

УДК 621.923

Новиков Ф.В., Иванов И.Е.

Харьковский национальный экономический университет

Расчет условного напряжения резания при сверлении

Приведена новая методика аналитического определения параметров силовой напряженности процесса сверления

Сверление является одним из самых распространенных методов получения отверстий по 11–12 квалитетам точности [1]. Вместе с тем, процесс сверления в теоретическом плане изучен недостаточно полно, отсутствуют аналитические решения о силовой напряженности процесса. Поэтому в настоящей работе аналитически описаны такие параметры силовой напряженности процесса сверления как условное напряжение резания σ и коэффициент резания $K_{рез}$, которые применительно к процессу точения определяются следующими зависимостями [2]:

$$\sigma = \frac{\sigma_{сж}}{K_{рез}} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + K_{рез}^2}\right); \quad K_{рез} = ctg(\psi - \gamma), \quad (1)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, Н/м²; γ – передний угол инструмента, град; ψ – условный угол трения обрабатываемого материала с передней поверхностью инструмента ($tg\psi = f$ – коэффициент трения).

Для упрощения расчетов примем, что угол сверла в плане $2\varphi = 180^\circ$, а передняя поверхность режущего лезвия сверла имеет вид, показанный на рис. 1, т.е. передний угол лезвия сверла равен нулю. За время одного вращения сверло перемещается в осевом направлении на величину подачи S . При этом каждая точка режущего лезвия проходит разную длину пути: точка A – наибольшую, а точка O – наименьшую. На рис. 1,б показана развертка траектории перемещения (по винтовой линии) точки B , расположенной на режущем лезвии сверла, в точку B' за одно вращение сверла. В результате такого перемещения точки B рабочий передний угол инструмента увеличится от нуля до величины γ , определяемой следующей зависимостью:

$$tg\gamma = \frac{S}{2\pi \cdot R_i}, \quad (2)$$

где R_i – текущий радиус сверла, м.

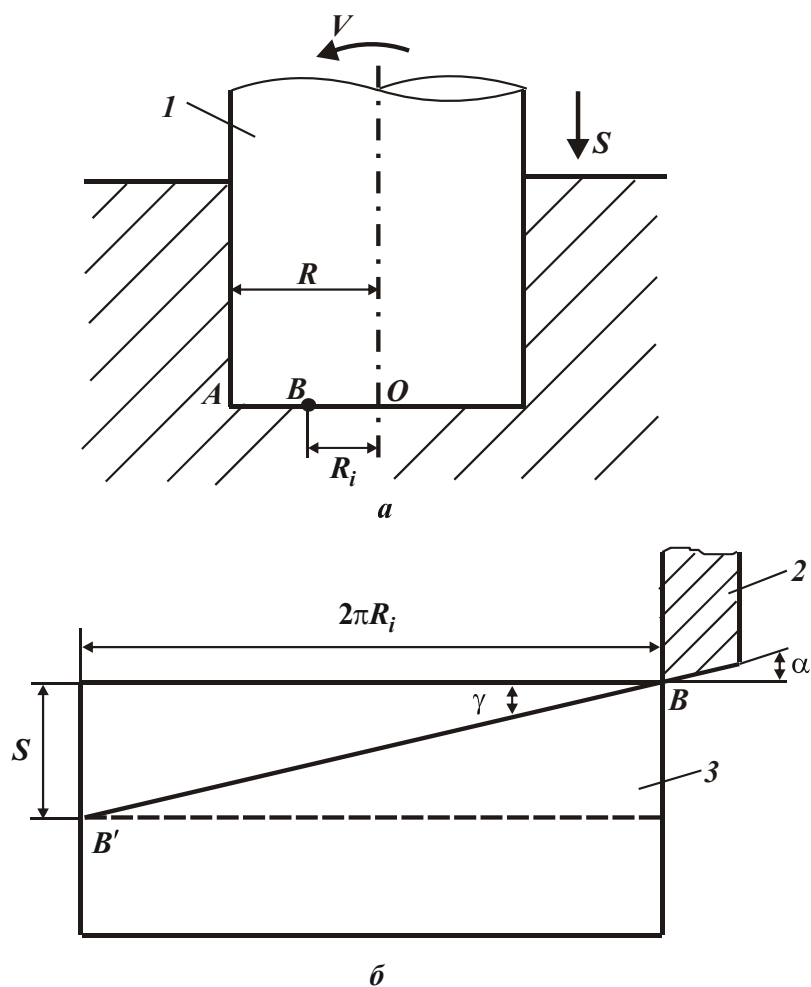


Рис. 1. Упрощенная расчетная схема процесса сверления (а) и развертка траектории перемещения точки, расположенной на режущем лезвии сверла (б): 1 – сверло; 2 – лезвие сверла; 3 – обрабатываемый материал.

