

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОФИЛЬНЫХ ПАЗОВ ПРИ ПОМОЩИ САПР АРМ WINMACHINE

Кавелина М. Ю., Будков В.В.¹ (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Обработка профильных (Т-образных, типа «ласточкин хвост», угловых) пазов является технологически весьма сложной операцией, поскольку процесс резания сопровождается циркуляцией отделенной стружки с дальнейшим повторным взаимодействием зубьев фрезы со стружкой. Так как отделенная стружка имеет высокую твердость, это обуславливает рост силовой нагруженности режущего инструмента и интенсивный износ зубьев фрезы [1...3] с последующим снижением стойкости и поломкой режущего инструмента.

В то же время, одним из основных направлений совершенствования современного машиностроительного производства является интенсификация процессов механической обработки. Применительно к обработке профильных пазов интенсификация достигается путем повышения режимов резания. Таким образом, повышение производительности обработки профильных пазов путем повышения режимов резания в силу указанных причин лимитируется прочностью режущего инструмента. Поэтому назначение режимов резания, наряду с учетом других факторов, должно сопровождаться оценкой прочности режущего инструмента.

Однако, в результате выполненного анализа литературных источников [4...6 и др.], не установлено методик для оценки прочности фрез при обработке профильных пазов.

Это определяет актуальность разработки такой методики, основанной на использовании современных методов и инструментария.

Разработанная методика включает четыре основных этапа:

- анализ и корректное определение действующих нагрузок;
- разработка расчетных схем, установление характера действующих напряжений, установление потребных методов расчета и т.д.;
- анализ и выбор методов и средств расчетов запасов прочности режущего инструмента;
- определение действующих напряжений и характера их распределения.

На основании разработанной методики выполнена оценка прочности Т-образных профильных фрез.

Анализ и корректное определение действующих нагрузок. Основной

¹ Под руководством доц. Гнитько А. Н.

действующей нагрузкой, определяющей прочность режущего инструмента, при фрезеровании Т-образного паза, является сила резания, формирующаяся на зубьях фрезы.

В результате выполненного анализа литературных источников [4...6 и др.] не установлены рекомендации и методики для определения сил резания применительно к фрезерованию профильных пазов Т-образными фрезами. Поэтому, в настоящей работе определение сил резания выполнялось экспериментально [7].

На рис. 1 представлена схематизация составляющих силы резания при

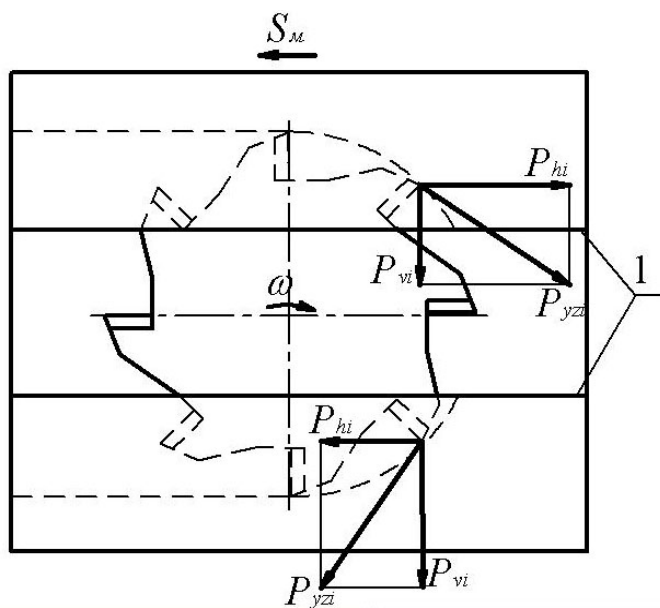


Рис. 1. Схема измерения составляющих сил резания

обработке профильной Т-образной фрезой, из которой следует, что горизонтальные составляющие P_{hi} силы резания на зубьях фрезы, находящиеся по разные стороны от предварительно обработанного прямоугольного паза (поз. 1), направлены противоположно. Поэтому значение результирующего

вектора $\sum_{i=1}^n P_{hi}$ (n – количество зубьев фрезы, находящиеся одновременно в обработке) определяется их разностью, а

измерение величины $\sum_{i=1}^n P_{hi}$ не позволяет судить об истинных мгновенных значениях составляющих P_{hi} .

