

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ НАГРУЗОК ПРИ ВРЕЗАНИИ

В.Н. Козлов, Ц. Чжан, И. Го, С.К. Сабават
 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

При встречном фрезеровании зуб фрезы входит в контакт с обрабатываемой поверхностью с нулевой толщиной среза. В начальный момент происходит трение только по задней поверхности резца без образования стружки, т.е. силы на передней поверхности отсутствуют. При появлении фаски на задней поверхности в процессе износа силы при врезании существенно увеличиваются и могут привести к разрушению инструмента. Износ режущего клина происходит и на передней поверхности с образованием лунки длиной c_c и глубиной h_c , и на режущей кромке в виде радиуса ρ округления режущей кромки, но наиболее интенсивно он развивается на задней поверхности в виде образования фаски длиной h_f с углом наклона α_h (рис. 1). При длине фаски менее 1,5 мм в большинстве случаев $\alpha_h=0^\circ$.

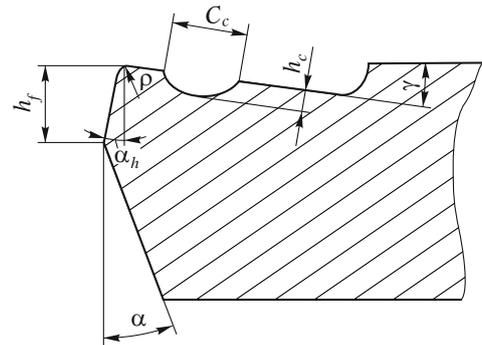


Рис. 1. Износ режущего клина

Исследование физических составляющих силы резания, действующих на зуб фрезы, для его расчёта на прочность затруднено из-за поворота зуба фрезы относительно динамометра. Поэтому было решено моделировать начальный момент резания при торцовом фрезеровании с углом $\varphi=45^\circ$ продольным точением заготовки токарным резцом с главным углом в плане $\varphi=45^\circ$. Врезание выполнялось в заготовку, имеющую коническую поверхность, оставшуюся после отключения подачи в предыдущем эксперименте с углом в плане $\varphi=45^\circ$, что обеспечивало контакт резца сразу по всей длине режущей кромки в начальный момент её касания, как при торцовом фрезеровании. Исследования выполнялись при обработке стали 40Х в состоянии поставки 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.

Точение осуществлялось резцом, имеющего главный передний угол $\gamma=0^\circ$, главный задний угол $\alpha=12^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1=45^\circ$, угол наклона главной режущей кромки $\lambda=0^\circ$, радиус при вершине $r=0,02$ мм. На задней поверхности затачивалась искусственная фаска различной длиной h_z с постоянным задним углом $\alpha_h=0^\circ$, имитирующая износ по задней поверхности (рис. 1). Радиус округления режущей кромки был равен минимально возможным при заточке на остро ($\rho \approx 0,003$ мм).

Составляющие силы резания на передней поверхности $P_{zп}$, $P_{xп}$ и $P_{yп}$ выделялись из общих технологических составляющих P_z , P_x и P_y силы резания экстраполяцией на нулевую фаску задней поверхности [1]. При $\gamma=0^\circ$ на передней поверхности нормальная сила $N=P_{zп}$, касательная сила $F=P_{xyп}=(P_{xп}^2+P_{yп}^2)^{1/2}$. При $\alpha_h=0$ нормальная сила на фаске задней поверхности рассчитывалась как $N_h=P_{xyh}=P_{xy}-P_{xyп}$, касательная сила $F_h=P_{zh}=P_z-P_{zп}$.

Измерения составляющих силы резания выполнялись с помощью токарного динамометра Kistler (Швеция). При точении измерялась средняя температура резания с помощью инфракрасного термометра MS-5630 ($t^\circ\text{C}$) и контролировалась термо-ЭДС (μA) с помощью естественной термопары.

Эксперименты показали, что в период врезания происходит увеличение составляющих сил резания P_z , P_y и P_x , которые затем быстро уменьшаются с образованием стружки (рис. 2). Наибольшие величины составляющих силы резания при врезании обозначены символами $P_{z\max}$, $P_{y\max}$ и $P_{x\max}$. Составляющие силы резания в период установившегося резания обозначены символами P_z , P_y и P_x .

При увеличении подачи соотношение между наибольшей силой при врезании и установившемся резании уменьшается (т.е. пика сил нет) (рис. 3), что связано, на наш взгляд, с прогибом поверхности резания под действием радиальной составляющей силы на радиусном участке режущей кромки [2]. Эта гипотеза подтверждается и результатами исследований распределения контактных напряжений на фаске задней поверхности (рис. 4).