Передний угол сверла γ тем больше, чем больше подача S и меньше текущий радиус сверла R_i . Очевидно, для точки A режущего лезвия сверла радиусом R передний угол примет наименьшее значение $tg\gamma = \frac{S}{2\pi \cdot R}$. Для точки O режущего лезвия сверла передний угол будет наименьшим: $\gamma=90^0$, т.к. $R_i=0$. В этом случае, как будет показано далее, процесс резания неосуществим, возможен лишь процесс упруго-пластического деформирования обрабатываемого металла. Этим установлено, что при сверлении рабочий передний угол инструмента зависит от подачи и радиуса сверла. Тогда:

$$R_i = \frac{S}{2\pi} \cdot ctg\gamma . \quad (3)$$

Как известно, с увеличением угла γ от 0 до 90^0 функция $ctg\gamma$ уменьшается от бесконечности до нуля. Соответственно по такому

закону уменьшается и текущий радиус R_i . Необходимо отметить, что, исходя из рис. 1,б, угол γ не должен превышать задний угол режущего лезвия сверла α , т.к. в противном случае процесс резания будет неосуществим. Следовательно, задний угол лезвия сверла α должен определяться из условия:

$$\operatorname{tg} \alpha \geq \frac{S}{4\pi \cdot R_i} \quad (4)$$

Из условия (4) следует, что задний угол лезвия сверла α должен быть переменным по длине лезвия сверла. Наименьшее значение угол α должен принимать в точке A , а наибольшее значение – $\alpha=90^\circ$ в точке O . Располагая зависимостью (2) с учетом (1), определим $K_{рез}$:

$$K_{рез} = \operatorname{ctg}(\psi - \gamma) = \frac{\left(1 + f \cdot \frac{S}{2\pi \cdot R_i}\right)}{\left(f - \frac{S}{2\pi \cdot R_i}\right)} \quad (5)$$

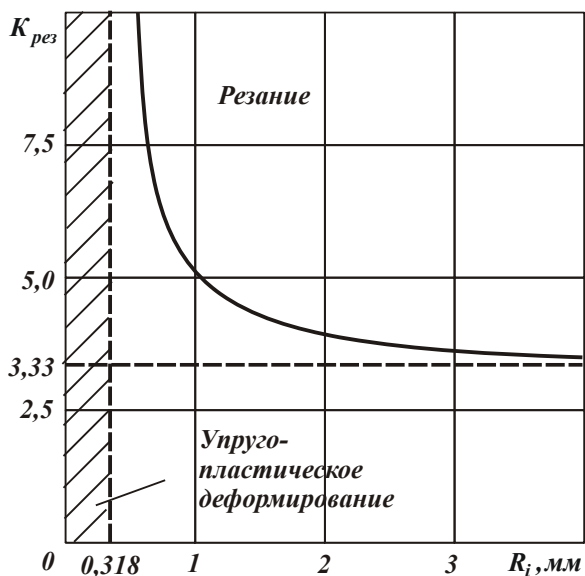
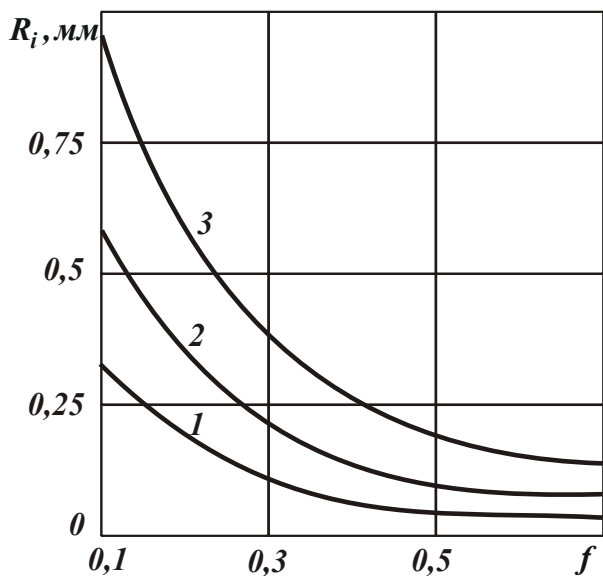


Рис. 2. Зависимость R_i от f : 1 – $S=0,2$ мм/об; 2 – $S=0,4$ мм/об; 3 – $S=0,6$ мм/об.

