

РАСЧЁТ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ. CALCULATION OF CONTACT STRESSES DURING STEEL MACHINING.

*В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
Н.В. Мартюшев, к.т.н., доц.*

М. Ци, аспирант гр. А1-21,

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30
тел.(3822)-606-389*

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

Для расчёта прочности режущих инструментов необходимо знать распределение контактных напряжений на передней поверхности и на фаске задней поверхности. Наиболее достоверным методом для исследования контактных напряжений является метод разрезного (составного) резца [1, 2]. С его помощью разными исследователями было получено распределение контактных напряжений на передней и задней поверхностях при обработке легкообрабатываемых материалах, были выявлены общие закономерности формы эпюр на передней поверхности, в основном при обработке латуни и дюралюминия.

Применение разрезного резца очень сложно по нескольким причинам:

1) имеется высокая вероятность скола режущих пластин, особенно при резании секциями, у которых расстояние от режущей кромки до поверхности раздела пластин менее 0,2 мм. При обработке твёрдой стали, титановых сплавов труднообрабатываемых групп, жаропрочных сплавов и т.п. практически невозможно приблизиться к режущей кромке ближе 0,5 мм;

2) требуется очень тщательная установка рабочих поверхностей пластин в одной плоскости: если измерительная пластина **B** будет хоть немного выше впереди стоящей пластины **A**, то она начнёт срезать (скрести) материал с приконтактного слоя стружки. Это приведёт к забиванию зазора между пластинами и сколу пластин. Если же поверхность пластины **B** будет хоть немного ниже поверхности пластины **A**, то не будет реально полного контакта на её поверхности **B**, поэтому не будет достоверности измеряемых на ней сил;

3) требуется применения специальной конструкции динамометра типа динамометра В.А. Красильникова [1], позволяющего не только контролировать постоянство общих сил резания P_z и P_y , чтобы избежать проблем второй части п. 3, но и компенсирующего упругую деформацию измерительных элементов.

Поэтому расчёт основных параметров эпюр контактных напряжений для их построения только по физическим составляющим силы резания N и F является актуальной задачей. С этой целью нами были выявлены основные параметры эпюр контактных напряжений на передней поверхности при резании стали 40Х, с помощью которых можно формализовать и немного упростить форму эпюр, что позволит выполнять их построения зная только технологические составляющие силы резания P_z , P_y , P_x и длину контакта стружки c с передней поверхностью режущего инструмента.

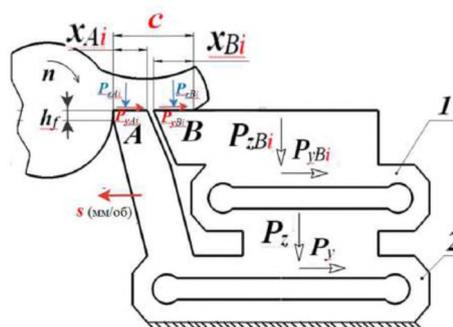


Рис. 1. Положение пластин **A** и **B** разрезного резца, закреплённых на упругих измерительных элементах **1** и **2** специального токарного динамометра конструкции В.А. Красильникова [1]

Технологические составляющие силы резания могут быть измерены обычным трёхкомпонентным токарным динамометром или даже просто рассчитана по справочнику, а длина контакта стружки c может быть измерена на инструментальном микроскопе или рассчитана по нашим экспериментально полученным графикам.

На рис. 2 представлены зависимости длины контакта стружки от толщины среза a и величины переднего угла γ (в англоязычной и китайской литературе он обозначается символом α). При косоугольном резании толщина среза рассчитывается по известной формуле: $a = s \cdot \sin \varphi$, где s – это подача (мм/об); φ – главный угол в плане (угловой градус).

Использование толщины среза a более предпочтительно, т.к. полученные данные можно использовать не только при токарной обработке, но и при фрезеровании, где она непрерывно изменяется при повороте зуба фрезы: $a_i = s_z \cdot \sin \psi_i$, где s_z – подача на зуб (мм/зуб); ψ_i – центральный угол (угловой градус) от точки врезания зуба до его текущего положения при встречном фрезеровании.

Экспериментально были получены гистограммы удельных контактных нагрузок на передней поверхности резца, по которым были построены эпюры контактных напряжений при обточке периферии диска из стали с радиальной подачей разрезного резца (рис. 3).

