

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ.

М. Ци, аспирант гр. А1-21,

В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,

Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,

Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30

тел.(3822)-606-389

E-mail: [kozlov-viktor@bk.ru](mailto:kozlov-viktor@bk.ru)

При обработке титановых сплавов существует высокая вероятность разрушения режущего инструмента из-за концентрации внешних контактных нагрузок на передней поверхности и на фаске износа задней поверхности. Поэтому для расчёта на прочность инструмента необходимо знать распределение контактных напряжений на его поверхностях, находящихся в контакте со стружкой и заготовкой.

С этой целью нами были проведены экспериментальные исследования распределения нормальных  $\sigma$  и касательных  $\tau$  контактных напряжений на передней поверхности резца методом разрезного резца [1, 2, 3] при свободном прямоугольном точении диска из труднообрабатываемого титанового сплава ВТ3-1 с радиальной подачей  $s$  (мм/об) (рис. 1). В этом случае толщина среза

$$a = s \times \sin \varphi = s \text{ (мм)}.$$

По технологическим составляющим  $P_z$  и  $P_y$  силы резания (составляющая  $P_x$  отсутствовала в схеме свободного прямоугольного резания) при обработке неизношенным резцом были рассчитаны нормальная  $N$  и касательная  $F$  физические составляющие на передней поверхности с учётом величины переднего угла [1].

На первом этапе резание выполнялось неизношенным резцом, поэтому фиксировались силы, действующие только на передней поверхности, т.е.  $P_{zп} = P_z$ ,  $P_{yп} = P_y$ . Т.к. при точении передний угол  $\gamma$  был равен нулю градусов, то не потребовалось дополнительно рассчитывать физические составляющие, т.е.  $N = P_{zп}$ ,  $F = P_{yп}$ .

По результатам исследования распределения контактных напряжений на передней поверхности резца были построены эпюры нормальных  $\sigma$  и касательных  $\tau$  контактных

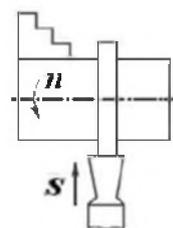


Рис. 1. Точение периферии диска с радиальной подачей резца  $s$

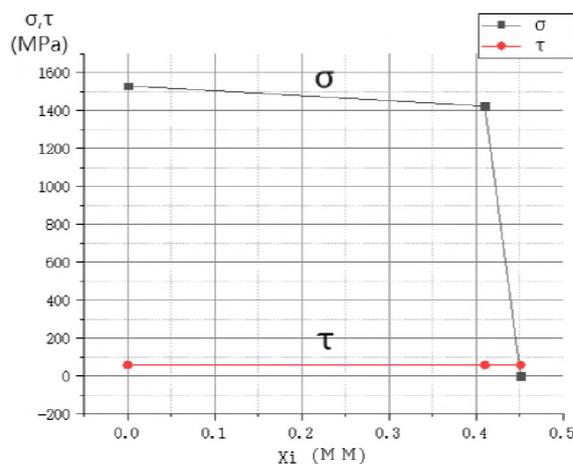


Рис. 2. Эпюры контактных напряжений на передней поверхности резца при толщине среза  $a = 0,41$  мм,  $c = 1,1a$ . ВТ3-1-ВК8,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $v = 1$  м/с,  $b = 2,3$  мм  $N = 1460$  Н,  $F = 60$  Н,  $\sigma_{\max} = 1530$  МПа,  $\tau_{\max} = 57,6$  МПа.

напряжений на передней поверхности (рис. 2). Обязательным являлась проверка равенства физических составляющих по эпюрам физическим составляющим из эксперимента [3].

В результате измерений после выполнения резания и дополнительных расчётов длины контакта по наибольшему нормальному контактному напряжению  $\sigma_{\max}$  на эпюре нормальных контактных напряжений на передней поверхности, было определено, что при обработке титанового сплава ВТ3-1 длина контакта стружки  $c = 1,3 \times a$ , эпюра  $\sigma$  имеет трапецеидальный характер (рис. 2). Из-за малой длины контакта стружки  $c$  и малой величине среднего касательного напряжения  $\tau_{cp} = F/(c \times b)$  принималось, что распределение касательных напряжений  $\tau$  имеет равномерный характер (рис. 2).

Полученные контактные напряжения прикладывались к 3D модели резца и рассчитывались внутренние напряжения, в том числе и эквивалентные, т.к. они отражают влияние всех главных напряжений и напряжений по осям.

При нагружении по передней поверхности были рассмотрены несколько схем, у которых была разное количество участков, на которые разбивалась длина контакта стружки с передней поверхностью резца, т.е. у них была разная длина участков. Если длина участков малая (в идеале  $\Delta x_i \rightarrow 0$  мм), то происходит более точная передача нагружения, т.к. удельные нормальные  $q_{Ni} = \Delta N_i / (\Delta x_i \times b)$  и касательные  $q_{Fi} = \Delta F_i / (\Delta x_i \times b)$  контактные нагрузки приближаются к нормальным  $\sigma$  и касательным  $\tau$  контактным напряжениям соответственно. В этих формулах  $\Delta N_i$  – это изменение (приращение) нормальной силы на длине  $\Delta x_i$  участка длины контакта стружки;  $\Delta F_i$  – это изменение (приращение) касательной силы на длине этого участка;  $b$  – ширина контакта стружки.

