

ПРОЧНОСТЬ РЕЖУЩЕГО КЛИНА ПРИ ВРЕЗАНИИ

В.Н. Козлов, Ц. Чжан, И. Го, А.В. Герасимов
 Научный руководитель: доцент, к.т.н. В.Н. Козлов
 Национальный исследовательский Томский политехнический институт
 Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
 E-mail: 965075948@qq.com

В начальный момент контакта резца с заготовкой происходит трение только по задней поверхности резца без образования стружки, но затем начинают действовать силы на округлённой части главной режущей кромки с радиусом ρ (рис. 1), который сопоставим с размерами зёрен инструментального материала даже при желании заточить режущий клин на остро [1].

Наши исследования показали, что в период врезания составляющие силы резания резко увеличиваются, а после появления стружки резко уменьшаются до величины, характерной для установившегося резания. В период врезания составляющие силы резания P_z , P_y и P_x существенно больше, чем при установившемся резании, к тому же часть этих сил сосредоточена на небольшом участке передней поверхности $c_{вр}$ (рис. 1), гораздо меньшей, чем длина контакта стружки с передней поверхностью s . Это приводит к увеличению контактных напряжений и, как следствие, к выкрашиванию режущей кромки.

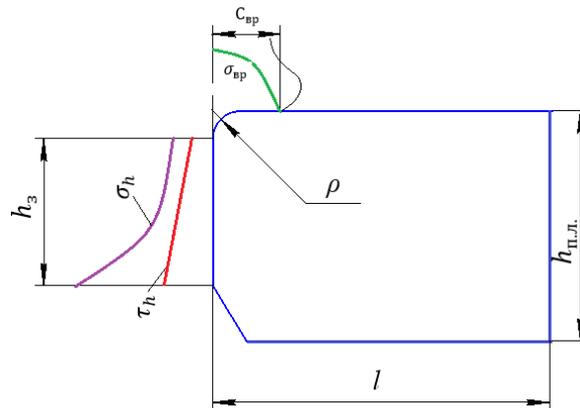


Рис. 1. Модель режущего клина и его нагружение контактными напряжениями при врезании

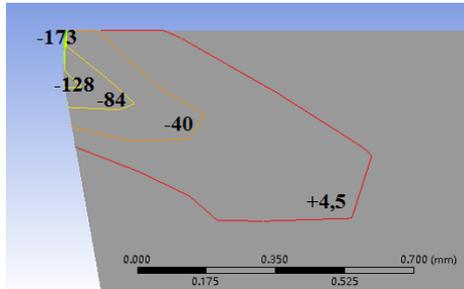
Для исследования изменения сил резания в период врезания было рассмотрено врезание токарного резца с главным углом в плане $\varphi=45^\circ$, главным передним углом $\gamma=0^\circ$, главным задним углом $\alpha=12^\circ$, вспомогательным углом в плане $\varphi_1=45^\circ$, углом наклона главной режущей кромки $\lambda=0^\circ$, радиусом при вершине $r=0,02$ мм при продольной подаче. На задней поверхности затачивалась искусственная фаска различной длиной $h_з$ с постоянным задним углом $\alpha_h=0^\circ$, имитирующая износ по задней поверхности (рис. 1). Радиус округления режущей кромки был равен минимально возможному при заточке на остро ($\rho=0,003$ мм). Врезание происходило в заготовку из стали 40X в состоянии поставки, имеющую коническую поверхность, оставшуюся после отключения подачи в предыдущем эксперименте (предыдущая поверхность резания) с углом в плане $\varphi=45^\circ$, что обеспечивало контакт резца сразу по всей длине режущей кромки в начальный момент её касания. Исследования выполнялись с постоянной скоростью резания $v = 2$ м/с, обеспечивающей отсутствие нароста на передней поверхности, и различными подачей $s = 0,07-0,52$ мм/об и глубиной резания $t = 1-4$ мм.

Измерения составляющих сил резания выполнялись с помощью токарного динамометра Kistler (Швеция). При точении измерялась средняя температура резания с помощью инфракрасного термометра MS-5630 (t °С) и контролировалась термо-ЭДС (μ А) с помощью естественной термопары.

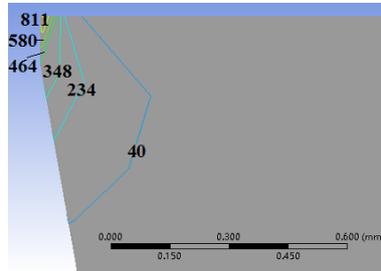
В период врезания основная часть нагрузки приходится на фаску задней поверхности, но часть силы воспринимается на радиусном участке режущей кромки и небольшим участком передней поверхности (рис. 1). Методом экстраполяции на нулевую фаску задней поверхности были выделены составляющие силы резания $P_{z \text{ п. вр.}}$, $P_{x \text{ п. вр.}}$ и $P_{y \text{ п. вр.}}$, действующие на этом участке, который, по нашим расчётам и исследованиям других авторов [2, 3], имеет протяжённость $c_{вр} \approx \rho + 0,1 \cdot a$, где a – толщина среза (мм).

