

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,

Ц. Ю, магистрант гр. 4АМ91; М. Ци, магистрант гр. 4АМ91, Ц. Чжан, аспирант гр. А6-21
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30

тел.(3822)-606-389

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Расчёт режущих инструментов на прочность требует задания внешних нагрузок, которые могут быть заданы в виде сосредоточенной нагрузки, т.е. в виде составляющих P_z , P_y и P_x силы резания, прикладываемых на передней поверхности в точке центра действия сил. При этом появляются нереально большие напряжения в режущем клине в точке приложения сил из-за концентрации напряжения [1].

При приложении равномерно распределённых удельных контактных нагрузок наибольшие внутренние напряжения меньше на 25-40% по сравнению с приложением напряжений, имеющих реальное распределение [1].

В связи с большим влиянием распределения контактных напряжений на результаты расчёта напряжённо-деформированное состояние (НДС) режущего клина необходимо использовать эпюры с реальным распределением.

Экспериментальное изучение распределения контактных напряжений (поляризации-оптический метод, лазерной интерферометрии, разрезного реза) очень трудоёмко и требует специальных дорогостоящих приборов, поэтому возникает необходимость разработки методики их расчёта. За основу расчёта параметров эпюр взяты свойства эпюры касательного контактного напряжения τ (МПа): на участке пластического контакта стружки с передней поверхностью длиной $c_1 \approx 0,5 \cdot c$ (мм) величина τ постоянна (рис. 1 б); на второй части длины контакта стружки τ практически прямолинейно уменьшается до нуля в точке отрыва стружки от передней поверхности.

По технологическим составляющим P_z , P_x и P_y силы резания (Н) рассчитываются физические составляющие силы резания: нормальная N и касательная F силы (Н) с учётом переднего угла γ (см. рис. 1 а): $N = N_{Pz} - N_{Pxy} = P_z \times \cos \gamma - P_{xy} \times \sin \gamma$;

$$F = F_{Pxy} + F_{Pz} = P_{xy} \times \cos \gamma + P_z \times \sin \gamma.$$

При отсутствии экспериментальных данных длина контакта c стружки может быть определена по нашим графикам при соответствующей величине переднего угла γ (°), которые показывают изменение c (мм) в зависимости от толщины среза a (мм): $a = s \times \sin \varphi$, где s – подача (мм/об); φ – главный угол в плане.

С помощью программного обеспечения OriginLab были получены уравнения зависимости длины контакта c от толщины среза a при разных передних углах γ , т.е. $c = f(a)$: при $\gamma=7^\circ$ $c=0,026+8,955a-10,903a^2$ (мм); при $\gamma=15^\circ$ $c=-0,1028+9,564a-12,483a^2$; при $\gamma=25^\circ$ $c=-0,016+8,728a-10,638a^2$; при $\gamma=35^\circ$ $c=-0,205+8,105a-9,507a^2$.

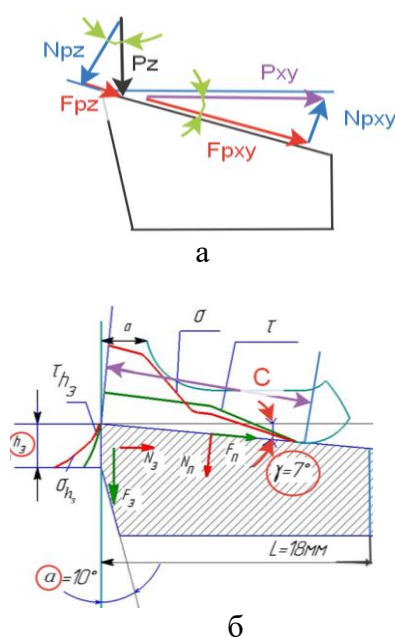


Рис. 1. Составляющие силы резания, действующие на передней поверхности (а), и распределение контактных напряжений на поверхностях реза (б).

Длина пластического участка контакта стружки с передней поверхностью резца при обработке стали $c_l \approx 0,5 \cdot c$. На этом участке у эпюры касательных контактных напряжений τ имеется линия, параллельная передней поверхности, где $\tau = \text{const}$. При дальнейшем отдалении от режущей кромки имеется прямолинейное уменьшение до нуля в точке $x_i = c$. Такой характер позволяет использовать формулу $\tau_{\text{max}} = \tau_{\text{const}} = F / (c \times 0,75 \times b_c)$, где τ_{const} – величина τ на участке этой эпюры (МПа); b_c – ширины контакта стружки с передней поверхностью резца, зависящая от глубины резания t ($b_c \approx t / \sin \varphi$) (мм).

