

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Струнные ПИД-системы // URL: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/135396298> (дата обращения 11.03.2023).
2. Юань Церуй, Исследование алгоритма управления двухколесным самобалансирующимся роботом [D]. Магистр инженерных наук, Харбинский технологический институт. Диссертация, 2006.
3. Лю Пао, Тан Ваньшэн, Современная теория управления. 3 издания [M]. Издательство механической промышленности, 2006.
4. ПИД-алгоритмы - от одноступенчатых ПИД-регуляторов до адаптивных ПИД-регуляторов с одним нейроном. // URL: <https://www.cnblogs.com/ren-jiong/p/15136615.html> (дата обращения 20.03.2023).
5. Интеллектуальные роботы RoboPro // URL: <https://cn.osepp.com/> (дата обращения 11.03.2023).

Шэ Лу (Китай), Чжан Цинжун (Китай),
Козлов Виктор Николаевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ФРЕЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

При фрезеровании заготовки концевой фрезой возникают сравнительно небольшие силы резания, но в связи малой жёсткостью концевых фрез диаметром менее 14 мм повышается вероятность их поломки. Для оценки прочности фрез необходимо выполнить расчёт внутренних напряжений как всей фрезы, так и отдельно режущего клина зуба.

Для этого необходимо знать распределение контактных напряжений на передней поверхности зуба, а также на фаске износа по задней поверхности, примыкающей к главной режущей кромки, а также на поверхности фаски износа по уголкам, которая неизбежно образуется при износе фрезы (рис. 1).



Рис. 1. Износ фрезы по задней поверхности примыкающей к главной режущей кромке и по уголкам.

Исследовать распределение контактных напряжений на передней поверхности зуба неизношенной фрезы очень сложно в связи со сложной формой передней поверхности и вращением фрезы, поэтому можно принять, что распределение контактных напряжений на передней поверхности зуба такое же, что и на передней поверхности токарного резца с одинаковым передним углом и углом наклона главной режущей кромки λ . Влияние угла наклона винтовой канавки ω сопоставимо с углом наклона режущей кромки токарного резца $\lambda \approx \omega$ при брющем точении (рис. 2).

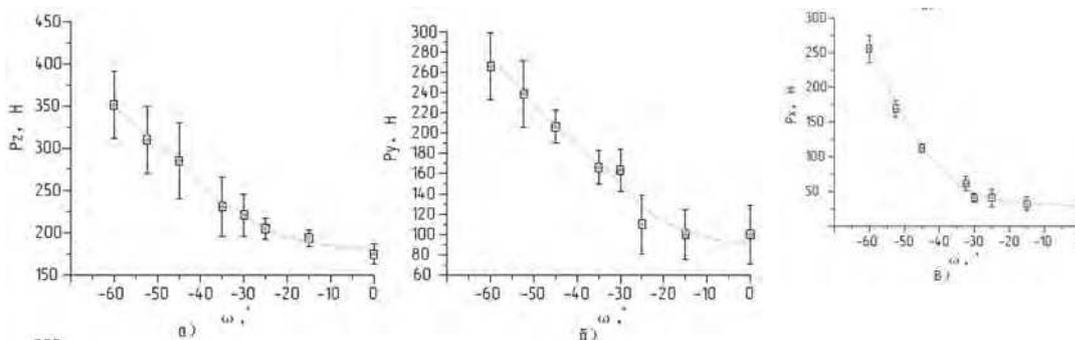


Рис. 2. Зависимости изменения составляющих силы резания при брющем точении от угла наклона лезвия $\lambda \approx \omega$: а) P_z , б) P_y , в) P_x [1]

При этом необходимо рассчитать толщину среза при фрезеровании а, и взять распределение контактных напряжений при такой же толщине среза при токарной обработке или рассчитать эпюры самостоятельно [2, 3, 4, 5]. Как правило, наибольшая нагрузка действует на фрезу перед выходом зуба из контакта с заготовкой при встречном фрезеровании, и при врезании зуба в случае реализации схемы попутного фрезерования [2, 3].