Вертикальные же составляющие P_{vi} силы резания на зубьях фрезы, находящиеся по разные стороны от предварительно обработанного прямоугольного паза, направлены одинаково. Поэтому значение результирующего вектора $\sum_{i=1}^n P_{vi}$ определяется их суммой, а измерение

величины $\sum_{i=1}^n P_{vi}$ позволяет судить об истинных мгновенных значениях составляющих P_{vi} .

Исходя из приведенного, в качестве измеряемой величины выбрана

суммарная составляющая $\sum_{i=1}^n P_{vi}$ силы резания от зубьев, непосредственно находящихся в зоне резания.

Разработка расчетных схем. Для анализа прочности Т-образных фрез выделены три основные группы существующих конструкций:

- со сплошным сечением фрезы (без подачи смазочно-охлаждающего технологического средства СОТС или с подачей СОТС поливом по каналам внешнего сопла (рис. 2а));

- с сечением фрезы, имеющим осевой канал (с подачей СОТС по каналу в теле фрезы (рис. 2б));

- с сечением фрезы, имеющим осевой и радиальные каналы (с подачей СОТС по каналам в теле фрезы (рис. 2в)).

Выполненный анализ конструкций и сил, формирующихся при фрезеровании Т-образных пазов, а также опыт эксплуатации фрез показал, что потенциально опасными являются:

- сечение хвостовика в месте закрепления в станочной оправке (сплошное сечение А-А, рис. 2а и сечение Б-Б с осевым отверстием для подачи СОТС, рис. 2б);

- сечение В-В у ножек зубьев фрезы (рис. 2в);

