

УДК 621.941.1

А. М. ФЕДОРЕНКО, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЧЕРНОВОЙ ТОКАРНОЙ МНОГОПРОХОДНОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация

Рассмотрена методика построения траектории режущего инструмента при многопроходной черновой обработке заготовок из прутка на станках с ЧПУ, обеспечивающая минимальный путь резания.

Ключевые слова:

траектория инструмента, станки с ЧПУ, токарная обработка, многопроходная обработка, путь резания.

Как известно, при проектировании обработки на станках с ЧПУ область, ограниченную контурами детали и заготовки, разделяют на отдельные зоны. Каждая зона, как правило, соответствует одному технологическому переходу и формируется в зависимости от требований к точности и шероховатости поверхности детали, а также возможностей режущего инструмента и способа крепления заготовки на станке. Все многообразие зон разделяют на два вида: зоны выборки объемов обрабатываемого материала и зоны контурной обработки. Зоны выборки служат для многопроходной обработки при больших съемах материала, а контурная – для прохода эквидистантно к участкам контура детали.

Наибольшую долю по времени обработки, как правило, составляют зоны выборки. При реализации обработки данных зон направление перемещения выбирают исходя из условия минимального числа рабочих ходов. Схемы перемещения резца, обеспечивающие это требование, зависят от размеров заготовки и способа ее крепления. При обработке заготовки в центрах минимальное число рабочих ходов достигается при перемещении резца вдоль оси заготовки. При обработке в патроне выбрать направление перемещения резца сложнее. Заготовки малой длины и большого диаметра следует обрабатывать при перемещении резца перпендикулярно оси детали, длинные заготовки – вдоль оси, а заготовки с большим количеством ступеней разного диаметра – как вдоль, так и поперек оси [1–5].

Рассмотрим типовые циклы многопроходной токарной обработки на примере системы ЧПУ NC-201 «Балт-Систем», производимой в Российской Федерации, и SINUMERIK «SIMENS», производимой в ФРГ, широко используемой на предприятиях Республики Беларусь.

Циклы многопроходной обработки реализуют последовательное удаление материала только параллельно или перпендикулярно оси заготовки, не допуская возможность комбинирования направления удаления припуска.

Типовые схемы перемещений резца при токарной обработке поверхностей заготовок из прутка с использованием циклов на станках с ЧПУ условно можно свести к двум схемам (рис. 1).

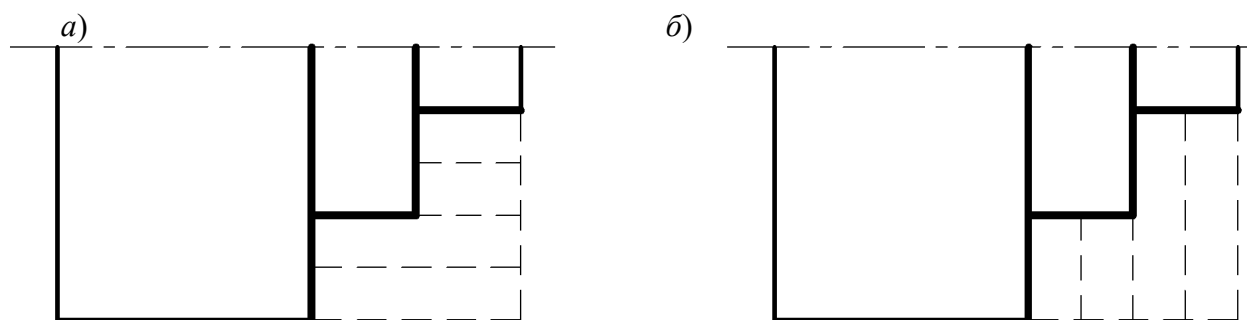


Рис. 1. Схемы удаления припуска при перемещении резца параллельно (а) и перпендикулярно (б) оси заготовки при обработке

Известны схема и соответствующие циклы токарной обработки, когда удаление припуска осуществляется параллельно контуру заготовки, но область их использования – заготовки с формой, приближенной к форме готовой детали (поковки, отливки), и для обработки заготовок из прутка они непригодны, т. к. в рассматриваемом случае приведут к потере основного времени вследствие большого числа ходов без обработки.

Вполне возможно, что в условиях обработки ступенчатых валов из заготовки в виде прутка могут возникнуть ситуации, когда с целью сокращения времени изготовления детали необходимо применять комбинацию обоих способов: на определенных участках следует удалять металл, двигаясь с продольной подачей, на других – с поперечной (рис. 2).

