

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Maksim Surov, Anton Shiriaev, Leonid Freidovich, Sergei Gusev, Leonid Paramonov Case study in non-prehensile manipulation: planning and orbital stabilization of one-directional rollings for the “Butterfly” robot //Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation 2015
2. Oskar Rømyr Lund Case study research: the «Butterfly» robot

Ян Анькан (Китай),

Хэ Лин (Китай),

Козлов Виктор Николаевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич,
канд. техн. наук, доцент

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Для измерения технологических составляющих P_z и P_y силы резания токарным динамометром выполнялось прямоугольное свободное точение периферии диска из титанового сплава ВТЗ-1 неизношенным резцом с радиальной подачей s (мм/об), при этих условиях толщина резания $a = s$ (мм) [1, 2].

После расчёта физических составляющих N и F силы резания, действующих на передней поверхности были построены эпюры нормальных σ и касательных τ контактных напряжений на передней поверхности (рис. 1).

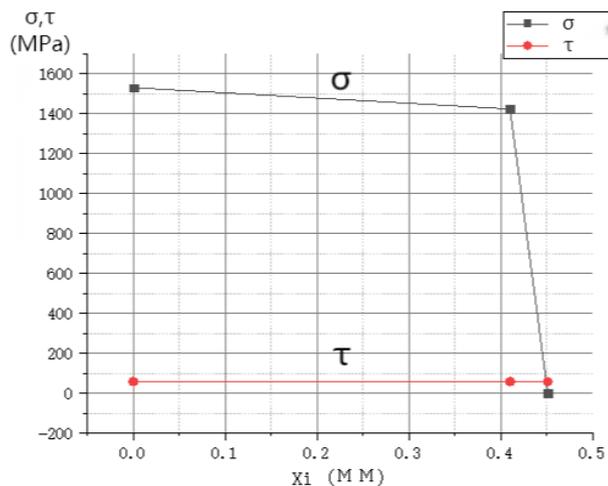


Рис. 1. Трапецидальный характер эпюры нормальных σ и равномерный характер касательных τ контактных напряжений на передней поверхности резца при $a = 0,41$ мм, $c = 1,1a$. ВТЗ-1-ВК8, $\alpha = 10^\circ$, $v = 1$ м/с, $b = 2,3$ мм
 $N = 1460$ Н, $F = 60$ Н, $\sigma_{max} = 1530$ МПа, $\tau_{max} = 57,6$ МПа.

Эти эпюры использовались для нагружения передней поверхности 3Д модели режущего клина при расчёте напряжённо-деформированного состояния (НДС) простого режущего клина при прямоугольном свободном течении периферии диска неизношенным резцом (рис. 2).

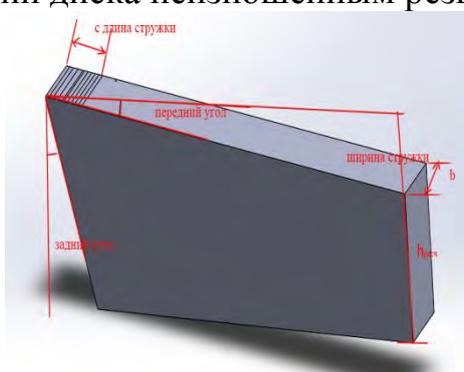


Рис. 2. Геометрические параметры режущего клина

Передний угол γ был равен нулю градусов, поэтому не требуется дополнительно пересчитывать контактные нагрузки вдоль осей OZ и OY .

Наибольшая величина нормальных контактных напряжений σ_{max} существенно зависит от характера эпюры нормальных контактных напряжений σ , длины контакта стружки с передней поверхностью c , но несущественно зависит от толщины среза a : например, при трапецидальном характере эпюры σ при увеличении толщины среза в 4 раза с 0,11 до 0,41 мм σ_{max} увеличивается всего в 1,1 раза: с 1391 до 1530 МПа.

После анализа полученных эпюр было принято, что на передней поверхности резца действуют нормальные контактные напряжения σ , имеющие трапецеидальный характер распределения, касательные контактные напряжения τ распределены равномерно, а длина контакта стружки $c = 1,1 \cdot a$.

Приложение эпюр контактных напряжений на передней поверхности 3Д модели режущего клина позволило рассчитать напряжения и деформации в режущем клине (рис. 3, 4) при разных толщинах среза.

