

Ф.В. Новиков

заведующий кафедрой техники и технологии

Харьковский национальный экономический университет им. Семена Кузнеця

О.С. Кленов

директор Фирмы “ДиМерус Инженеринг” ООО

г. Харьков, Украина

Аналитическое определение силы резания и условия ее уменьшения

Из всего разнообразия технологий обработки материалов, основанных на использовании различных видов энергии, необходимо выделить механические технологии обработки материалов резанием, которые характеризуются наименьшей энергоемкостью и наибольшей производительностью обработки и обеспечивают высокие показатели качества и точности обрабатываемых поверхностей. Процессы резания материалов получили широкое применение в производстве и в ближайшие годы не утратят своей значимости. Поэтому их дальнейшее развитие имеет большое практическое значение в повышении точности, качества и производительности механической обработки.

Для выявления и обоснования новых технологических возможностей процесса резания разработана математическая модель определения силы резания при лезвийной обработке (точении), в результате чего получены аналитические зависимости для расчета тангенциальной P_z и радиальной P_y , составляющих силы резания и условного напряжения резания σ [1, с. 11]:

$$P_z = \frac{a \cdot b \cdot \sigma_{сж}}{K_{рез}} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + K_{рез}^2} \right); \quad (1)$$

$$P_y = \frac{a \cdot b \cdot \sigma_{сж}}{K_{рез}^2} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + K_{рез}^2} \right); \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{\sigma_{сж}}{K_{рез}} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + K_{рез}^2}\right), \quad (3)$$

де a , b – толщина и ширина среза, м; $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, Н/м²; $K_{рез} = P_z / P_y$ – коэффициент резания.

Удельные составляющие силы резания описываются зависимостями:

$$P_{zуд} = \frac{P_z}{a \cdot b \cdot \sigma_{сж}} = \frac{1}{K_{рез}} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + K_{рез}^2}\right); \quad (4)$$

$$P_{yуд} = \frac{P_y}{a \cdot b \cdot \sigma_{сж}} = \frac{1}{K_{рез}^2} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + K_{рез}^2}\right). \quad (5)$$

Как видно, параметры $P_{zуд}$ и σ идентичны, т.к. описываются одной и той же зависимостью. Анализ рассчитанных на основе зависимостей (4) и (5) значений $P_{zуд}$ и $P_{yуд}$, которые приведены на рис. 1, показывает, что при условии $K_{рез} = 1$ параметры $P_{zуд}$ и $P_{yуд}$ равны между собой, а при условии $K_{рез} < 1$ и $K_{рез} > 1$ справедливы соответственно условия $P_{zуд} < P_{yуд}$ и $P_{zуд} > P_{yуд}$. Как известно, условие $K_{рез} < 1$ реализуется при абразивной обработке, а условие $K_{рез} > 1$ – при лезвийной обработке. Следовательно, при абразивной обработке наибольшее влияние на технологические параметры процесса оказывает радиальная P_y составляющая силы резания, а при лезвийной обработке – тангенциальная P_z составляющая силы резания. При этом составляющие силы резания при лезвийной обработке ($K_{рез} > 1$) меньше, чем при абразивной обработке ($K_{рез} < 1$), что свидетельствует о возможностях повышения точности и качества обработки при резании лезвийными инструментами. Данная закономерность обусловлена меньшими значениями условного напряжения резания $\sigma = P_{zуд}$, которое при условии $K_{рез} \rightarrow \infty$ стремится принять значения $\sigma_{сж}$ (рис. 1). В этом случае условия стружкообразования соответствуют условиям разрушения прямолинейного образца при его сжатии.