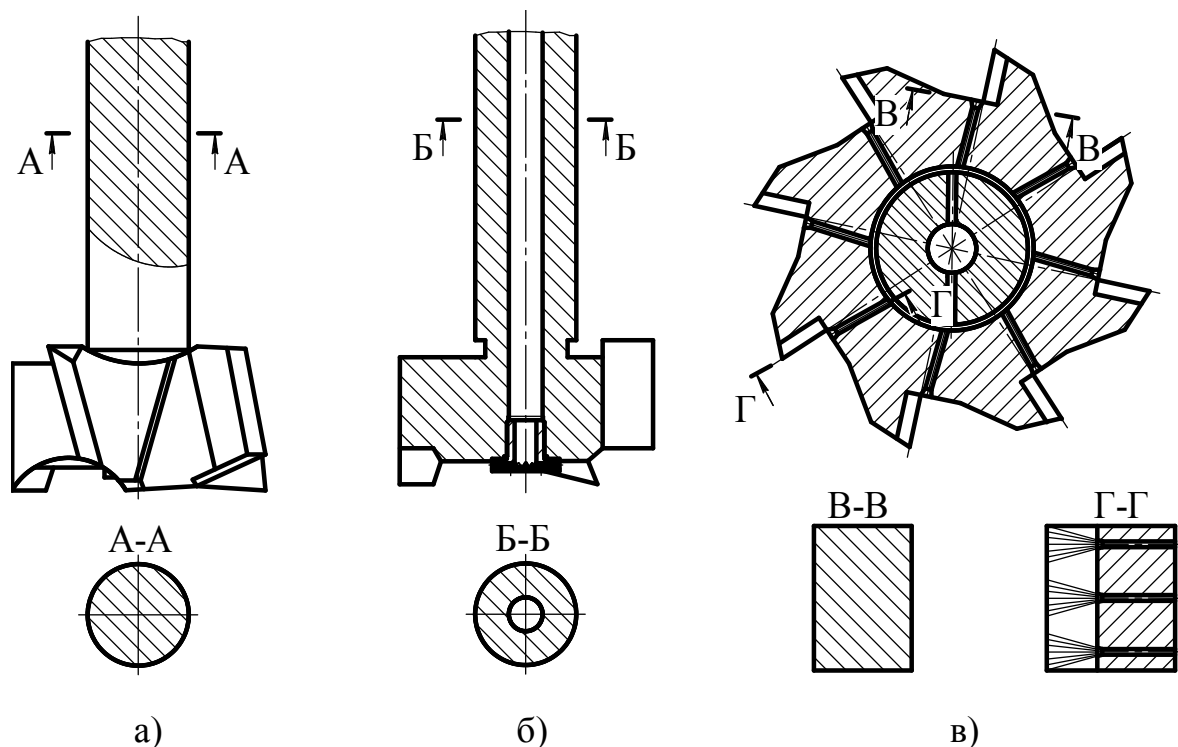


Рис. 2. Режущий инструмент: а) со сплошным сечением; б) с подачей СОТС по осевому каналу в теле фрезы (Патент Украины № 71320); в) с подачей СОТС по осевому и радиальным каналам в теле фрезы (Патент Украины № 68794)

- сечение Г-Г радиальных каналов для подачи СОТС (рис. 2в).

Анализ и выбор методов и средств расчетов и определение действующих напряжений.

На основании выполненного анализа конструкций Т-образных фрез выполнена оценка прочности фрезы на основе компьютерного моделирования с использованием конечно-элементного анализа в среде АПМ WinMachine (в модуле Studio).

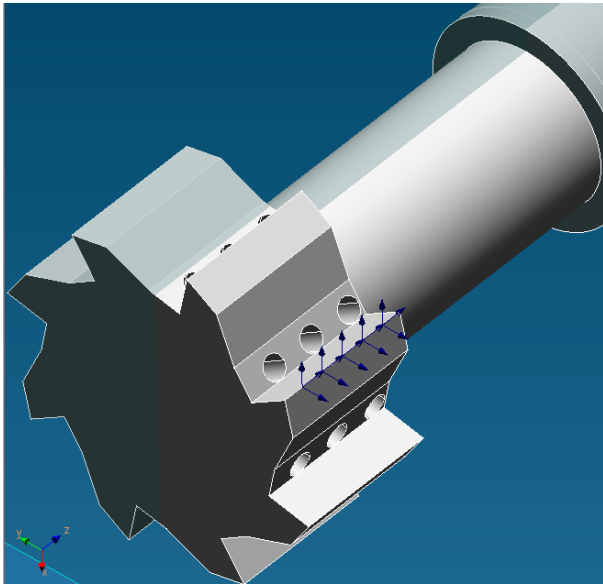


Рис. 3. 3D-модель Т-образной фрезы с осевыми и радиальными каналами для подачи СОТС

На первом этапе с использованием конечно-элементного анализа создана 3D-модель фрезы со сплошным сечением, а также с осевыми и радиальными каналами для подачи СОТС (рис. 3).

На втором этапе в модуле Studio к зубу фрезы приложены силы, возникающие при резании (рис. 3).

На третьем этапе в модуле Studio выполнено разбиение моделей на конечно-элементную сетку.

На четвертом этапе в модуле Studio выполнялся расчет принятых моделей.

На основании анализа полученных результатов расчета установлено:

- наибольшие эквивалентные напряжения имеют место в зоне галтельного перехода от шейки фрезы к ее хвостовику, который в этом случае является концентратором напряжений (рис. 4);

- для фрезы сплошного сечения (рис. 4а) значение действующих эквивалентных напряжений в указанной зоне составляет $\sigma_9 = 380 \text{ МПа}$ (коэффициент запаса прочности равен 3);

- для сечения с осевыми и радиальными отверстиями для подачи СОТС (рис. 4б) значение действующих эквивалентных напряжений в этой же зоне составляет $\sigma_9 = 395 \text{ МПа}$ (коэффициент запаса прочности равен 2,9).

Полученные результаты оценки прочности Т-образных фрез показали, что наличие осевого и радиальных каналов в теле фрезы незначительно (не более чем на 4 %) снижает значение коэффициента запаса прочности и повышает значение эквивалентных напряжений.