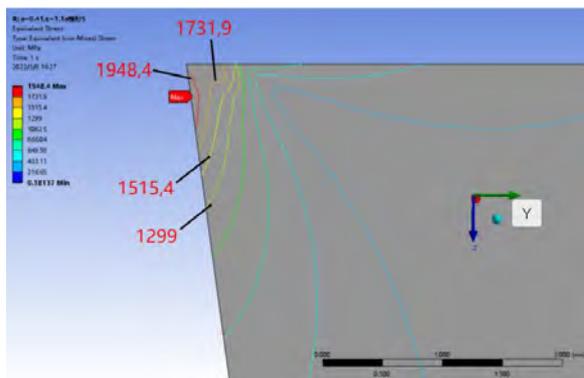


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений в режущем клине при прямоугольном резании диска. ВТЗ-1-ВК8, $\gamma=0^\circ$, $a=0,41$ мм, $c=1,1a$, $b=2,3$, трапецеидальный характер эпюры нормальных σ контактных напряжений, 5 участков

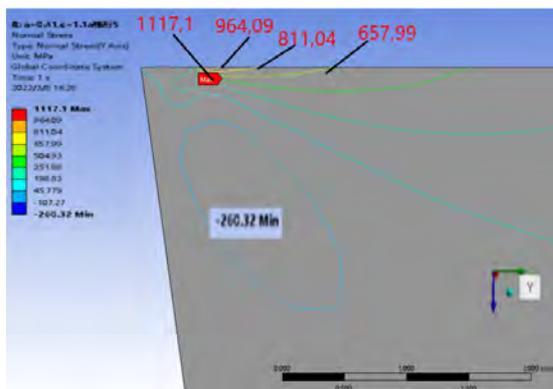


Рис. 4. Распределение нормальных внутренних напряжений σ_y (МПа) в направлении оси OY в режущем клине при прямоугольном резании диска. ВТЗ-1-ВК8, $\gamma=0^\circ$, $a=0,41$ мм, $c=1,1a$, $b=2,3$, трапецеидальный характер эпюры нормальных σ контактных напряжений, 5 участков

Сравнение результатов расчётов НДС режущего клина при разном количестве участков, на которые делится длина контакта стружки с передней поверхностью для задания внешней нагрузки на передней поверхности показало, что увеличение количества участков несущественно увеличивает напряжения и деформации в режущем клине. Поэтому было принято использовать длину участков $l_i=0,1$ мм.

Сравнение наибольших напряжений и деформаций в режущем клине, полученных при нагружении передней поверхности 3Д модели режущего клина эпюрами с разным характером эпюры σ и длиной контакта стружки показало, что они существенно зависят от характера эпюры нормальных контактных напряжений σ , длины контакта стружки с передней поверхностью c , но несущественно зависят от толщины среза a : например, при трапецеидальном характере эпюры σ при увеличении толщины

среза в 4 раза с 0,11 до 0,41 мм $\sigma_{\text{экв max}}$ увеличивается всего в 1,14 раза (рис. 5).

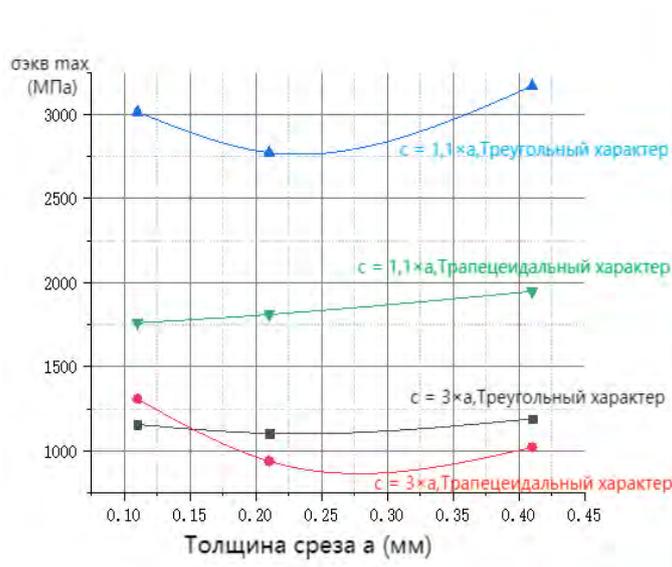


Рис. 5. Влияние толщины среза a (мм) на наибольшие эквивалентные напряжения при обработке титанового сплава. ВТЗ-1-ВК8, $v=120$ м/мин, $\gamma=0^\circ$, $b = 2,3$ мм, 5 участков на длине контакта стружки

Сравнение величины наибольших напряжений и деформаций режущего клина подтверждает правильность принятия трапецеидального характера эпюр σ и длины контакта стружки $c = 1,1 \cdot a$.