Построение эпюры нормальных контактных напряжений σ (МПа) выполняется относительно эпюры касательных контактных напряжений τ (МПа). В основе лежит закономерность изменение условного коэффициента трения $\mu = \tau / \sigma$ вдоль передней поверхности, которая мало зависит от режимов резания [2].

Непосредственно у режущей кромки нормальные контактные напряжения имеют наибольшую величину σ_{max} (рис. 1 б). В первом приближении $\sigma_{\text{max}} \approx 2 \sigma_{\text{в}}$, где $\sigma_{\text{в}}$ – это временное сопротивление разрыву (МПа). В дальнейшем величина σ_{max} корректируется таким образом, чтобы нормальная сила $N_{\text{эл}}$ (Н), рассчитанная по объёму эпюры σ , была равна нормальной силе, определённой по экспериментальным данным $N_{\text{эксп}}$ (Н), т.е.

$$N_{\text{эл}} = b \times \int_0^c \sigma i \times dx \approx N_{\text{эксп}} \quad (1)$$

При относительной длине контакта стружки $\psi = x_i / c \approx 0,4$, т.е. при $x = 0,4 \cdot c$ будет пересечение графика σ с графиком τ , т.к. в этой точке условный коэффициент трения $\mu = 1$, то есть там $\sigma = \tau$ (см. рис. 1 и 2).

У эпюры нормальных контактных напряжений σ в области $x \leq 0,5c$ имеется небольшой горизонтальный участок, т.е. $\sigma = \text{const}$, а при дальнейшем отдалении от режущей кромки ($x > 0,5c$) у эпюры σ имеется участок с прямолинейным уменьшением σ до нуля в точке $x = c$. В конце контакта стружки с передней поверхностью инструмента в точке $\psi \approx 0,8$ (т.е. при $x \approx 0,8c$) должно быть $\sigma_i \approx \tau_i / 1,6$ (рис. 2). На расстоянии от режущей кромки $l_1 \approx a$ (мм) величина $\sigma_{l1} \approx 0,93 \cdot \sigma_{\text{max}}$.

По рассчитанным точкам строим эпюру σ и корректируем её, изменяя на участке от режущей кромки до $x_i = 0,4 \cdot c$, чтобы соблюдалось равенство (1).

Для этого рассчитываем площадь эпюры σ : $S_\sigma = \sum s_i$ (МПа/мм) (рис. 2). Нормальная сила по эпюре σ $N_\sigma = S_\sigma \times b$ (Н) должна быть равна нормальной силе по экспериментальным данным $N_{\text{эксп}}$ (Н).

Список литературы:

1. Чжан Ц., Козлов В.Н. Влияние вида нагружения на расчёт внутренних напряжений в режущем клине // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 8: в 2 ч. Ч. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 352-356.
2. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента/Полетика М.Ф. – Москва: Машиностроение, 1969. – 148 с.

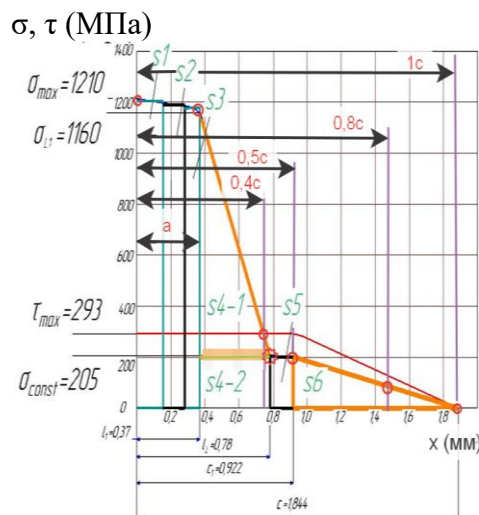


Рис. 2. Положение опорных точек \circ при построении эпюры нормальных контактных напряжений σ и проверка правильности построения эпюр нормальных σ и касательных τ контактных напряжений на передней поверхности резца