

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАЛАДКИ ПРИ РОТАЦИОННОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

В.А. Хоменко, С.Л. Леонов, А.О. Черданцев, П.О. Черданцев,
В.Н. Некрасов, А.В. Дыбайло

Изложены принципы проектирования технологической наладки при ротационном фрезеровании. Описан алгоритм, позволяющий рациональным образом назначить параметры ротационной обработки.

Ключевые слова: ротационное фрезерование, имитационное моделирование, лезвийная обработка, точность формы, качество поверхности, процесс резания.

С появлением многофункциональных станков, позволяющих согласовать угловую подачу заготовки и линейную подачу заготовки, стало возможным реализовать так называемое ротационное фрезерование – фрезерование поверхности детали при её вращении вокруг собственной оси. Этот способ обработки не нов, но из-за технологических сложностей его реализации на универсальных станках он применялся в исключительно редких случаях. Преимуществом этого способа обработки является возможность получить сложный наружный профиль детали, которая лишь условно может быть отнесена к телам вращения, полностью за один переход без переустановки. Такой способ обработки применим к деталям с эксцентрическим профилем, при обработке тяжелых и некруглых валов, шеек коленчатых валов, тормозных коллодок и т. д.

Несмотря на кажущуюся простоту, процесс ротационного фрезерования сложнее, чем может показаться на первый взгляд: качество обработанной поверхности, точность формы, во многом зависит от корректности назначаемых параметров технологической наладки и режущего инструмента, таких как величина смещения фрезы, диаметр фрезы, главный и вспомогательный углы в плане.

Отдельно следует остановиться на последовательности перемещения фрезы относительно заготовки. Согласно известным рекомендациям [1], фреза должна врезаться в заготовку, перемещаясь в радиальном направлении. Окружная скорость рабочей подачи заготовки в первом приближении выбирается в соответствии с рекомендуемой подачей на зуб при торцовом фрезеровании. Отвод фрезы производится в осевом направлении (рисунок 1).

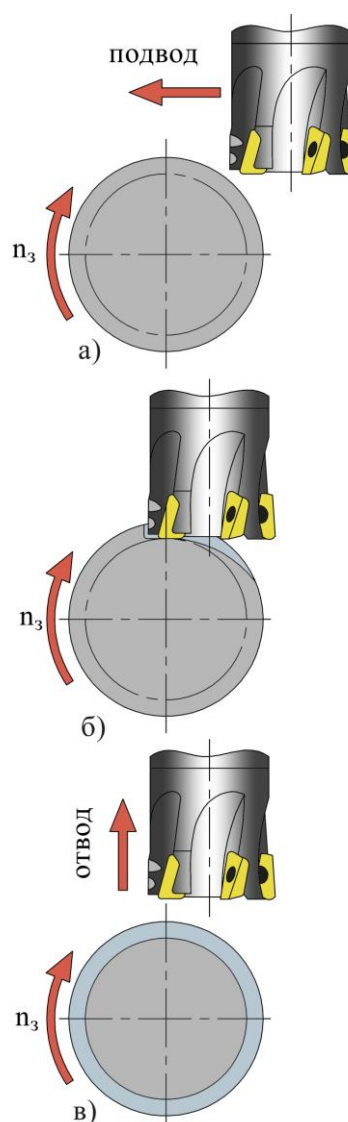


Рисунок 1 – Последовательность выполнения операции ротационного фрезерования:

- а) подвод и врезание инструмента;
- б) ротационное фрезерование;
- в) отвод инструмента

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАЛАДКИ ПРИ РОТАЦИОННОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

По данным из источников [2], смещение оси фрезы от оси заготовки E_w в значительной степени определяет ширину зоны обработки. Но, что важнее, от смещения E_w зависит точность формы обрабатываемой поверхности.

Кроме того, существуют рекомендации [3] которые при ротационном фрезеровании предписывают вести обработку в несколько переходов. Между переходами собственно ротационного фрезерования добавляются врезные линейные перемещения. За счёт этого становится возможным разбить всю ширину, которую необходимо обработать, на несколько частей. Схема такой обработки представлена на рисунке 2.

Аналитически достаточно сложно описать, сколько потребуется переходов, и какими должны быть смещения E_w , чтобы обеспечить заданную точность с минимальным количеством переходов.

Представляется перспективным давать рекомендации по проектированию операции на основании результатов имитационного моделирования.

На рисунке 3 показана зависимость формы обрабатываемой поверхности, от смещения оси инструмента относительно оси заготовки, полученная в результате моделирования процесса ротационного фрезерования заготовки $\varnothing 200$ мм, фрезой $\varnothing 60$ мм, с количеством зубьев $z = 5$.

