

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ КОНЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ КРУГЛЫМИ РЕЖУЩИМИ ПЛАСТИНАМИ

Дин Ц.¹, Козлов В.Н.², Семёнов А.Р.³

¹ НИ ТПУ, ИШНПТ, гр. А4-47,

e-mail: czezhu1@tpu.ru;

² НИ ТПУ, ИШНПТ, доцент ОМШ,

e-mail: kozlov-viktor@bk.ru;

³ Томский государственный университет, младший научный сотрудник

лаборатории нанотехнологий металлургии,

e-mail: artems2102@yandex.ru

Фрезы с механическим креплением круглых сменных многогранных пластин (СМП) широко применяются для обработки труднообрабатываемых материалов (рис. 1, а). Расчёт на прочность таких пластин выполняется приложением контактных напряжений, действующих на передней поверхности неизношенных СМП, на их 3-D модель (рис. 1, б). Определение распределения контактных напряжений на зубе фрезы является сложной задачей, поэтому предлагается прикладывать эпюры, которые были получены при точении [1, 2].

Для этого часть криволинейной режущей кромки разделяется на несколько секторов, внутри каждого из которых прикладываются эпюры, соответствующие толщине среза a_i в середине рассматриваемого сектора (рис. 1, в). Условия обработки стали 40Х13: диаметр фрезы $d_{фр} = 40$ мм, диаметр круглой СМП $d_{смп} = 12$ мм, глубина фрезерования $t = 0,2$ мм, ширина фрезерования $B = 1$ мм.

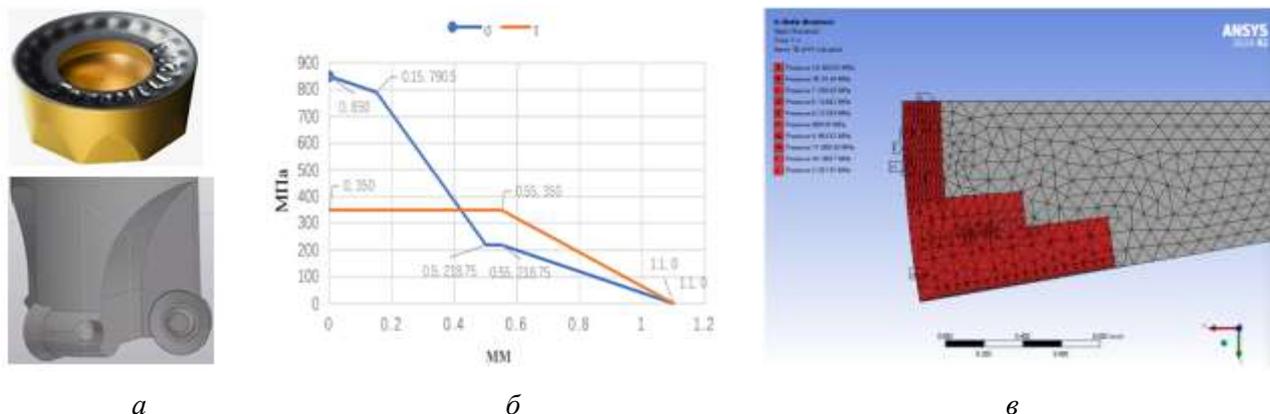


Рис. 1. Фреза с механическим креплением круглых СМП (а); эпюры нормальных σ и касательных контактных напряжений в главной секущей плоскости в середине i -го сектора (б); приложение контактных напряжений на секторах передней поверхности круглой СМП при обработке стали (в)

Распределение эквивалентных напряжений в круглой СМП при выходе СМП из контакта с заготовкой при встречном фрезеровании представлено на рис. 2. Зона с наибольшей величиной эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв max}} = 1190$ МПа находится на главной режущей кромке вблизи контакта с обрабатываемой поверхностью. Её окружает зона с немного меньшими напряжениями $\sigma_{\text{экв}} = 1058\text{--}952$ МПа, что говорит о существенном объёме СМП (около 0,25 мм) с достаточно большими напряжениями, что говорит о вероятности выкрашивания режущей кромки в этой области.