После получения этих данных необходимо создать 3Д модель фрезы (рис. 3), указать физико-механические свойства её материала, наложить связи закрепления фрезы, приложить внешние нагрузки в виде эпюр контактных напряжений.

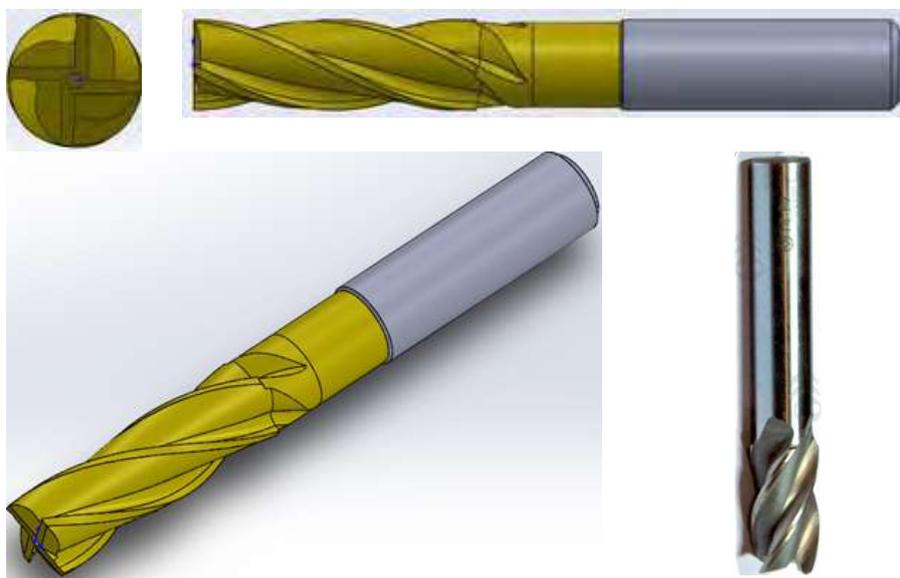


Рис. 3. 3Д модель четырёхзубой цельной концевой фрезы без износа, $\text{Ø}16$ мм, передний угол $\gamma = 10^\circ$, угол подъёма винтовой канавки фрезы $\omega = 40^\circ$, фотографии быстрорежущей и твёрдосплавной фрезы соответственно

Для определения длины контакта режущей кромки зуба фрезы с заготовкой $l_{\text{конт}}$ при $B=8$ мм, $t=1$ мм, $d=16$ мм, $\omega=40^\circ$ рассчитывается угол сектора $\alpha_{\text{сект}} = 30^\circ$ (рис. 4).

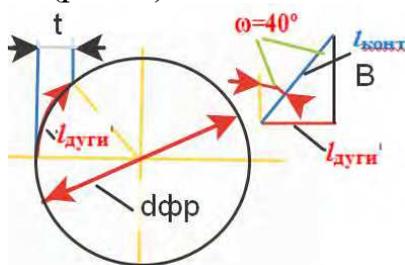


Рис. 4. Расчёт длины дуги сектора $l_{\text{дуги}}$ и длины контакта гл. режущей кромки фрезы с заготовкой $l_{\text{конт}}$

При $t=1$ мм и $d=16$ мм рассчитываем длину дуги сектора $l_{\text{дуги}} = \pi \cdot R \cdot \alpha_{\text{сект}} / 180 = 3,14 \cdot 8 \cdot 30^\circ / 180^\circ = 4,19$ мм;

Рассчитывается длину контакта режущей кромки фрезы:

$l_{\text{конт}} = l_{\text{дуги}} / \cos \omega = 4,19 / \cos 40^\circ = 5,47$ мм.