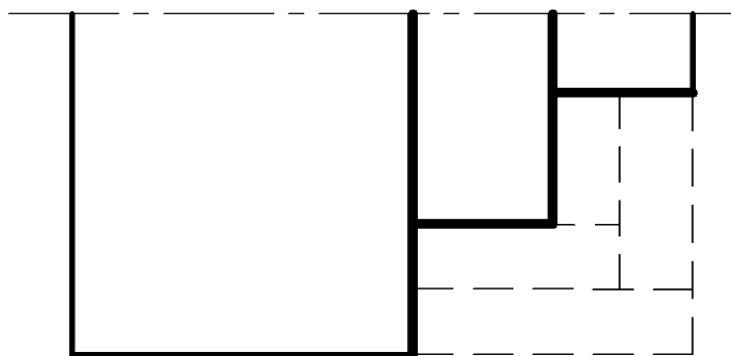


Рис. 2. Схема удаления припуска заготовки в случае комбинирования направлений перемещений резца

В настоящем исследовании в качестве критерия оптимальности выбран путь резания, который пропорционален основному времени обработки. Это позволило исключить из рассмотрения необходимость установления режимов резания.

Разработана методика формирования оптимальной траектории на основе простого перебора всех возможных вариантов и поиска среди них варианта с минимальным путем резания.

Порядок действий по поиску оптимальной траектории рассмотрим на примере обработки двухступенчатого вала.

1. Вводятся сведения о размерах заготовки и вала: диаметр первой ступени $D1$, диаметр второй ступени $D2$, диаметр прутка $D3$, мм; длины первой (11) и второй (12) ступеней, мм, в соответствии с рис. 3.

2. Вводятся сведения о технологических особенностях режущего инструмента: предельный снимаемый припуск за один рабочий ход в поперечном (t_{non}) и продольном (t_{np}) направлениях.

3. Посредством перебора формируется текущий вариант обработки.

4. Рассчитывается текущий путь резания.

5. Сравнивается путь резания текущего варианта с запомненным ранее. Если он меньше, то запоминается текущий.

6. Формируется новый вариант обработки: меняется характер подачи текущего рабочего хода с продольной на поперечную и наоборот.

7. Осуществляется повтор пп. 4–6 до окончания всех возможных вариантов обработки.

8. По окончании расчета формируется вариант обработки, имеющий минимальный путь резания.

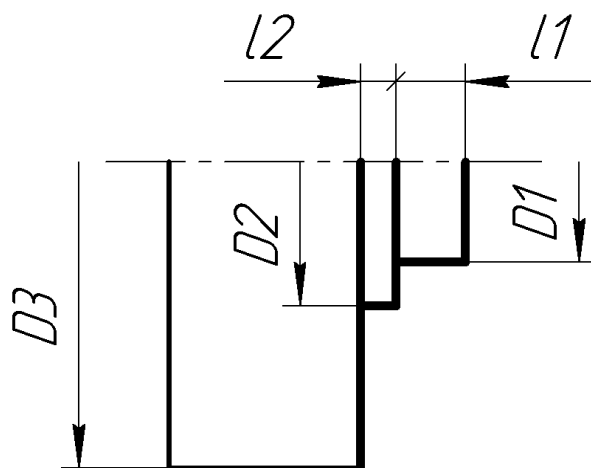


Рис. 3. Геометрические характеристики вала

На основании предложенного алгоритма была разработана программа для ПЭВМ в среде Excel с использованием VBA. Программа предназначена для поиска варианта и последовательности удаления припуска вала, состоящего из двух цилиндрических ступеней и обеспечивающего минимальную длину резания.

Интерфейс пользователя реализован посредством заполнения данными ячеек соответствующего листа книги (рис. 4, а).

Для расчета длины пути резания, а также для установления текущих габаритов заготовки используется лист «Сетка шагов» (рис. 4, б).

В результате расчета валов с произвольными размерами была подтверждена общепринятая рекомендация: для длинных деталей целесообразно выполнять многопроходное удаление припуска ходами вдоль оси заготовки, а для деталей типа дисков – поперечной подачей. Однако для вала с размерами, соответствующими рис. 5, установлен вариант обработки, обеспечивающий минимальный путь резания, сочетающий в себе комбинацию поперечных и продольных ходов обработки.

