

УДК 621.91.01

Анализ способа разделения припуска при резьбофрезеровании

Нещадин Сергей Владимирович serg8122000@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрен метод разделения припуска при резьбофрезеровании, заключающийся в распределении боковых сторон срезаемого слоя на разные зубья резьбовой фрезы, смоделирован процесс генерации резьбового профиля при использовании такой схемы. Проведено исследование процесса резания с предложенной схемой разделения припуска в сравнении со стандартным процессом резания путем моделирования резьбофрезерования в виде бокового фрезерования плоскости под углом, равным углу наклона винтовой линии резьбы. Проведенные экспериментальные исследования показывают, что при использовании предложенной схемы сила резания может быть уменьшена на 29,8 %.

Ключевые слова: резьбофрезерование, разделение припуска, срезаемый слой, моделирование фрезерования на плоскости

Analysis of the method of allowance separation during thread milling

Neschadim Sergey Vladimirovich serg8122000@yandex.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. This paper considers the method of allowance separation in thread milling, which consists in distributing the sides of the cut layer on different teeth of a thread mill cutter, and simulates the process of thread profile generation when using such a scheme. The research of the cutting process with the proposed scheme of allowance separation in comparison with the standard cutting process by modeling of thread milling in the form of side milling at an angle of inclination of the thread helix has been carried out. Experimental studies show that using the proposed scheme the cutting force can be reduced up to 29.8 %.

Keywords: thread milling, allowance separation, cut layer, thread mill cutter, flat milling modeling

Введение. Фрезерование резьбы является одним из самых распространенных способов получения резьбовых поверхностей, потому задача по оптимизации и улучшению данного процесса является в настоящее время актуальной задачей [1]. Одной из проблемных областей резьбофрезерования является процесс получения резьбы в деталях из труднообрабатываемых материалов, что вызвано повышенными величинами силы резания, приводящими к интенсивному износу инструмента, неудовлетворительным качеством и точности получаемых поверхностей, а также повышенной вероятности выхода инструмента из строя [2]. Одним из распространенных методов по улучшению процесса резания и уменьшению возникающей силы является разделение припуска.

Материалы и методы. На основе патентного анализа, проведенного в [3], было принято решение провести исследование работоспособности схемы срезания припуска, описанной в патенте JP H0270928U, при которой трехсторонний контакт резбообразующего профиля инструмента и заготовки заменяется двухсторонним за счет смещения части профилей вдоль оси вращения инструмента, как показано на рис. 1, где: a_{ϕ} — исходная ширина вершины резбообразующего профиля; $a_{\phi \text{ шах}}$ — ширина вершины при шахматной схеме; Δ — величина смещения резбообразующих профилей друг относительно друга.