Рассчитываются нормальная N и касательная F силы на передней поверхности фрезы, если P_{xy} п.п. = 492 Н,

P_z п.п. = 300 Н, длина контакта стружки с передней поверхностью $s = 0,052$ мм, $l_{\text{конт}} = 5,47$ мм из схемы действия сил на передней поверхности (рис.5).

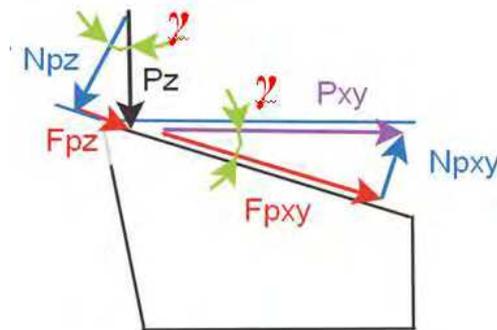


Рис. 5. Схема действия составляющих силы резания на передней поверхности в главной секущей плоскости

$$N = NP_z - NP_{xy} = P_z \times \cos \gamma - P_{xy} \times \sin \gamma = \\ = 300 \times \cos 7 - 492 \times \sin 7 = 238 \text{ Н.}$$

$$F = FP_{xy} + FP_z = P_{xy} \times \cos \gamma + P_z \times \sin \gamma = \\ = 492 \times \cos 7 + 300 \times \sin 7 = 525 \text{ Н.}$$

Рассчитываются удельные нормальная q_N и касательная q_F силы на передней поверхности фрезы:

$$q_N = N / (l \cdot s) = 238 / (5,47 \cdot 0,052) = 820 \text{ Н/мм}^2$$

$$q_F = F / (l \cdot s) = 525 / (5,47 \cdot 0,052) = 1816 \text{ Н/мм}^2$$

Средний условный коэффициент трения на передней поверхности зуба фрезы $\mu_p = q_F / q_N = 1816 / 820 = 2,21$.

Рассчитывается средние удельные нормальную q_{Nh} и касательную q_{Fh} сила на фаске износа по задней поверхности фрезы ($F_h = P_z$, $h = 490$ Н; $N_h = P_{xy} h = 1059$ Н; $l_{\text{конт}} = 5,47$ мм; $h_z = 0,62$ мм):

$$q_{Fh} = q_F (P_z h) = P_z h / (l_{\text{конт}} \cdot h_z) = 490 / (5,47 \cdot 0,62) = 144 \text{ Н/мм}^2;$$

$$q_{Nh} = q_N (P_{xy} h) = P_{xy} h / (l_{\text{конт}} \cdot h_z) = 1059 / (5,47 \cdot 0,62) = 312 \text{ Н/мм}^2.$$

Средний условный коэффициент трения на фаске износа по задней поверхности фрезы $\mu_h = q_{Fh} / q_{Nh} = 144 / 312 = 0,46$.

Внешние нагрузки прикладываются на переднюю и на фаску износа задней поверхности фрезы, рассчитываются внутренние напряжения в режущем клине зуба фрезы (рис. 6).