Наши эксперименты показали, что на этом участке передней поверхности практически отсутствуют касательные силы, поэтому при расчёте методом конечных элементов участок $c_{вр}$ нагружаем только нормальными к передней поверхности контактными напряжениями $\sigma_{вр} = N_{вр} / (c_{вр} \cdot b)$, где $N_{вр}$ – нормальная к передней поверхности сила на участке длиной $c_{вр}$; b – длина контакта резца с заготовкой по режущей кромки ($b = t / \sin \varphi$) (ширина участка контакта резца с заготовкой при врезании и установившемся резании). При переднем угле $\gamma=0^\circ$ и угле наклона главной режущей кромки $\lambda=0^\circ$ $N_{вр} = P_{z \text{ п. вр.}}$.

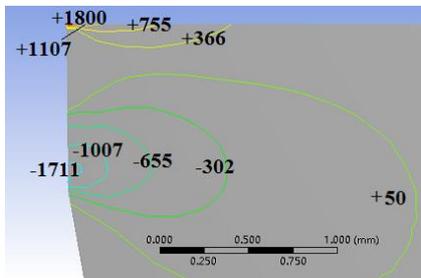
Расчёт напряжений в режущем клине резца методом конечных элементов с использованием программы ANSYS12 показал, что при малых подачах и длины фаски задней поверхности h_3 в режущем клине возникают напряжения сжатия ($\sigma_x = -173$ МПа) (рис. 2 а). При этом наибольшие эквивалентные напряжения ($\sigma_{\text{экв}} = 811$ МПа) (рис. 2 б), в 5 раз меньше предельно допустимых, однако при увеличении подачи у передней поверхности появляются напряжения растяжения ($\sigma_x = +1800$ МПа) (рис. 2 в), что приводит к увеличению вероятности выкрашивания режущей кромки.



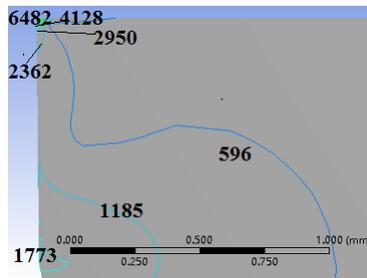
а) распределение нормального напряжения σ_x , МПа. $h_3 = 0,13$ мм, $s = 0,07$ мм/об



б) распределение эквивалентного напряжения $\sigma_{\text{экв}}$, МПа. $h_3 = 0,13$ мм, $s = 0,07$ мм/об



в) распределение нормального напряжения σ_x , МПа. $h_3 = 0,95$ мм, $s = 0,52$ мм/об



г) распределение эквивалентного напряжения $\sigma_{\text{экв}}$, МПа. $h_3 = 0,95$ мм, $s = 0,52$ мм/об

Рис. 2. Распределение напряжений в режущем клине резца при врезании, МПа.
Сталь 40X- T15K6; $t = 2$ мм; $v = 2$ м/с

При врезании в стальную заготовку изношенным по задней поверхности резцом напряжения в режущем клине становятся сопоставимыми с напряжениями при обработке труднообрабатываемого титанового сплава [4].

Список литературы

1. Kirsanov S. V., Babaev A. S. Study of Accuracy and Surface Roughness of Holes in Comparative Testing of Small Diameters Gun Drills // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2014. – V. 66. – I. 1. – P. 1-5.
2. Полетика М.Ф., Собанин А.Л., Кужларов В.Н. Силы и деформации на различных участках задней поверхности резца // Вопросы оптимального резания металлов. – Уфа, Изд-во УФАИ, 1976. – С. 76-78.
3. Бутенко В.А. Исследование контактных нагрузок на передней поверхности инструмента в процессе врезания // Исследования процесса резания и режущих инструментов. Межвузовский научно-технический сборник. – Томск, Изд-во ТПИ, 1984. – С. 48-61.
4. Kozlov V., Zhang J., Cui J., Letshiner E., Zhao W. Influence of Cutting Tool Wear on Contact Stresses and Temperature Distribution in Titanium Alloy Machining // Key Engineering Materials. Trans Tech Publications, Switzerland. – 2017. – Vol. 743. – P. 252-257.