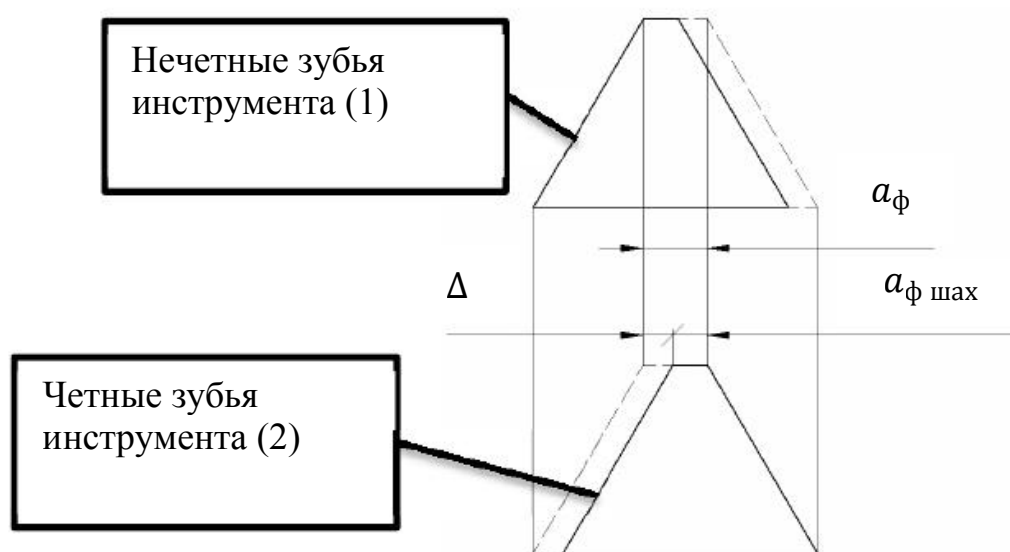


Рис. 1. Схема шахматного расположения профилей

При такой схеме увеличивается толщина боковой части срезаемого слоя, что должно улучшить процесс стружкообразования, так как согласно [4] уменьшается удельная сила резания. Для проведения эксперимента с большим числом варьируемых параметров было принято решение смоделировать процесс получения резьбы путем фрезерования паза с профилем метрической резьбы под углом наклона винтовой линии резьбы M45x3, что ранее применялось для эффективного моделирования процесса резбофрезерования в работах [5, 6].

Целью эксперимента являлось сравнение силы резания, возникающей при фрезеровании паза профиля метрической резьбы при стандартной и шахматной схемами срезаемого припуска.

Эксперимент проводился на вертикально-фрезерном обрабатывающем центре LK MACHINERY VM-2, оборудование для измерения силы резания: Трехкомпонентный динамометр для измерения силы резания Kistler 9257B. В качестве заготовки была выбрана пластина из полиоксиметилен сополимера POM-C. Экспериментальная установка представлена на рис. 2.

В качестве инструмента использовалась двузубая сборная резьбовая фреза с торцевым креплением пластин Sandvik CoroMill 328-039B25-13M с пла-

стинами Sandvik CoroMill 328R13-150 VM-TH 1025. Торцевое крепление пластин позволяет использовать фольгу в качестве прокладки между пластиной и базовой поверхностью корпуса фрезы для создания и варьирования описанного смещения резьбообразующих профилей (Δ).



Рис. 2. Экспериментальная установка

Постоянным параметром была скорость резания, равная $v = 50$ м/мин. Варьируемыми параметрами в эксперименте были:

Подача $S_z = 0,06; 0,1; 0,14$ мм/зуб.

Смещение резьбовой пластины: $\Delta = 7; 17; 28; 60$ мкм.

Смещение пластины контролировалось при помощи индикатора часового типа с ценой деления 1 мкм.

Результаты. Полученные значения составляющих силы резания в направлениях OX и OY (компонент силы резания, направленный вдоль оси OZ , не оказывает значительного эффекта на процесс резания, так как он оказывает воздействие вдоль оси фрезы, то есть в направлении ее наибольшей жесткости), измеренные динамометром, были геометрически сложены для получения силы в плоскости XOY по следующей формуле:

$$F_{xy} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}.$$

Далее график этой силы за один рабочий ход инструмента был поделен на 20 равных частей и в каждом было выбрано максимальное значение, после чего было найдено среднее значение среди точек, соответствующих стабильному процессу резания. На рис. 3 приведен пример для $\Delta = 7$ мкм, $S_z = 0,06$ мм/зуб.