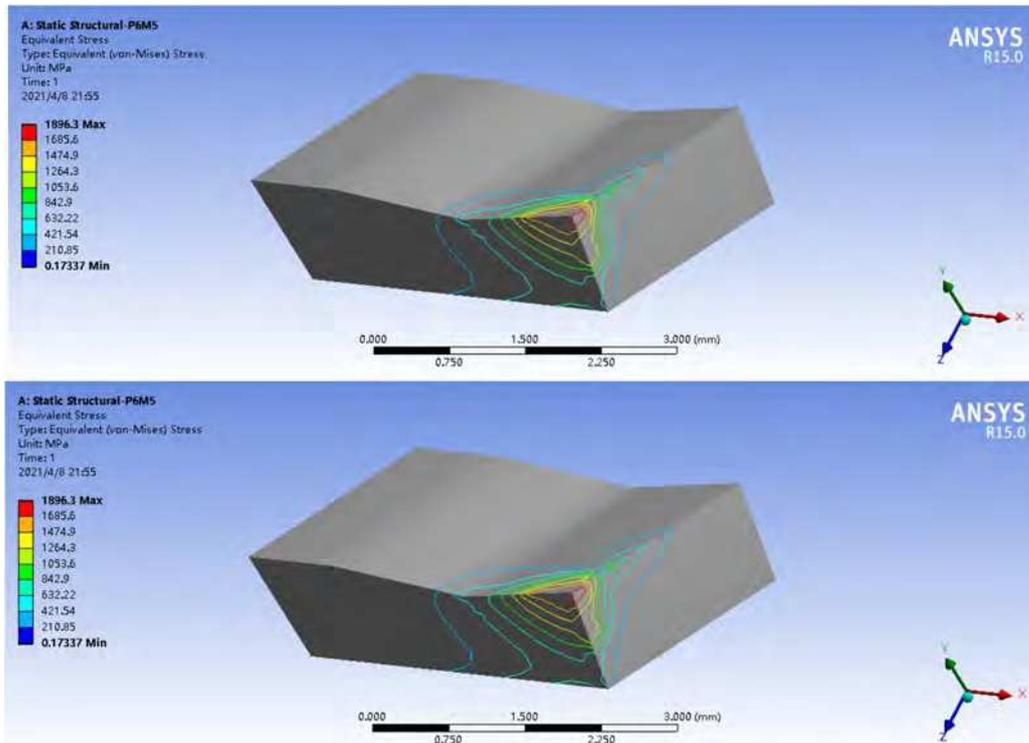


Рис.6. Распределение эквивалентных напряжений в режущем клине зуба концевой фрезы. Сталь 40Х – Р6М5, $\gamma = 10^\circ$, $\omega = 40^\circ$, $a = 0,09$ мм, $c = 0,7$ мм; $\sigma_{\text{экв max}} = 1896,3$ МПа

Расчёт эквивалентных напряжений режущего клина зуба фрезы показал, что при длине фаски износа по задней поверхности возникают существенные напряжения ($\sigma_{\text{экв max}} = 1896,3$ МПа), которые приближаются к предельно допустимым и могут стать причиной скола режущей части зуба фрезы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппов А.В. Повышение точности обработки нежестких валов путём оптимизации параметров брешущего течения, 2015. С. 152-153. https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=55131a0fada758676358e307b35498f8&site=xueshu_se.
2. Развитие науки о резании металлов /В.Ф. Бобров, Г.И. Грановский, Н.Н. Зорев и др. – Москва: Машиностроение, 1967. – 416 с.
3. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента/Полетика М.Ф. – Москва: Машиностроение, 1969. – 148 с.

4. 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.
5. Чэнь Юэчжоу. Расчёт эпюр контактных напряжений при обработке стали / Чэнь Юэчжоу, Чжан Цзяюй, В. Н. Козлов; науч. рук. В. Н. Козлов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 22-24 апреля 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ , 2020 . - с. 243-250.

Юсеф Фарах (Сирия)

Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН», г. Москва

Научный руководитель: Сосенушкин Сергей Евгеньевич,
канд. техн. наук, доцент

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОЙ ЭМУЛЯЦИИ ИНТЕРФЕЙСА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ ПРОТОКОЛОВ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Введение

Интеграция данных и интероперабельность стандартов беспроводных сенсорных сетей (БСС) является одним из наиболее важных научных исследований в области индустрии 4.0. Анализ научных разработок и существующих решений совместимости протоколов беспроводных сенсорных сетей показывает, что готовых и открытых стандартов, способных гарантировать совместимость компонентов с разными протоколами, не существует, т.е. необходимо разработать интерфейс для обеспечения связи между двумя или более различными протоколами [3]. В качестве решения вопроса совместимости были предложены две методики унификации форматов кадров данных (универсальная методика и методика «посредник») на канальном