При отсутствии износа на задней поверхности инструмента нормальные внутренние напряжения по оси ОУ являются в основном растягивающими (знак +) и лишь в небольшой области внутри режущего клина сжимающими (знак -) (рис. 4).

Это говорит о большой вероятности появления скола режущего клина из-за существенной величины растягивающих напряжений 1117 МПа на границе контакта стружки с передней поверхностью, что может послужить началом появления микротрещины и её перерастанием в большую трещину.

После появления очень небольшого износа по задней поверхности инструмента $h_f = 0,053$ мм максимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв max}}$ увеличивается в 1,1 раза: с 1750 до 1948 МПа (рис. 6). Однако область растягивающих напряжений исчезает, появляются только напряжения сжатия, хотя и большой величины.

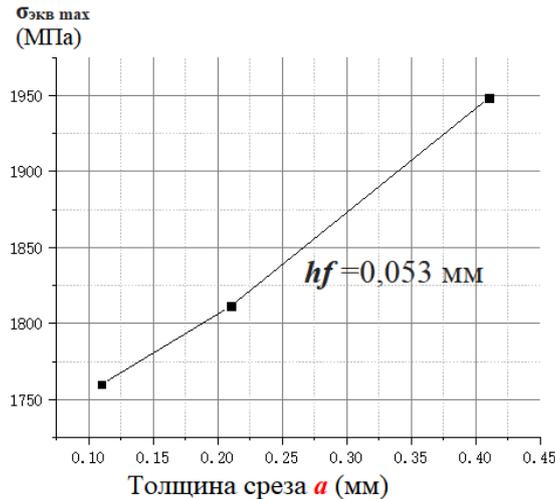


Рис. 6. Влияние толщины среза a (мм) на наибольшее эквивалентное напряжение в режущем клине при обработке титанового сплава резцом с небольшой фаской износа по задней поверхности $hf = 0,053$ мм. ВТЗ-1 - ВК8, $v = 120$ м/мин, $\gamma = 0^\circ$, трапецидальный характер эпюры σ

После появления более существенного износа по задней поверхности инструмента $hf = 0,2$ мм максимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{ЭКВ max}}$ увеличивается в 1,94 раза: с 1948 до 3773 МПа (рис. 7).

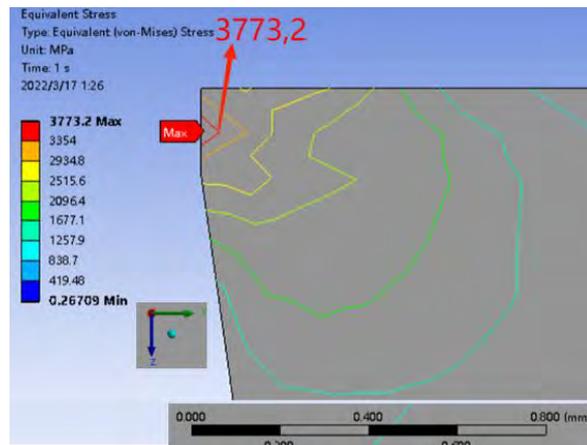


Рис. 7. Распределение эквивалентных напряжений в режущем клине при прямоугольном резании диска. ВТЗ-1-ВК8, $\gamma = 0^\circ$, $a = 0,41$ мм, $c = 1,1 \cdot a$, $b = 2,3$ мм, $hf = 0,2$ мм, трапецидальный характер эпюры σ

Уменьшение толщины среза a в 4 раза приводит к уменьшению величины наибольших эквивалентных напряжений в 1,4 раза (рис. 8).