Анализируя полученную зависимость можно отметить следующее: при больших E_w , поверхность получает отклонение формы в виде вогнутости, при этом наибольший

съём материала оказывается в центральной области. При малых значениях E_w средняя зона приобретает выпуклость, а наибольший съём материала наблюдается на периферии. При средних значениях E_w наблюдается плавный переход от выпуклости к вогнутости формы. Также стоит отметить что при смещении E_w , превышающим половину диаметра режущего инструмента (на графике $E_w = 30$ мм), фрезерование происходит задней поверхностью зуба.

Исходя из вышесказанного, становится очевидным, что рационально осуществлять обработку с использованием нескольких смещений. По результатам проведенных нами исследований был разработан алгоритм, позволяющий назначить оптимальные значения E_w для нескольких переходов, исходя из обеспечения требуемой точности формы. При проектировании технологической наладки для ротационного фрезерования крайне важна рациональность назначения величины E_w , так как этот параметр в значительной степени влияет на точность формы обработанной поверхности. На современных станках с ЧПУ позиционирование инструмента относительно заготовки определяется управляющей программой.

Для обеспечения заданной точности формы предлагается при разработке управляющей программы для системы ЧПУ использовать алгоритм, представленный на рисунке 4, в основе которого положено использование результатов имитационного моделирования с использованием предложенной в [4] имитационной модели.

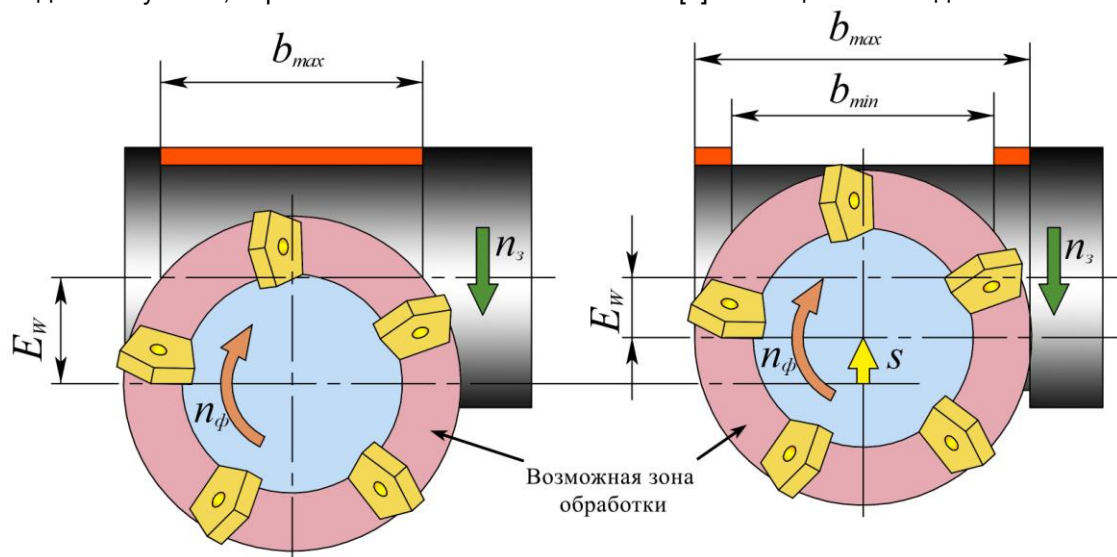


Рисунок 2 – Зоны участвующие в резании при разных смещениях

На начальном этапе алгоритма подготавливаются и вводятся следующие данные: длина и диаметр детали, диаметр фрезы, припуск, главный угол в плане, вспомогательный угол в плане и допустимое отклонение формы ($\Delta_{доп}$).

Также устанавливается изначальное значение смещения оси инструмента относительно оси вращения детали E_w (рисунок 2). Оно принимается равным половине диаметра фрезы.

Затем проводится итерационная имитация обработки. По результатам каждой итерации выявляются параметры, определяющие размеры зоны обработки, b_{min} и b_{max} (рисунок 2), и расчетное отклонение формы ($\Delta_{расч}$) на обрабатываемом участке. Названные параметры не могут быть описаны в явном виде, для их определения используется результат моделирования топографии. Моделирование осуществляется для каждой итерации.