Рис. 3. Зависимость $K_{рез}$ от R_i ($f=0,3$; $S=0,6$ мм/об).

Как видно, коэффициент резания $K_{рез}$ в значительной степени зависит от текущего радиуса R_i . Чем меньше R_i , тем больше $K_{рез}$ и соответственно меньше условное напряжение резания σ , определяе-

мое зависимостью (1). Следовательно, меньше силовая напряженность процесса резания при сверлении.

С физической точки зрения коэффициент резания $K_{рез}$ положительная величина. Поэтому процесс стружкообразования при резании может быть осуществлен при условии $\psi \geq \gamma$. При невыполнении данного условия будет иметь место упруго-пластическое деформирование обрабатываемого металла без образования стружки. Проведем теоретический анализ данного условия ($\psi = \gamma$). Исходя из зависимости (5), в этом случае коэффициент резания $K_{рез}$ принимает значение $K_{рез} \rightarrow \infty$ и выполняется условие: $f = S / 2\pi \cdot R_i$. Из данного условия можно определить предельное значение текущего радиуса R_i , при котором осуществим процесс стружкообразования при резании: $R_i = S / 2\pi \cdot f$.

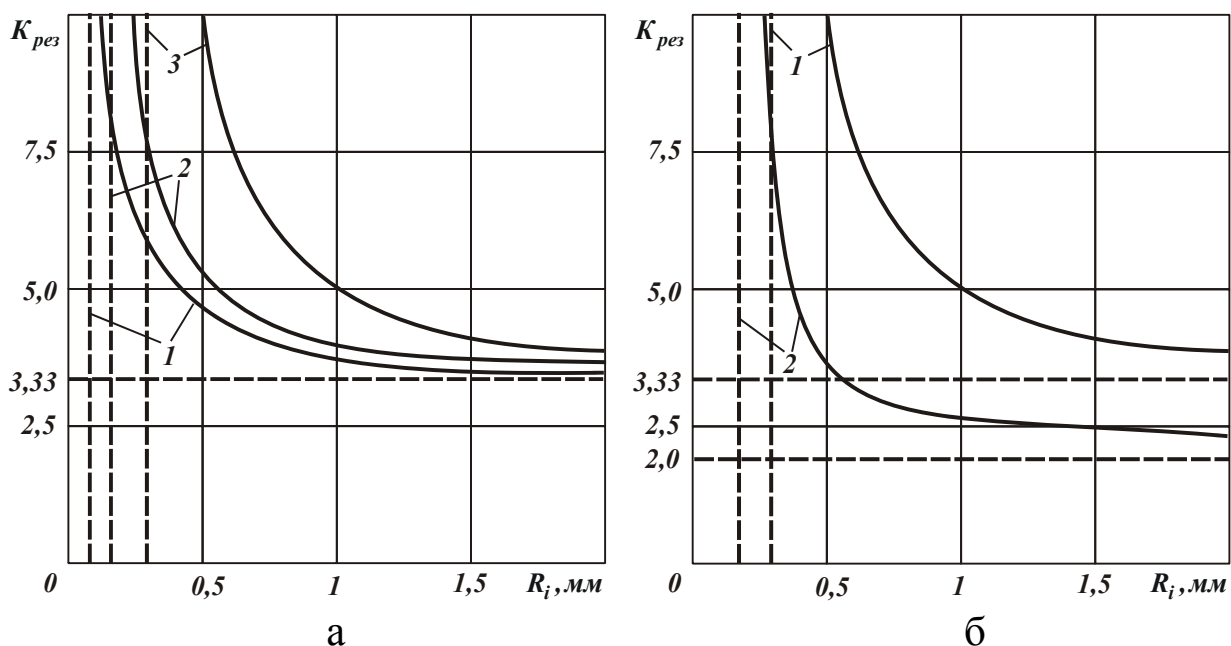


Рис. 4. Зависимость $K_{рез}$ от R_i для различных значений S (а) и f (б): а – $f=0,3$; 1 – $S=0,1$ мм/об; 2 – $S=0,3$ мм/об; 3 – $S=0,6$ мм/об; б – $S=0,6$ мм/об; 1 – $f=0,5$.