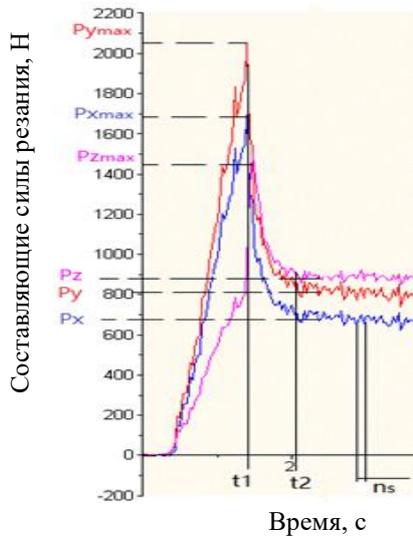


Рис. 2. Изменение составляющих силы резания (Н) при врезании. Сталь 40Х – Т15К6. $s = 0,07$ мм/об, $v = 120$ м/мин, $t = 1,8$ мм. Ордината – составляющие силы резания, Н; абсцисса – время обработки, с

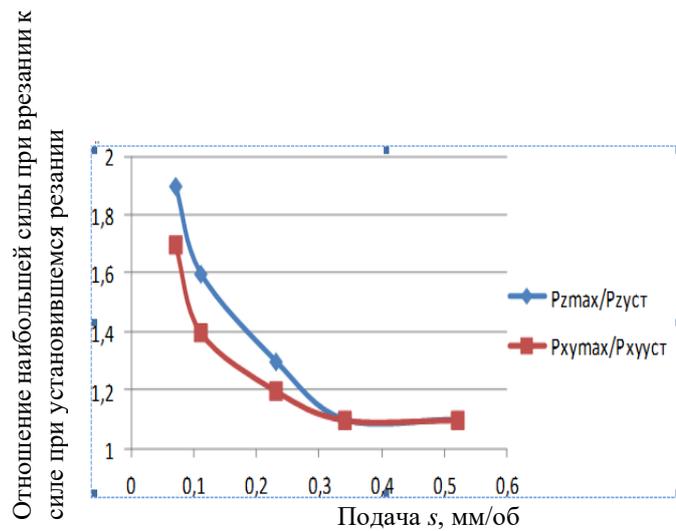


Рис. 3. Влияние подачи s (мм/об) на отношение наибольшей силы при врезании ($P_{z \max}$ и $P_{xy \max}$) к силе при установившемся резании ($P_{z \text{уст}}$ и $P_{xy \text{уст}}$). Сталь 40Х–Т15К6, $t=1,8$ мм, $v = 120$ м/мин Ордината – соотношение сил резания; абсцисса – подача s (мм/об)

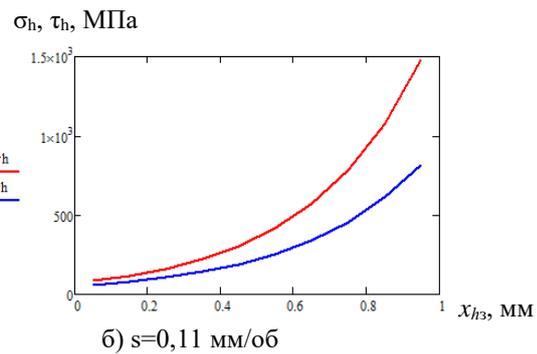
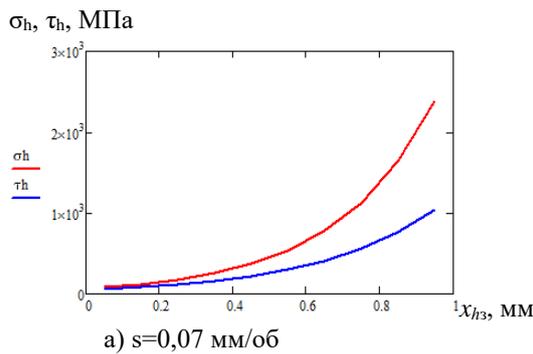


Рис. 4. Распределение контактных напряжений на фаске задней поверхности (МПа) при врезании при силовом взаимодействии на радиусном участке режущей кромки. Сталь 40Х – Т15К6, $t = 2$ мм, $v = 120$ м/мин. Ордината – нормальные σ_h (МПа) и касательные τ_h (МПа) контактные напряжения на фаске задней поверхности; абсцисса – расстояние от режущей кромки вдоль фаски износа по задней поверхности x_{h3} , мм

С помощью программы MathCAD были получены уравнения эпюр контактных напряжений на фаске задней поверхности при врезании при обработке стали 40Х. Для $t=2$ мм $s=0,07$ мм/об: $\sigma_h = 213,791 \cdot 7,98^{x_h}$ (МПа), $\tau_h = 52,353 \cdot 41,43^{x_h}$ (МПа). Для $s=0,07$ мм/об: $\sigma_h = 213,791 \cdot 7,98^{x_h}$ (МПа), $\tau_h = 52,353 \cdot 41,43^{x_h}$ (МПа).

Список литературы

1. Kozlov V., Zhang J., Cui J., Bogolyubova M. Split Cutter Method for Contact Stresses Research over Flank Surface of a Cutter // Key Engineering Materials. Trans Tech Publications, Switzerland. – 2017. – Vol. 743. – pp. 258-263.
2. Kozlov V.N. Flank Contact Load Distribution at Cutting Tool Wear // Proceedings 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012. – 2012. – Article number 6357713.