Упрощенная простая форма эпюры касательных контактных напряжений (рис. 4) позволяет рассчитать касательные контактные напряжения τ_{const} на первом участке от режущей кромки по уравнению:

$$\tau_{const} = F / (0,75 \cdot c \cdot b) \text{ (МПа)},$$

где F – касательная сила (Н); c – длина контакта стружки с передней поверхностью резца (мм); b – ширина контакта стружки с передней поверхностью резца (мм).

Форма эпюры нормальных контактных напряжений σ значительно сложнее, поэтому предложено построить её относительно эпюры касательные контактные напряжения τ , для чего надо использовать закономерности изменения

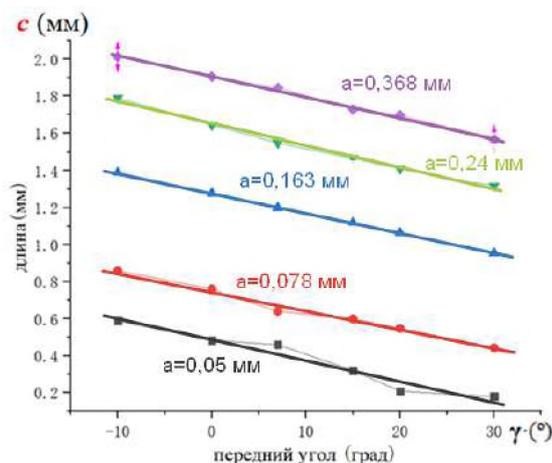


Рис. 2. Графики изменения длины контакта стружки c (мм) с передней поверхностью резца в зависимости от переднего угла γ (°) и толщины среза a (мм) при $\varphi = 45^\circ$. Сталь 40X – T15K6, $v = 120$ м/мин

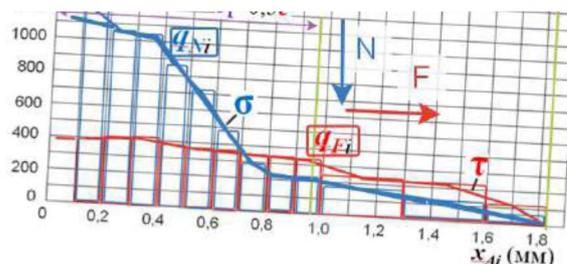


Рис. 3. Распределение удельных нормальных q_N и касательных q_F контактных нагрузок (МПа) и эпюры нормальных σ и касательных τ контактных напряжений (МПа) на передней поверхности резца. Сталь 40X – T15K6, $\gamma = +7^\circ$; $v = 120$ м/мин; $a = s = 0,368$ мм; $b = 4$ мм; $c = 1,844$ мм; $c_1 = 0,922$ мм; $P_y \text{ эксп} = 1623$ Н; $P_z \text{ эксп} = 3061$ Н; $F_{\text{эксп}} = 2014$ Н; $N_{\text{эксп}} = 2837$ Н.

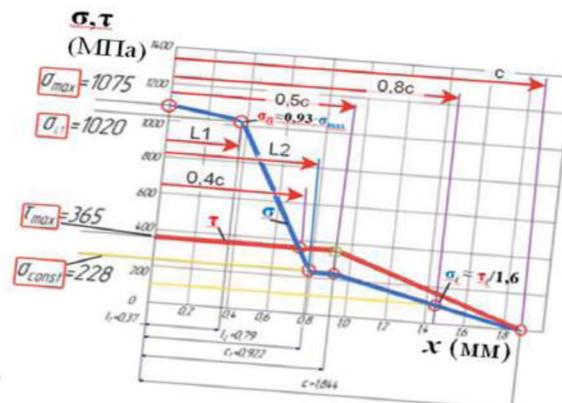


Рис. 4. Упрощенные формы эпюр нормальных σ и касательных τ контактных напряжений (МПа) на передней поверхности резца. Сталь 40X – T15K6, $\gamma = +7^\circ$; $v = 120$ м/мин; $a = s = 0,368$ мм.

условного коэффициента трения стружки по передней поверхности $\mu_i = \tau_i / \sigma_i$

Список литературы:

1. Полетика М.Ф., Красильников В.А. Динамометр для измерения силы и напряжений на передней поверхности резца. /Станки и инструменты, 1971, т. 2, с. 37-38.
2. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.,: Машиностроение, 1969.- 150 с.