На рис. 2 приведены расчетные значения R_i в зависимости от коэффициента трения f обрабатываемого металла с передней поверхностью режущего лезвия сверла и подачи S . Как видно, эти значения относительно небольшие, не превышают 1 мм. Следовательно, процесс стружкообразования неосуществим лишь на небольшом участке длины лезвия, т.е. фактически в центре сверла. Поскольку на данном участке невозможно срезать металл, его необходимо переме-

стить за пределы этого участка методом пластического деформирования, а затем срезать. Это достигается созданием на сверле конуса или перемычки.

Зависимость (5) справедлива в диапазоне изменения текущего радиуса R_i от значения $S/2\pi \cdot f$ до радиуса сверла R , рис. 3. Для значений $f=0,3$; $S=0,6$ мм/об текущий радиус R_i изменяется в диапазоне $R_i \geq 0,318$ мм, поскольку при $R_i < 0,318$ мм процесс резания неосуществим. Коэффициент резания $K_{рез}$ при этом уменьшается от бесконечности до значения 3,33. С увеличением подачи S коэффициент резания $K_{рез}$ увеличивается, а с увеличением коэффициента трения f , наоборот, уменьшается, рис. 4.

Условное напряжение резания σ описывается зависимостью:

$$\sigma = \sigma_{сж} \cdot \left(\frac{1}{K_{рез}} + 1 \right) = \sigma_{сж} \cdot \left[\frac{\left(f - \frac{S}{2\pi \cdot R_i} \right)}{\left(1 + f \cdot \frac{S}{2\pi \cdot R_i} \right)} + 1 \right]. \quad (6)$$

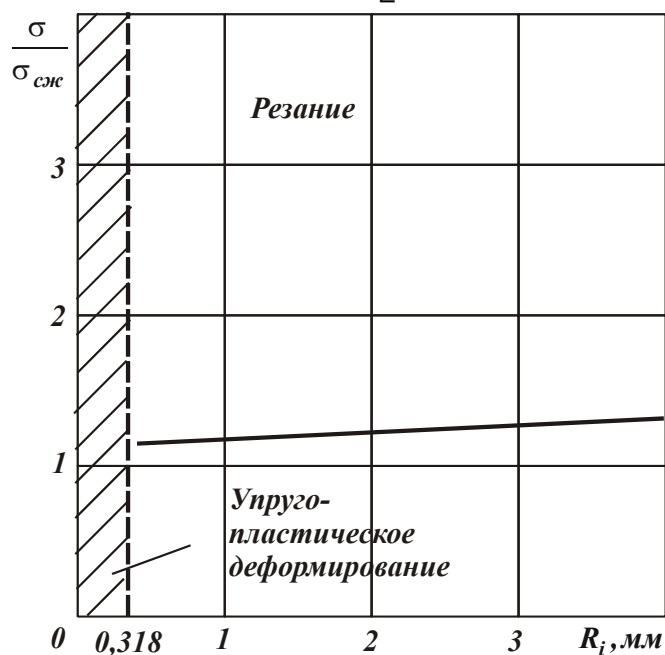


Рис. 5. Зависимости $\sigma / \sigma_{сж}$ от R_i ($f=0,3$; $S=0,6$ мм/об).

Чем меньше R_i , тем меньше σ (рис. 5), т.е. ниже силовая напряженность процесса резания при сверлении. Однако, условное напряжение резания σ с увеличением R_i изменяется в меньшей мере, чем коэффициент резания $K_{рез}$. Таким образом, произведен рас-

чет и исследования параметров σ и $K_{рез}$, которые важны при выборе оптимальных условий обработки [3, 4].

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 343 с.

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

3. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учебное пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.

4. Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Технологическое обеспечение точности и стабильности изготовления внутренних герметических резьб в горловинах газовых баллонов в условиях крупносерийного и массового производства // Физические и компьютерные технологии. – Труды 12-й Международной научно-технической конференции, 7-8 июня 2006г. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2006. – С. 3-9.