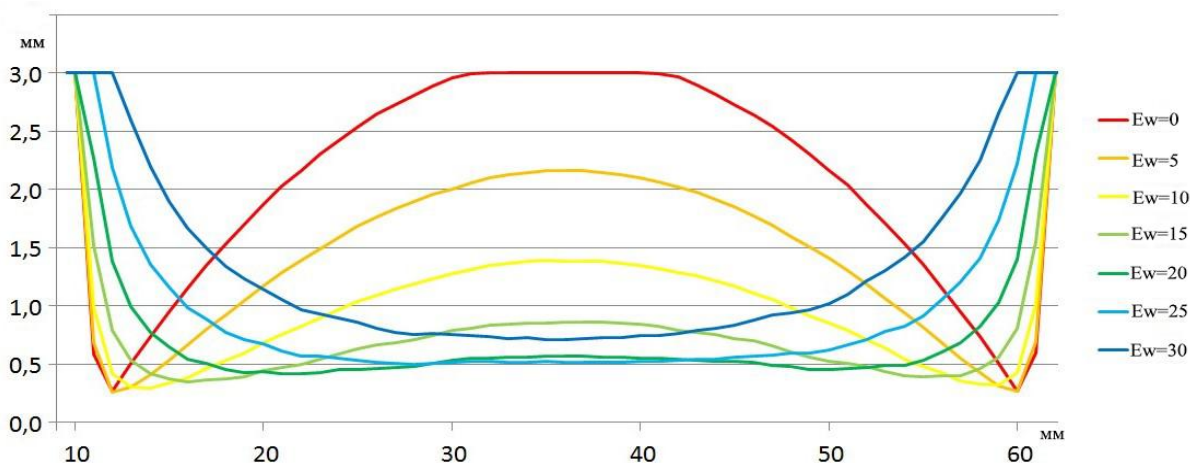


Рисунок 3 – Влияние геометрических параметров качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей

После каждой итерации проверяется, не превышает ли расчетное значение отклонения формы ($\Delta_{расч}$) допустимого отклонения ($\Delta_{доп}$). Если $\Delta_{расч}$ менее чем $\Delta_{доп}$, то смещение E_w уменьшается с некоторым заданным шагом S .

В результате многократного имитационного моделирования процесса обработки согласно разработанному нами алгоритму, будут получены такие значения E_w , при которых обеспечиваются наибольшие размеры зоны обработки, а точность соответствует заданному допустимому значению. Дальнейшее уменьшение E_w приведёт к тому, что при выполнении очередной итерации расчетное значение отклонения формы ($\Delta_{расч}$) превысит допустимое отклонение ($\Delta_{доп}$).

В этом случае возвращается предыдущее значение E_w , и на основании его значения добавляются необходимые переходы в управляющую программу для станка с ЧПУ. Величина перемещения базовой точки в переходе задаётся такой, чтобы она оказалась на рассчитанном расстоянии E_w от оси заготовки.

После этого необходимо осуществить проверку, будет ли обработана деталь на всю требуемую ширину с помощью внесённых в управляющую программу переходов. Если требуется добавление новых переходов, то

снова запускается итерационная имитация обработки с тем, чтобы обеспечить выполнение условия, когда b_{min} нового перехода сравнялось с b_{max} предыдущего перехода. При этом, перебирая значения E_{wc} тем же шагом, расчет перехода повторяется сначала.

Расчет выполняется до тех пор, пока не будет обеспечиваться требуемая ширина обработки.

По окончании работы алгоритма управляющая программа сохраняется. При этом она будет содержать в себе минимально требуемое количество переходов, необходимое для обработки детали с заданной точностью. Разработанная нами модель [5] позволяет прогнозировать топографию обработанной поверхности и дает возможность оценивать геометрические параметры качества деталей, обрабатываемых ротационным фрезированием на этапе подготовки производства. Предложенный нами алгоритм, основанный на имитационной модели, позволяет рациональным образом назначить параметры ротационной обработки. Программное обеспечение реализующее данный алгоритм представляет собой САМ модуль позволяющий на выходе сформировать управляющую программу для станка с ЧПУ в G-коде.

