

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Новиков Ф.В., докт. техн. наук,

(Харьковский национальный экономический университет им. Семена Кузнеця)

Кленов О.С., канд. техн. наук

(Фирма “ДиМерус Инженеринг” ООО, г. Харьков)

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 $P_{z_{y\delta}}$ и σ идентичны, т.к. описываются одной и той же зависимостью. Анализ рассчитанных на основе зависимостей (4) и (5) значений $P_{z_{y\delta}}$ и $P_{y_{y\delta}}$, которые приведены на рис. 1, показывает, что при условии $K_{рез}=1$ параметры $P_{z_{y\delta}}$ и $P_{y_{y\delta}}$ равны между собой, а при условии $K_{рез} < 1$ и $K_{рез} > 1$ справедливы соответственно условия $P_{z_{y\delta}} < P_{y_{y\delta}}$ и $P_{z_{y\delta}} > P_{y_{y\delta}}$. 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 $\sigma = P_{z_{y\delta}}$, 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.

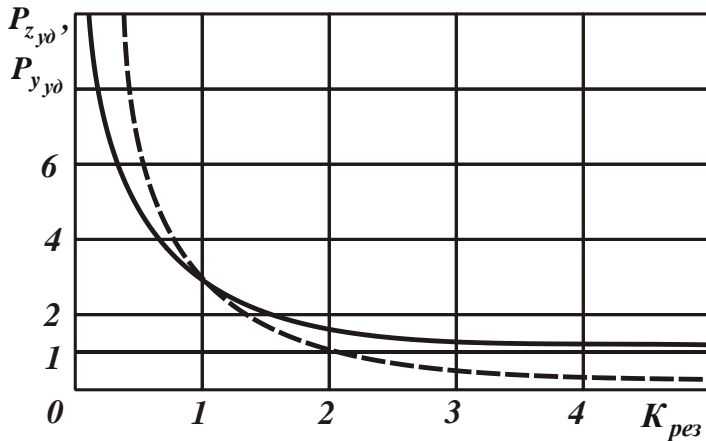


Рис. 1. Зависимости $P_{z_{y\delta}}$ (сплошная линия) и $P_{y_{y\delta}}$ (пунктирная линия) от коэффициента резания $K_{рез}$

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 $\sigma = P_{z_{y\delta}}$, 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.

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 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:

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

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

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

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 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.