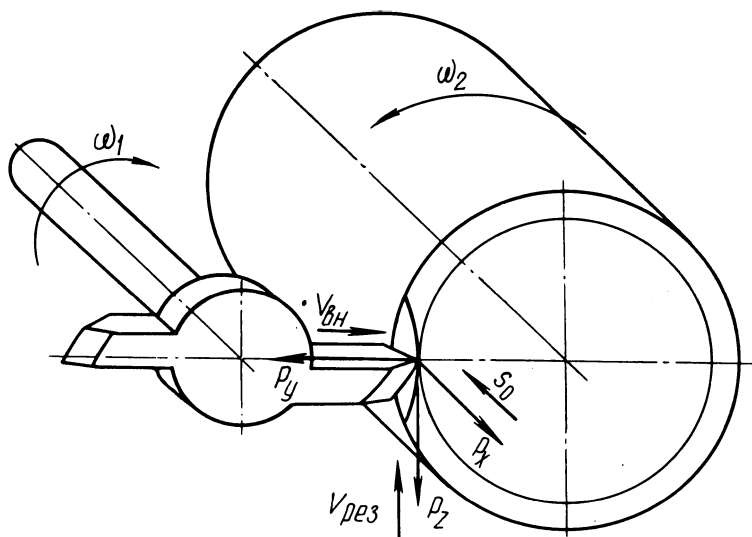


Рис. 1. Схема обработки с переменной толщиной снимаемого слоя.

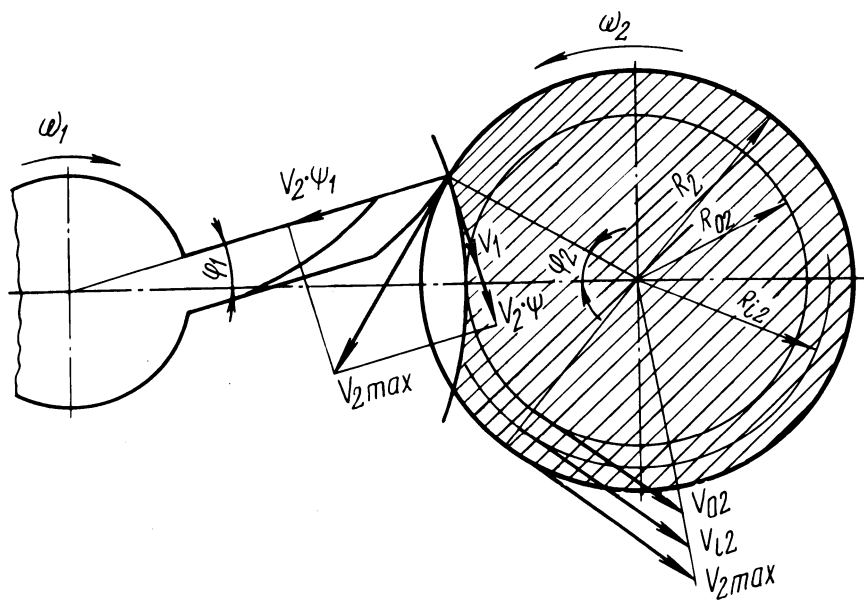


Рис. 2. Схема к определению скорости резания.

где R_{12} - радиус от центра вращения заготовки до вершины инструмента (текущий радиус заготовки); R_{02} радиус готовой детали; φ_1 - угол между линией центров и линией, проходящей через вершину и центр инструмента; φ_2 - угол между линией центров и линией, проходящей через центр вращения детали и вершину инструмента.

Для обеспечения простоты и универсальности формул геометрические размеры процесса выразим в относительных величинах, приведенных к радиусу инструмента. Тогда a - относительное межцентровое расстояние, r_2 - относительный радиус детали; r_i - относительный текущий радиус заготовки.

Из рис. 2 очевидно, что

$$\sin \varphi_2 = \frac{\sin \varphi_1}{r_i} ; \quad (4)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{a - \cos \varphi_1}{r_i} . \quad (5)$$

Применяя формулу косинуса суммы

$$\cos(\varphi_1 + \varphi_2) = \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 - \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2, \quad (6)$$

используя подстановки (4) и (5) и упрощая (3) получим

$$\psi = \frac{r_k}{a-1} \cdot \frac{a \cos \varphi_1 - 1}{r_i} = \frac{a \cos \varphi_1 - 1}{a-1} . \quad (7)$$

Отсюда скорость резания можно выразить формулой

$$v_{\text{рез}} = v_1 \pm v_2 \frac{a \cos \varphi_1 - 1}{a-1} . \quad (8)$$

Формула (8) позволяет вычислить скорость резания в любой момент прохождения вершины инструмента в детали. Для оптимизации параметров процесса необходимо знать максимальное и минимальное значения скоростей, так как от наименьшего до наибольшего значения и наоборот скорость изменяется монотонно. Вычислим ψ_{max} и ψ_{min} . Максимальное значение ψ будет при $\varphi_1 = 0$, при этом $\psi_{\text{max}} = 1$. Минимального значения коэффициент скорости резания ψ достигает при $\varphi_1 = \varphi_{1\text{max}}$. Но $\varphi_{1\text{max}}$ был определен в работе [2], как

$$\sin \frac{\varphi_{1\text{max}}}{2} = \frac{a-1}{2} \sqrt{\frac{k^2-1}{a}} , \quad (9)$$

где k – коэффициент глубины резания.

Используя преобразования для половинных углов

$$\cos \varphi_1 = 1 - 2 \sin^2 \frac{\varphi_1}{2}, \quad (10)$$

формулу (7) можно переписать в виде

$$\varphi_{\min} = 1 - \frac{(a-1)(k^2-1)}{a}. \quad (11)$$

Окончательно для скорости резания при попутном течении получим:

$$v_{\text{рез max}} = v_1 - v_2;$$

$$v_{\text{рез min}} = v_1 - v_2 \left[1 - \frac{(a-1)(k^2-1)}{a} \right]. \quad (12)$$

Скорость внедрения определится аналогично разложением

$$v_{\text{вн}} = v_{o2} \cdot \varphi_1.$$

Коэффициент скорости внедрения

$$\varphi_1 = \frac{r_2}{r_{o2}} \sin(\varphi_1 + \varphi_2) = \frac{a \sin \varphi_1}{a-1}, \quad (13)$$

следовательно, скорость внедрения можно найти из формулы

$$v_{\text{вн}} = v_2 \frac{a \sin \varphi_1}{a-1}. \quad (14)$$

В заключение отметим, что предложенные формулы позволяют теоретически рассчитать скорости резания и внедрения и их изменение в процессе резания, а также на основании рекомендаций теории резания использовать благоприятные соотношения скоростей резания на входе-выходе инструмента и в середине процесса, проектируя кинематические (v_1 ; v_2) и геометрические параметры заготовки инструмента и глубины резания (a ; k).

Л и т е р а т у р а

1. Ящерицын П.И., Жигалко Н.И., Еременко М.Л. Основы резания металлов и режущий инструмент. – Мн., 1975.
2. Свидерский Э.А. Определение величины минимального заднего угла инструмента при попутном течении. – В сб.: Машиностроение. – Мн., 1980, вып. 5.