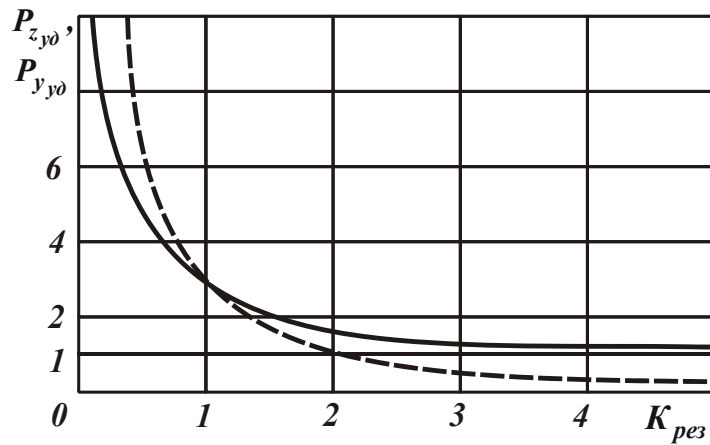


Рис. 1. Зависимости $P_{z,yd}$ (сплошная линия) и $P_{y,yd}$ (пунктирная линия) от коэффициента резания $K_{рез}$

Параметры $K_{рез}$, P_z , P_y и σ могут быть выражены также через угол действия $\omega = \psi - \gamma$:

$$K_{рез} = ctg(\psi - \gamma) = \frac{1 + f \cdot tg\gamma}{f - tg\gamma}; \quad (6)$$

$$P_y = a \cdot v \cdot \sigma_{сж} \cdot tg(\psi - \gamma) \cdot \left[tg(\psi - \gamma) + \sqrt{tg^2(\psi - \gamma) + 1} \right]; \quad (7)$$

$$P_z = a \cdot v \cdot \sigma_{сж} \cdot \left[tg(\psi - \gamma) + \sqrt{tg^2(\psi - \gamma) + 1} \right]; \quad (8)$$

$$\sigma = \sigma_{сж} \cdot \left[tg(\psi - \gamma) + \sqrt{tg^2(\psi - \gamma) + 1} \right], \quad (9)$$

где ψ – условный угол трения на передней поверхности инструмента ($tg\psi = f$ – коэффициент трения); γ – положительный передний угол инструмента.

Очевидно, лезвийная обработка реализуется при условии $\omega = \psi - \gamma < 45^0$, а абразивная обработка – при условии $\omega = \psi - \gamma > 45^0$ (с учетом отрицательного значения угла γ – при условии $\omega = \psi + \gamma > 45^0$).

Из зависимости (6) вытекает, что условие $K_{рез} \rightarrow \infty$ (или $\sigma \rightarrow \sigma_{сж}$) выполняется при угле действия $\omega = \psi - \gamma \rightarrow 0$ (или условию $f = tg\gamma$). Наиболее просто данное условие реализуется при обработке алмазным инструментом, т.к. алмаз характеризуется наименьшим коэффициентом трения f с обрабатываемым

мым материалом. Этим объясняется возможность существенного уменьшения силы резания при алмазном точении, что имеет место на практике.

При шлифовании ($K_{рез} < 1$), рассматривая передний угол режущего зерна круга γ отрицательным, зависимости (1) – (3) могут быть упрощены:

$$P_z = \frac{2 \cdot a \cdot v \cdot \sigma_{сж}}{K_{рез}} ; \quad (10)$$

$$P_y = \frac{2 \cdot a \cdot v \cdot \sigma_{сж}}{K_{рез}^2} ; \quad (11)$$

$$\sigma = \frac{2 \cdot \sigma_{сж}}{K_{рез}} = 2 \cdot \sigma_{сж} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \gamma). \quad (12)$$

При условии $(\psi + \gamma) \rightarrow 90^0$ справедливо $\sigma \rightarrow \infty$. В этом случае процесс резания (стружкообразования) не реализуется, имеет место лишь упруго-пластическое деформирование материала без образования стружки. Следовательно, процесс резания лезвийными и абразивными инструментами может быть осуществлен при условии $\omega = \psi + \gamma < 90^0$.

Используя приведенные выше зависимости, появилась возможность направленного выбора эффективных методов обработки и осуществления обоснованного перехода на финишных операциях, например, от шлифования к лезвийной обработке или от процессов резания к процессам пластического деформирования обрабатываемых материалов и т.д. На основе полученных решений обоснован выбор оптимальных схем обработки, что позволило внедрить на ГП Харьковский машиностроительный завод “ФЭД” эффективные операции финишной механической обработки высокоточных деталей.

Список использованной литературы:

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 1. ”Механика резания материалов” – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с.