При увеличении толщины среза с 0,11 мм до 0,41 мм происходит увеличение величины максимального эквивалентного напряжения  $\sigma_{\text{экв max}}$  в 1,1 раза: с 1760 до 1948 МПа (рис. 3).

После появления износа по задней поверхности инструмента  $h_f = 0,2$  мм максимальное эквивалентное напряжение  $\sigma_{\text{экв max}}$  увеличивается в 1,94 раза: с 1948 до 3773 МПа (рис. 4).

Увеличение длины фаски износа на задней поверхности с 0,2 до 1,2 мм приводит сначала к небольшому уменьшению максимального эквивалентного напряжения  $\sigma_{\text{экв max}}$  (рис. 4), но затем его величина остаётся неизменной, что объясняет работоспособность режущих инструментов даже при большой величине износа по задней поверхности при обработке титанового сплава [4-7].

Увеличение толщины среза  $a$  вызывает существенное увеличение наибольшего эквивалентного напряжения  $\sigma_{\text{экв max}}$  (рис. 4).

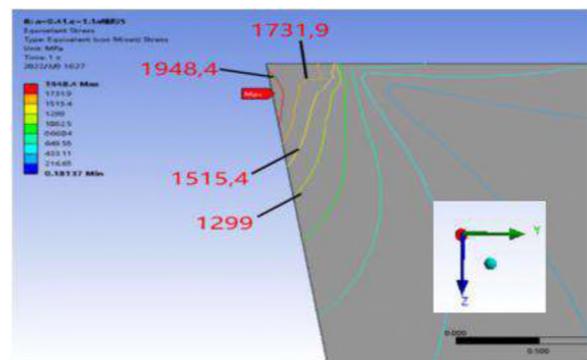


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений в режущем клине при прямоугольном резании диска ВТ3-1-ВК8,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $a = 0,41$  мм,  $c = 1,1a$ ,  $b = 2,3$ , трапецеидальный характер эпюры нормальных  $\sigma$  контактных напряжений, **5** участков

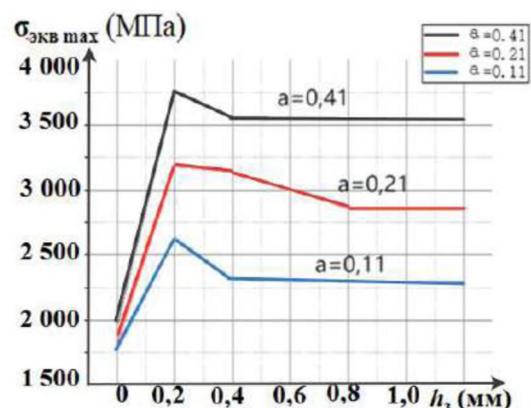


Рис. 4. Влияние длины искусственной фаски износа по задней поверхности  $h_f$  (мм) и толщины среза  $a$  (мм) на наибольшие эквивалентные напряжения  $\sigma_{\text{экв max}}$  (МПа) при обработке титанового сплава ВТ3-1-ВК8,  $v = 120$  м/мин,  $\gamma = 0^\circ$

Большая величина наибольшего эквивалентное напряжение при толщине среза  $a = 0,41$  мм  $\sigma_{\text{экв max}} = 3500-3750$  МПа при пределе прочности на сжатие 4200 МПа инструментального материала ВК8 говорит о высокой вероятности разрушения режущей части инструмента.

#### Список литературы:

1. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента/Полетика М.Ф. – Москва: Машиностроение, 1969. – 148 с.
2. 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.
3. Методика измерения контактных напряжений на поверхностях резца [Электронный ресурс] / В. Н. Козлов [и др.]; науч. рук. В. Н. Козлов // Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 7-11 ноября 2016 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт кибернетики (ИК) ; под ред. В. С. Аврамчук [и др.]. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 2. — [С. 350-352]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет.
4. Afonarov A. and Lasukov A. Elementary Chip Formation in Metal Cutting // Russian Engineering Research, 2014, v. 3, pp. 152-155.
5. Полетика М.Ф., Афонасов А.И. Контактные условия на задней грани инструмента при элементарном стружкообразовании. Сб. статей "Прогрессивные технологические процессы в машиностроении". -Томск, 1997, с. 14-17.
6. Kozlov V.N, Gerasimov A.B, Kim A.B. Distribution of contact loads over the flank-land of the cutter with a rounded cutting edge (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016, vol. **124**) [012173].
7. Che-Haron, C.H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy. Journal of Materials Processing Technology, 118 (1-3) (2001) 231-237.