

НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНСТРУМЕНТА ПРИ НЕСВОБОДНОМ РЕЗАНИИ СТАЛИ.

М. Ци, аспирант гр. А1-21,
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,
В.Н. Козлов, к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30
тел.(3822)-606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Расчёт напряжённо-деформированного состояния (НДС) режущего клина необходимо выполнять с приложением к рабочим поверхностям режущего инструмента контактных нагрузок в виде эпюр с реальным распределением [1-3].

Для избегания трудоёмкого экспериментального получения распределения контактных напряжений была разработана методики расчёта эпюр. 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) при обработке стали величина τ примерно постоянна, т.е. $\tau = \text{const}$ (рис. 1 б); на второй части длины контакта стружки τ практически прямолинейно уменьшается до нуля в точке отрыва стружки от передней поверхности. Эпюра τ в упрощенном виде имеет простой вид (рис. 1 б) и поэтому её параметры могут быть рассчитаны по уравнению

$$\tau_{\max} = \tau_{\text{const}} = F / (c \times 0,75 \times b_c), \quad (1)$$

где τ_{const} – величина τ на первом участке этой эпюры (МПа); F – касательная сила на передней поверхности режущего инструмента (Н) с учётом переднего угла γ (°); b_c – ширины контакта стружки с передней поверхностью резца, зависящая от глубины резания t ($b_c \approx t / \sin \phi$) (мм).

Касательная сила F рассчитывается по технологическим составляющим силы резания по формуле (рис. 1 а):

$$F = F_{P_{xy}} + F_{P_z} = P_{xy} \times \cos \gamma + P_z \times \sin \gamma, \quad (2)$$

где P_{xy} – результирующая радиальной P_x и осевой P_y сил, действующих в основной плоскости $P_{xy} = (P_x^2 + P_y^2)^{0,5}$; P_z – тангенциальная составляющая силы резания; γ – главный передний угол.

Длина контакта c стружки может быть измерена экспериментально или определена по нашим графикам, которые показывают изменение c (мм) в зависимости от переднего угла γ (°) и толщины среза a (мм) [3]. Например, при точении стали 40Х с толщиной среза $a = 0,368$ мм:

$$c = 1,907 - 0,011 \cdot \gamma. \quad (3)$$

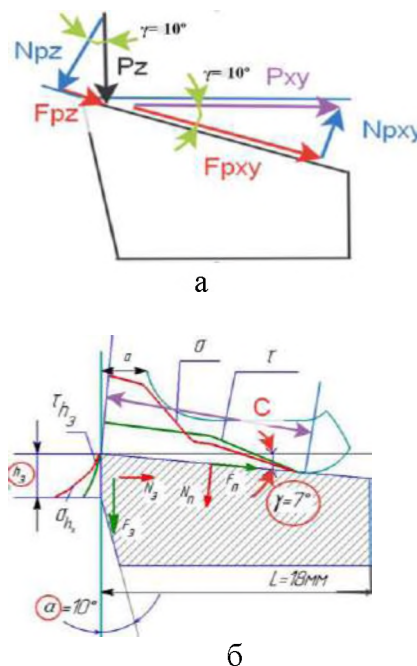


Рис. 1. Составляющие силы резания, действующие на передней поверхности при **положительном** переднем угле γ (а), и распределение контактных напряжений на поверхностях резца (б).

При косоугольном резании толщина среза рассчитывается по известной формуле:
 $\alpha = s \times \sin \varphi$, где s – подача (мм/об); φ – главный угол в плане.

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].

Особенности конфигурации эпюры нормальных контактных напряжений σ , определённых экспериментально [1], позволяют её построить после расчёта нормальной силы на передней поверхности инструмента N при положительном переднем угле γ по уравнению:

$$N = N_{Pz} - N_{Pxy} = P_z \times \cos \gamma - P_{xy} \times \sin \gamma. \quad (3)$$

Приложение реального распределения контактных напряжений на переднюю поверхность моделей резца позволило рассчитать распределение напряжений в режущем клине СМП с использованием программы ANSYS.

При черновой токарной обработке основная нагрузка приходится на участок, расположенный у главной режущей кромки. Но силы на вспомогательной режущей кромке приводят к изменению напряжённого состояния, поэтому нами было исследована степень влияния этих сил на НДС СМП с $\varphi = 90^\circ$ при нагрузке главной режущей кромки в 100, 90 и 80% от общей силы резания. Считалось, что распределение контактных напряжений на передней поверхности у вспомогательной режущей кромке такое же, что и у главной режущей кромке (рис. 2).

По результатам расчётов были построены графики влияния переднего угла и доли силы резания на главной режущей кромке. Анализ картин НДС показал, что в трёхгранных СМП с увеличением доли нагрузки на вспомогательной режущей кромке величина наибольшего эквивалентного напряжения увеличивается в 1,25-1,65 раз при $\gamma = +10^\circ$ и в 1,19-1,36 раз при $\gamma = -10^\circ$ по сравнению с вариантом, когда вся нагрузка приходится только на главную режущую кромку.

При увеличении переднего угла величина наибольшего эквивалентного напряжения в 3-гранных СМП уменьшается во всех случаях.

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.
3. Определение параметров эпюр контактных напряжений на передней поверхности режущего инструмента при обработке стали / Ц. Чжао, В. Н. Козлов, Ц. Ю, М. Ци // Современные проблемы машиностроения сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 26-30 октября 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. Е. Н. Пашкова. — Томск : Томский политехнический университет, 2020. — [С. 144-145].

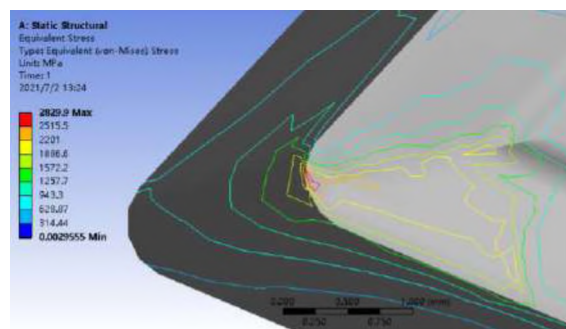


Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ в трёхгранной СМП при нагрузке по главной режущей кромке 90%, по вспомогательной режущей кромке 10%. Сталь 40X – T15K6. $\varphi = 90^\circ$, $\gamma = -10^\circ$. $s = 0,368$ мм/об, $c = 2,02$ мм, ширина среза $b = 2$ мм. $F = 1196$ Н, $N = 2020$ Н. $\sigma_{\text{экв max}} = 2830$ МПа