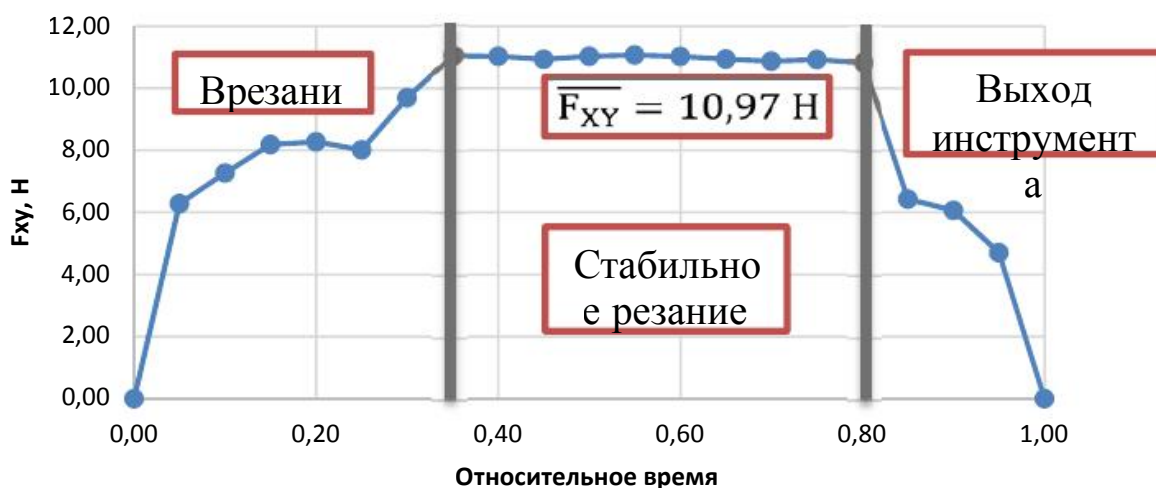


Рис. 3. Пример обработки экспериментальных данных

Так как при увеличении смещения резьбообразующих профилей друг относительно друга суммарная ширина вершины фрезы $a_{ф\text{ шах}}$ увеличивается, поэтому для ее компенсации пропорционально уменьшалась глубина резания таким образом, чтобы боковые стороны резьбового паза сохраняли свое положение друг относительно друга, в случае цилиндрической резьбы это означало бы сохранение среднего диаметра и уменьшение высоты профиля резьбы.

Для каждой комбинации подачи на зуб и смещения Δ проводилось по 3 эксперимента, затем итоговое значение определялось как среднее из них. Полученная зависимость силы резания от смещения для различной подачи на зуб приведена на рис. 4.

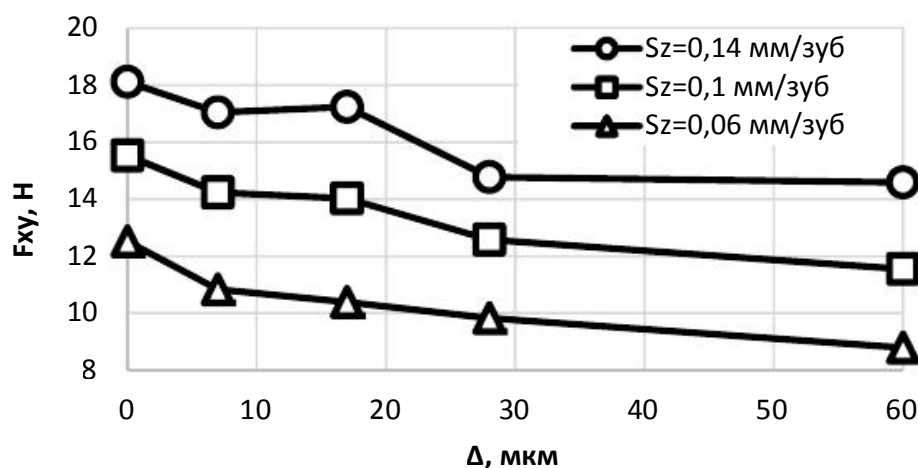


Рис. 4. График зависимости $F_{xy} = f(\Delta)$

Обсуждение полученных результатов. Полученные данные подтверждают, что разделение припуска при фрезеровании профиля резьбы приводит к уменьшению силы резания.

Так как падение силы резания продолжается на всем диапазоне измерений, в качестве верхней границы величины смещения будет выступать суммарная ширина вершины резьбообразующих профилей a_f , которая должна позволять изготовить полный профиль резьбы в пределах поля допуска. Так как при ужесточении требований к точности резьбы поле допуска сужается, для определения максимального возможного смещения профилей необходимо проверка того, будет ли полученная резьба соответствовать предъявляемым требованиям.

Список источников

- [1] Мальков О.В. Анализ способов обработки резьбы фрезерованием. *Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2016, № 4, с. 1–33.
<https://doi.org/10.7463/0416.0838440>
- [2] Сайкин С.А. *Повышение эффективности фрезерования внутренней резьбы в деталях из труднообрабатываемых материалов*. Дис. ... канд. техн. наук. Рыбинск, 2009, 246 с.
- [3] Нецадим С.В. Повышение эффективности резьбофрезерования. *Будущее машиностроения России. XVII Всерос. конф. молодых ученых и специалистов (с междунар. уч.): сб. докл.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 32–37.
- [4] Шпур Г., Штеферле Т. *Справочник по технологии резания материалов*. В 2 кн. Кн. 1. Москва, Машиностроение, 1985, 616 с.
- [5] Hu Z., Qin C., Shi Z., Tang Y., Zhang X., Zou Y. An effective thread milling force prediction model considering instantaneous cutting thickness based on the cylindrical thread milling simplified to side milling process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2020, vol. 110, pp. 1275–1283.
- [6] Araujo A.C., Silveira J.L., Jun M.B., Kapoor S.G., DeVor R. A model for thread milling cutting forces. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2006, vol. 46 (15), pp. 2057–2065.

A3

**Технология
машиностроения**

