

УДК 621.91.01

ВЛИЯНИЕ ПОКРЫТИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА СИЛУ РЕЗАНИЯ ПРИ ФИНИШНОМ КОНЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Елкин М. С., Безъязычный В. Ф.

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск

Концевое фрезерование – перспективный способ получения деталей сложных форм, обеспечивающий высокую точность и производительность. В настоящее время наиболее перспективным и широко распространённым способом повышения производительности обработки является нанесение на поверхность инструмента наноструктурированных покрытий. Покрытия влияют на силу и температуру в зоне резания, как правило, снижая их, что приводит к повышению ресурса инструмента.

Каждое конкретное покрытие имеет свою сферу применения, обусловленную спектром обрабатываемых материалов. Так, одно покрытие может иметь малый коэффициент трения при обработке титановых сплавов, но высокий при обработке сплавов на никелевой основе. К тому же при нанесении покрытий существенно увеличивается радиус округления режущей кромки.

Для анализа влияния покрытия режущего инструмента на силу резания была выбрана формула (1) [1]:

$$P_z = \tau_p \cdot a_1 \cdot b_1 \left(\left(1 - a_2 B^{-b_2(1-\sin\gamma)^{-x}} E \right) \cdot \left[1 + \frac{1}{B} + \frac{B - \tan\gamma}{1 + B \cdot \tan\gamma} \right] + \right. \\ \left. + 0,48 \cdot E \cdot \left[\arccos \left(1 - a_2 B^{-b_2(1-\sin\gamma)^{-x}} \right) + \frac{a_2 B^{1-b_2(1-\sin\gamma)^{-x}}}{\sin\alpha (\cos\gamma + B \sin\gamma)} + \frac{h_3}{\rho_1} \right] \cos\alpha \right), \quad (1)$$

где P_z – сила резания, Н; τ_p – сопротивление обрабатываемого материала пластическому сдвигу, МПа; B – безразмерный комплекс характеризующий угол схода стружки; E – безразмерный комплекс, равный ρ_1/a_1 ; a_2, b_2, x – безразмерные коэффициенты, зависящие от комплекса B ; a_1 – толщина сечения среза, м; b_1 – ширина сечения среза, м; ρ_1 – радиус округления режущей кромки, м; γ – среднее значение переднего угла, рад; h_3 – величина затупления инструмента по задней поверхности, м.

Формула учитывает в расчётах безразмерный комплекс B , численно равный тангенсу угла наклона условной плоскости сдвига стружки, параметры геометрии сечения среза: a_1, b_1 , а также радиус округления режущей кромки. Это позволяет использовать её для определения силы резания при концевом фрезеровании инструментами с различными покрытиями.

Авторами были проведены измерения радиуса округления режущей кромки для фрез с различными покрытиями, а также не покрытыми. Также были получены значения коэффициента трения данных материалов по стали. Совокупность данных представлена в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициенты трения и радиусы округления режущих кромок

Вид покрытия	Без покрытия	Al, Ti, N	Al, Ti, Cr, N
Радиус округления режущей кромки, мкм	2,6	8,5	5,4
Коэффициент трения	0,5	0,7	0,4

На основе методики, изложенной в работе [2], производился учёт влияния покрытия на безразмерный комплекс B через коэффициент трения μ_F . На основе представленных выше зависимостей был проведён расчёт для определения влияния покрытий режущего инструмента на силу, возникающую в зоне резания при малых подачах, соответствующих финишному концевому фрезерованию. Расчёт проводился для следующих условий. Материал детали сталь 40X13, материал инструмента BK10XOM, частота вращения шпинделя 8000 оборотов в минуту, подача на зуб изменялась от 0,02 до 0,06 с шагом 0,02 мм на зуб, глубина резания 1 мм, угол наклона оси инструмента 6 градусов, радиус фрезы 4 мм, задний угол 6 градусов, передний угол 20 градусов. Результаты расчётов силы резания представлены на рис. 1.

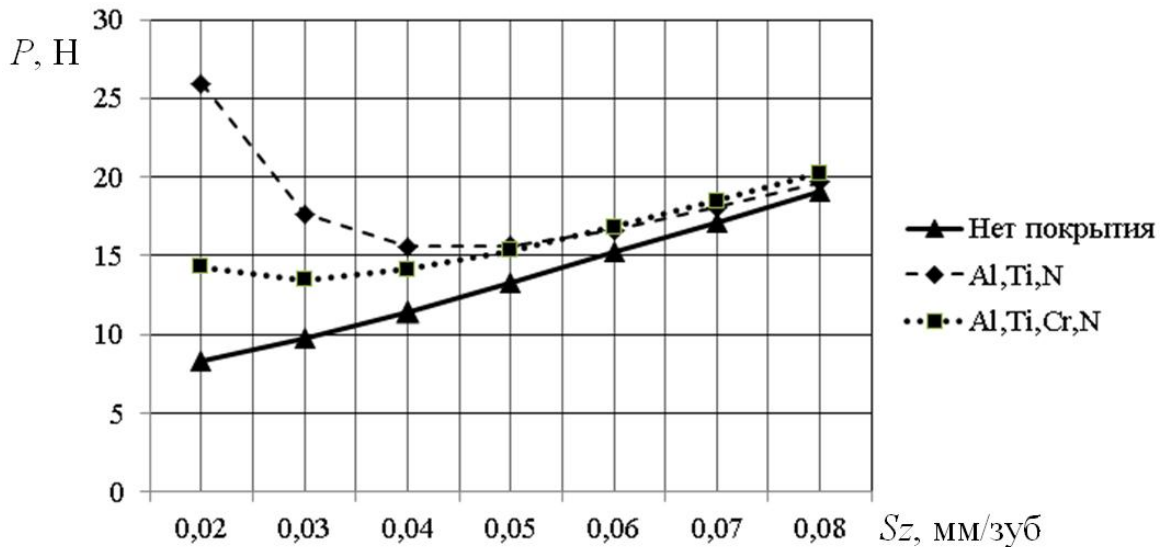


Рис. 1. Влияние покрытий на силу резания при различных подачах

Из представленного графика следуют выводы о том, что подача фрезы непосредственно влияет на толщину срезаемого слоя a_1 , при малых подачах толщина срезаемого слоя близка по размеру к радиусу округления режущей кромки ρ_1 , особенно у инструментов с покрытием. Это приводит к подминанию округлённой режущей кромкой материала детали и, соответственно, увеличению силы резания. При увеличении подачи радиус округления влияет меньше, но, тем не менее, фрезы с покрытием показывают большие силы резания. Их ключевым преимуществом перед фрезами без покрытия остаётся повышенная стойкость инструмента. При длительной обработке величина округления режущей кромки, а также возникшая фаска износа по задней поверхности у инструмента без покрытия, приведут к значительному повышению силы резания и выходу инструмента из строя раньше, чем это случится с покрытым инструментом.

Исследования выполнены в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России (НИР №824).

Библиографический список

1. Безъязычный В. Ф. Метод подобия в технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2012. – 320 с.: ил.
2. Фоменко, Р. Н. Исследование процесса обработки точением инструментами с нанопокрытиями с целью обеспечения требуемого качества поверхностного слоя деталей [Текст]: Дисс. ... канд. техн. наук /Р. Н. Фоменко. – Рыбинск, 2010. – 227 с.