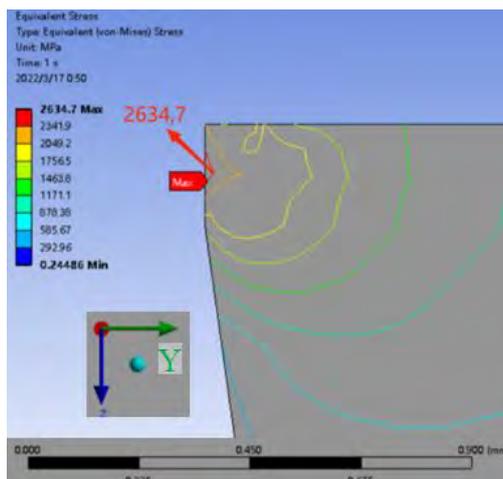


Рис. 8. Распределение эквивалентных напряжений в режущем клине при прямоугольном резании диска. ВТЗ-1 –ВК8, $\gamma=0^\circ$, $a=0,11$ мм, $b=2,3$ мм, $h_f=0,2$ мм.

Увеличение длины фаски износа на задней поверхности с 0,2 до 1,2 мм приводит сначала к небольшому уменьшению $\sigma_{\text{экв max}}$ (рис. 9), но затем его величина остаётся неизменной, что объясняет работоспособность режущих инструментов даже при большой величине износа по задней поверхности при обработке титановых сплавов.

Увеличение толщины среза a вызывает существенное увеличение $\sigma_{\text{экв max}}$ (рис. 9).

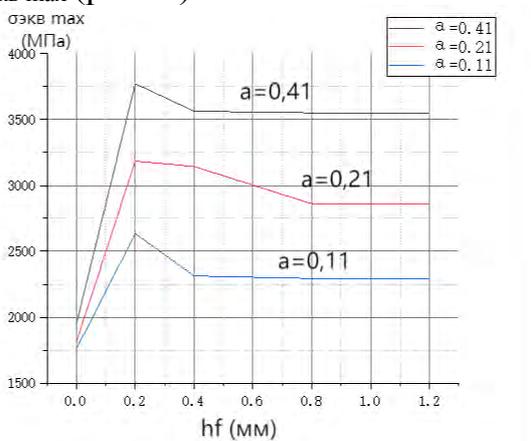


Рис. 9. Влияние длины фаски износа по задней поверхности h_f и толщины среза a на наибольшие эквивалентные напряжения $\sigma_{\text{экв max}}$ при обработке титанового сплава. (ВТЗ-1-ВК8, $v=120$ м/мин, $\gamma=0^\circ$)

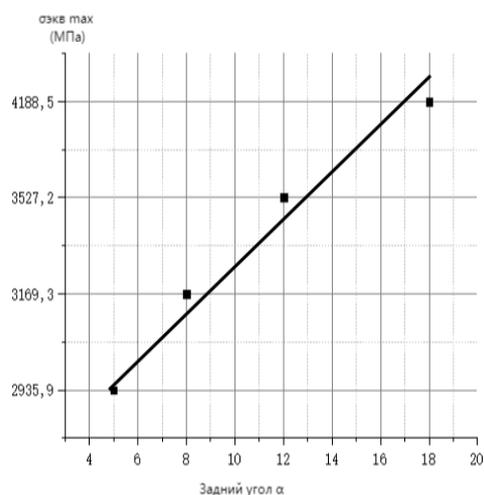


Рис. 10. Влияние величины заднего угла α ($^\circ$) на величину наибольшего эквивалентного напряжения при обработке титанового сплава. ВТЗ-1 - ВК8, $v=120$ м/мин, $\gamma=0^\circ$, $b=2,3$ мм, $a=0,41$ мм, $c=1,1 \times a$, **треугольный характер эюры σ**

Увеличение заднего угла α с 5 до 18° приводит к увеличению $\sigma_{\text{экв max}}$ в 1,5 раза (рис. 9). Однако использование режущих инструментов задним углом менее 8 градусов приводит к более интенсивному увеличению фаски износа по задней поверхности, поэтому оптимальный задний угол при обработке титановых сплавов рекомендуется 8°.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента/Полетика М.Ф. – Москва: Машиностроение, 1969. – 148 с.
2. 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.

Ян Анькан (Китай),

Хэ Лин (Китай),

Козлов Виктор Николаевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич,
канд. техн. наук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Для изучения распределения контактных напряжений на передней поверхности резца применялось прямоугольное свободное точение периферии диска из титанового сплава ВТ3-1 резцом с радиальной подачей s (мм/об), т.е. толщина среза $a = s$ (мм). При малом уширении стружки ширина контакта стружки с передней поверхностью b принималась равной ширине диска b_d , тем более, что даже при незначительном уширении стружки основная контактная нагрузка приходится на основную часть стружки [1, 2].