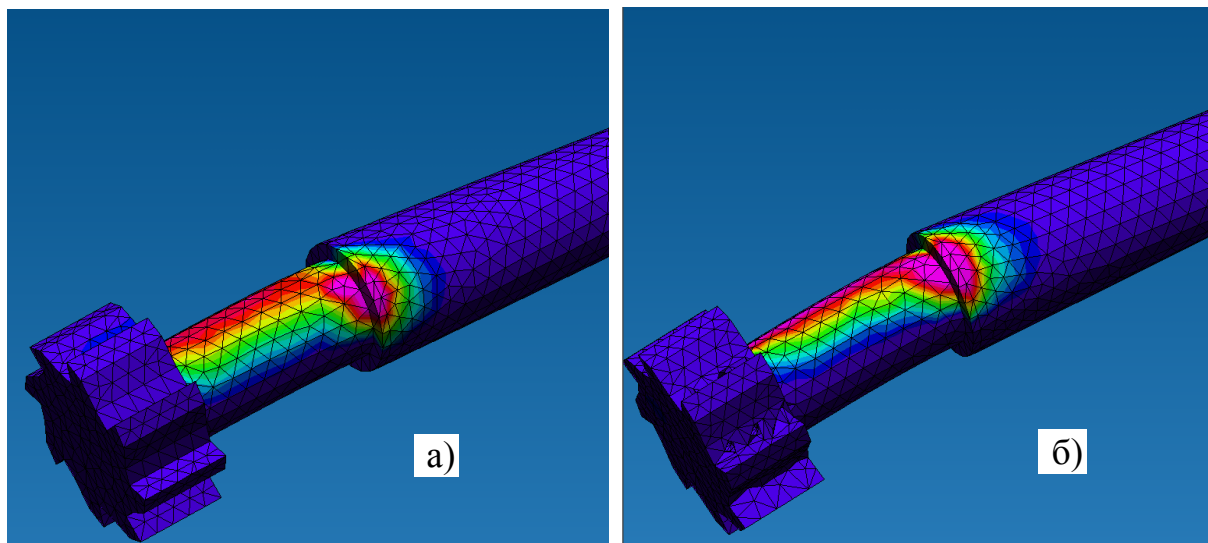


Рис. 4. Распределение коэффициента запаса прочности фрезы: а) со сплошным сечением; б) с осевым отверстием для подачи СОТС

Выводы. Совершенствование конструкций Т-образных фрез за счет изготовления осевого и радиальных отверстий в теле инструмента для подачи СОТС не снижает его прочность. Это позволяет рассматривать фрезы такой конструкции перспективными для повышения производительности обработки профильных пазов.

Список литературы: 1. Нечепаяев В.Г. Методика проведения экспериментальных исследований фрезерования закрытых профильных пазов / В.Г. Нечепаяев, А.Н. Гнисько // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство / Донец. нац. техн. унів. – Донецьк, 2006. – Вип. 110. – С. 33-41. 2. Нечепаяев В.Г. Экспериментальное подтверждение адекватности моделей функционирования устройств удаления стружки из закрытых профильных пазов / В.Г. Нечепаяев, А.Н. Гнисько // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научн.-техн. сборник / НТУ «ХПИ». – Харьков, 2006. – Вып. 70. – С. 332-343. 3. Нечепаяев В.Г. Повышение эффективности фрезерования закрытых профильных пазов за счет принудительного удаления стружки / В.Г. Нечепаяев, А.Н. Гнисько // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научн.-техн. сборник / НТУ «ХПИ». – Харьков, 2007. – Вып. 73. – С. 210-214. 4. Семенченко И.И. Проектирование металлорежущих инструментов / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. – М: Машгиз, 1962. – 952 с. 5. Вульф А.М. Резание металлов / А.М. Вульф. – М: Машгиз, 1962. – 527 с. 6. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты: учебник для вузов / П.Р. Родин. – 3-е изд., перераб. и доп. –

К.: Вища школа, Головное изд.- во, 1986. – 455 с. 7. Нечпаев В.Г. Результаты экспериментальных исследований фрезерования профильных пазов / В.Г. Нечпаев, А.Н. Гнитько // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: Збірник наукових праць. – Краматорськ-Київ, Донбас. держ. машинобуд. акад., 2006. – Вип. 20. – С. 54-62.