Расчёт относительной деформации СМП позволяет определить режимы фрезерования, при которых не будет происходить отслаивание износостойкого покрытия, для которых критическим значением является не напряжение в основном материале режущего инструмента, а деформации поверхностного слоя [3, 4, 5].

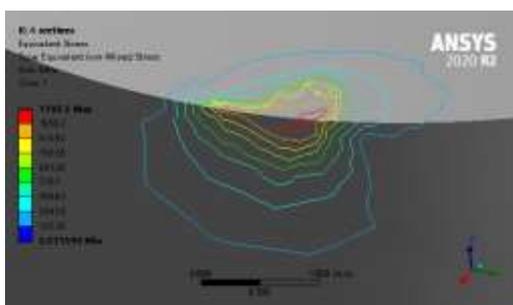


Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ (МПа) в круглой СМП при фрезеровании стали 40X13 с подачей $s_z = 0,0174$ мм/зуб

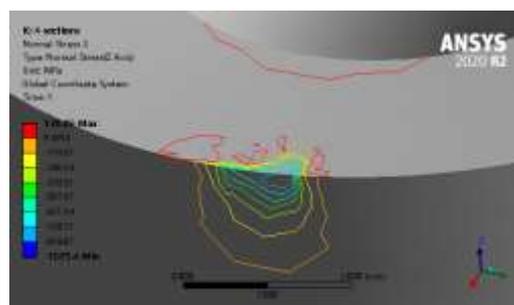


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений в направлении оси Z σ_z (МПа), $s_z = 0,0174$ мм/зуб.

На расстоянии 0,8 мм от режущей кромки эквивалентные напряжения существенно уменьшаются до 132 МПа, причём уменьшение идёт интенсивнее по передней поверхности.

Это предопределяет более интенсивный износ круглой СМП по задней поверхности с образованием фаски износа по задней поверхности.

Среди нормальных напряжений наибольшую величину имеет напряжение в направлении оси OZ ($\sigma_{z \max} = -1025$ МПа), которая перпендикулярна передней поверхности и совпадает с направлением скорости резания v (м/мин).

В области режущей кромки действуют сжимающие напряжения (нормальные контактные напряжения были направлены против оси OZ), но от неё начинается область небольших растягивающих напряжений до 138 МПа, что говорит о достаточном запасе прочности на растяжение у твёрдого сплава, из которого сделана СМП, при небольшой подаче $s_z = 0,0174$ мм/зуб.

Полученные данные расчёта НДС с использованием программы ANSYS позволяют выбрать режимы фрезерования для обеспечения наибольшей производительности обработки при сохранении надёжности работы режущего инструмента.

Список литературы

1. Козлов В.Н., Бабаев А.С., Семёнов А.Р. Методы исследования процесса стружкообразования при обработке конструкционных сталей / В.Н. Козлов, А.С. Бабаев, А.Р. Семёнов // Современные проблемы машиностроения: сборник статей XVI Международной научно-технической конференции, г. Томск, 27 ноября – 1 декабря 2023 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) – Томск, 2024. – С. 217–222. – URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/77437>.
2. Kozlov V.N., Babaev A.S., Shults N.A. [et al.] Study of a Methodology for Calculating Contact Stresses during Blade Processing of Structural Steel / V.N. Kozlov, A.S. Babaev, N.A. Shults [et al.] // Metals. – 2023. – Vol. 13, Iss. 12. – Article number 2009, 16 p. – URL: <https://doi.org/10.3390/met13122009>.
2. Generalized modelling of cutting tool geometries for unified process simulation / Z.M. Kilic, Y. Altintas // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 2016. – Vol. 104 – P. 14–25. – DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2016.01.007.
3. Real-time determination of cutting force coefficients without cutting geometry restriction / B. Tukora, T. Szalay // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 2011. – Vol. 51 – No. 12. – P. 871–879. – DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2011.08.003.
4. Unified cutting force model for turning, boring, drilling and milling operations / M. Kaymakci, Z.M. Kilic, Y. Altintas // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 2012. – Vol. 54–55. – P. 34–45. – DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2011.12.008.
5. Effects of cutting edge radius on cutting force, tool wear, and life in milling of SUS-316L steel / D. Lv, Y. Wang, X. Yu // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2020. – Vol. 111. – P. 2833–2844. – DOI: 10.1007/s00170-020-06286-7.