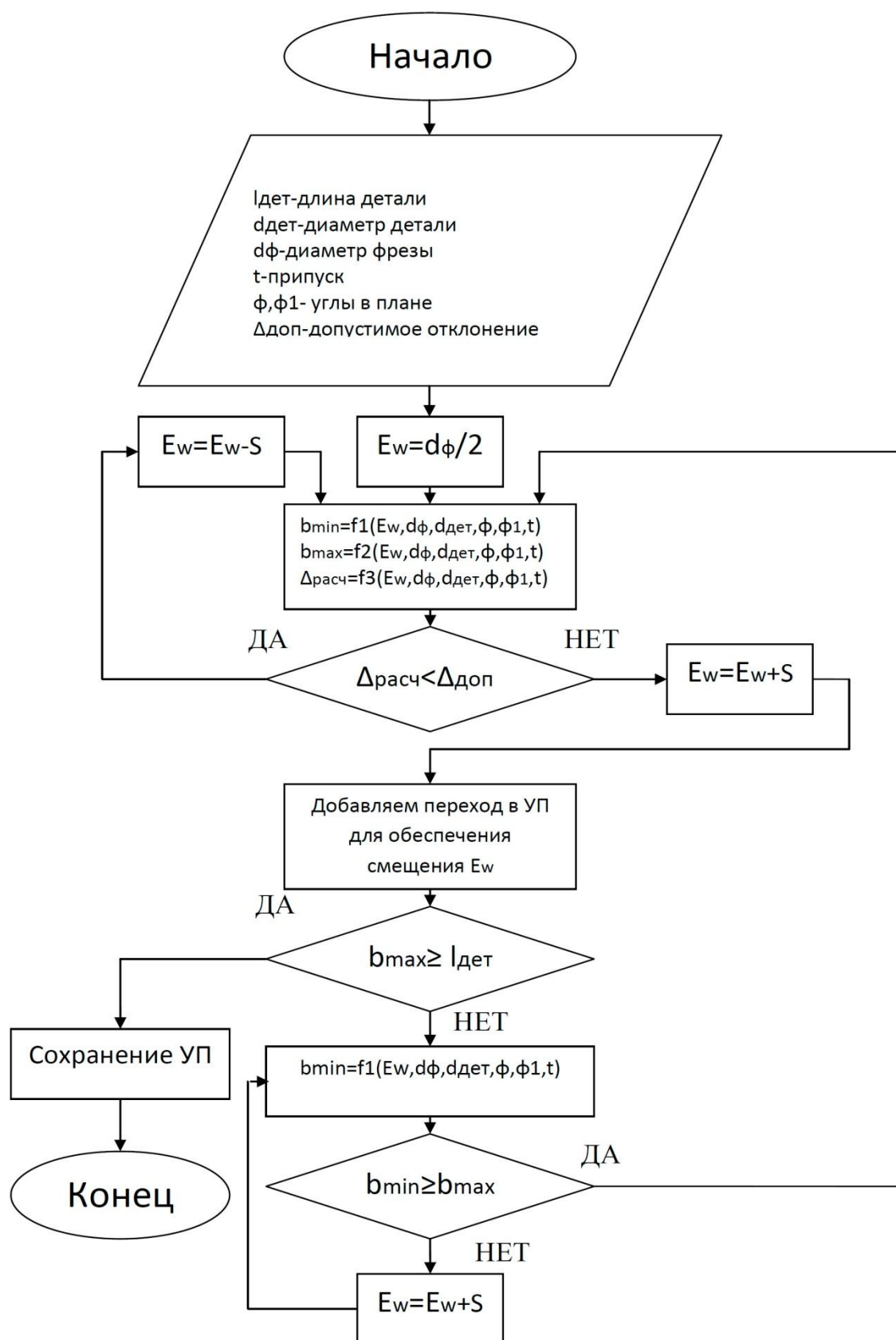


Рисунок 4 – Алгоритм выбора смещений E_w

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Точение... фрезой! // Оборудование и инструмент для профессионалов . – 2014. – № 4. – С. 28–29.

2. Высокопроизводительная обработка металлов резанием. – М.: издательство «Полиграфия», 2003. – 301 с.

3. Точение фрезерованием. Режим доступа: http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/general_turning/other-application-areas/turn-milling/pages/default.aspx.

4. Хоменко, В. А. Оптимизация операции торцового фрезерования по критерию максимальной производительности на основе имитационного моделирования / В. А. Хоменко, А. О. Черданцев, П. О. Черданцев // Ползуновский вестник. – 2015. – № 2. – С. 65–69.

5. Analysis of the Face Milling Process Based on the Imitation Modelling 2016 IOP Conf. Ser. : Mater. Sci. Eng. 126 012001 (<http://iopscience.iop.org/1757-899X/126/1/012001>) / В. А. Хоменко, А. О. Черданцев, П. О. Черданцев, В. Д. Гончаров, А. Кулявик.

Хоменко Валерий Андреевич, д.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: tap_otm@mail.ru.

Леонов Сергей Леонидович, д.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: sergey_and_nady@mail.ru.

Черданцев Алексей Олегович, инженер кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: hypertigr@mail.ru, тел.: 8-913-211-3957.

Черданцев Павел Олегович, к.т.н., старший преподаватель кафедры «Теоретическая механика и механика машин» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: p004092@yandex.ru.

Некрасов Вячеслав Николаевич, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: sla44@mail.ru.

Дыбайло Антон Вадимович, магистрант ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: antondiablo91@icloud.com.