а)

Оптимизация траекторий [Режим совместимости] - Microsoft Excel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	D1	40	I1	8	tnp	3	Нобщ	8	N1	2	N2	7	
2	D2	50	I2	4			tnпробц	2,9375	tnp1	2,5	tnp2	2,642857	
3	D3	87											
4													
5				tnon		3	Нобщ	4	N1	3	N2	2	
6							tnпробц	1,25	tnp1	2,666667	tnp2	2	
7													
8													
9													
10	Смин	100	мм/мин										
11													
12													

б)

Оптимизация траекторий [Режим совмести]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											
2				-2,66667	-5,33333	-8	-10	-12			
3				1	2	3	4	5			
4		81,71429	1						12	4	
5		76,42857	2						12	4	
6		71,14286	3						12	4	
7		66,85714	4						12	4	
8		60,57143	5						12	4	
9		55,28571	6						12	4	
10		50	7						12	4	
11	Ходы X	45	8						8	28	
12		40	9						8		
13		40		23,5	23,5	23,5	18,5	18,5		107,5	
14				23,5	23,5	23,5	70,5			98,5	
15									100		
16											

Рис. 4. Экранные копии программного модуля: а – лист исходных данных; б – лист промежуточного варианта

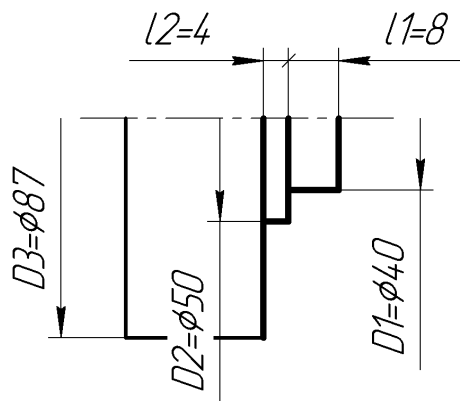


Рис. 5. Геометрические размеры исследуемого вала

Путь резания вала (см. рис. 5) в случае обработки только с продольной подачей составил 100 мм (рис. 6, а), только с поперечной подачей – 107,5 мм (рис. 6, б). Вариант обработки исследуемого вала, заключающийся в обработке

первой ступени с поперечной подачей до диаметра 40 мм, и последующее удаление оставшегося материала с продольной подачей до диаметра 50 мм (рис. 6, в) обеспечивает минимальный путь резания в 98,5 мм.

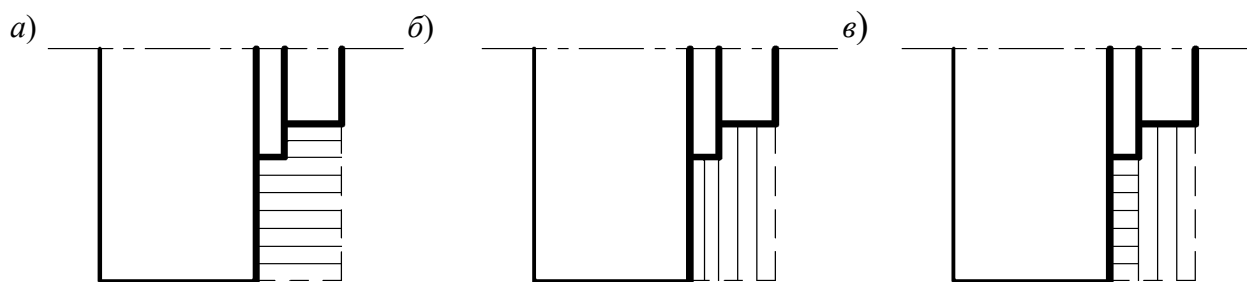


Рис. 6. Схемы удаления припуска: *а* – с продольной подачей; *б* – с поперечной подачей; *в* – рациональная схема удаления припуска

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- установлено, что, используя обработку с изменением направления подачи ступенчатых валов из заготовки в виде прутка для определенных геометрических размеров вала, можно получить сокращение основного времени по сравнению с традиционными схемами обработки;
- получен программный продукт, который позволяет установить минимально возможный путь резания и рациональную последовательность удаления материала для ступенчатого вала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жолобов, А. А.** Программирование процессов обработки поверхностей на станках с ЧПУ: учебное пособие / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек, А. М. Федоренко. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – 339 с.
2. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ / В. И. Аверченков [и др.]. – Брянск: БГТУ, 2010. – 212 с.
3. Устройство числового программного управления NC-201: Руководство по эксплуатации. – Санкт-Петербург, 2005. – 80 с.: ил.
4. Руководство по программированию «Расширенное программирование». – Siemens AG, 2011. – 951 с.: ил.
5. **Федоренко, А. М.** Технология обработки на станках с ЧПУ: учебное пособие / А. М. Федоренко, А. А. Жолобов. – Минск: РИВШ, 2023. – 440 с.: ил.

Контакты:

fedorenko@bru.by (Федоренко Алексей Михайлович).

A. M. FEDARENKO

STRUCTURAL OPTIMIZATION OF ROUGH TURNING MULTI-PASS PROCESSING

Abstract

The technique of constructing the trajectory of a cutting tool during multi-pass roughing of bar blanks on CNC machines, providing a minimum cutting path, is considered.

Keywords:

tool path, CNC machines, turning, multi-pass processing, cutting path.