

РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

А.В. Попова

Рассмотрен процесс разработки управляющих программ для внутришлифовальных операций, базирующего на модели съема металла и выборе оптимального решения методом динамического программирования.

Ключевые слова: внутреннее шлифование, оптимизация процесса, ступенчатые циклы, динамическое программирование.

На данном этапе развития машиностроительной отрасли России очень остро становится вопрос назначения оптимальных параметров обработки. Появление современного оборудования и шлифовального инструмента, позволяющих производить обработку на повышенных скоростях, сделало не приемлемым применение нормативно-справочной литературы. Так как данная литература разрабатывалась на основании статистических данных 60, 70, 80-х годов прошлого века для универсальных станков, полуавтоматов. В результате чего, на предприятии вынуждены подбирать режимные параметры обработки, удовлетворяющие требованиям по качеству и точности, методом побора. При этом назначенные режимы не всегда являются произ-

водительными, так же происходит увеличения затрат на производство. На данный момент практически отсутствуют теоретические разработки, позволяющие разрабатывать оптимальные управляющие программы для станков с ЧПУ для различных видов обработки. Существующие разработки уделяют моделированию силы резания и технологических ограничений, оказывающих на производительность процесса обработки. Для решения данной проблемы на основе метода динамического программирования, впервые разработана методика оптимизации ступенчатых циклов обработки внутришлифовальной обработки. Разработанная методика оптимизации ступенчатых циклов внутреннего шлифования позволяет оперативно рассчитать оптимальные режимы резания, осуществить подбор оптимальных типоразмеров шлифовального круга (диаметр, ширина круга) и технических условий обработки (величина перебега круга, конструктивных параметров шлифовального шпинделя и др.). В последующем, на основании данной методики предполагается разработать САПР и общемашиностроительные нормативы режимов резания для внутришлифовальных операций, удовлетворяющих требованиям современного производства.

Рассмотрим некоторые особенности построения циклов внутришлифовальной обработки в трехмерной системе координат (рис. 1). Современные шлифовальные центры, позволяют производить управление параметрами обработки в зависимости от величины снимаемого припуска и в независимости друг от друга. Частный случай трехмерных циклов обработки ставит изменения параметров управления в зависимость друг от друга, а также от величины снимаемого припуска. Рассмотрим особенности построения пространственного 3-х ступенчатого цикл внутришлифовальной обработки для частного случая. На рис. 1 можно увидеть: во-первых, пространственную траекторию управляющей программы, представляющую собой совокупность взаимосвязей всех управляющих параметров, во-вторых, изменения взаимосвязи определенного управляющего параметра от других (например, скорости осевой подачи от припуска и от программного значения скорости радиальной подачи). Под влиянием радиальной составляющей силы резания фактическая радиальная подача отличается от программной на величину упругих деформаций режущей кромки шлифовального круга. Графическое представление изменения фактического значения радиальной подачи представлено в координатных осях t_{Π} и Π (штриховая линия). Вследствие того что рассматриваемый цикл представлен в трехмерной системе координат фактическая скорость радиальной подачи по мимо представления в двумерном пространстве имеет пространственное представление, обозначенное на рис. 1 штрихпунктирной линией с точкой. Так как процесс обработки носит переменный характер, в процессе проектирования оптимальных циклов необходимо учесть исходное биение заготовки и допуск на готовую деталь.

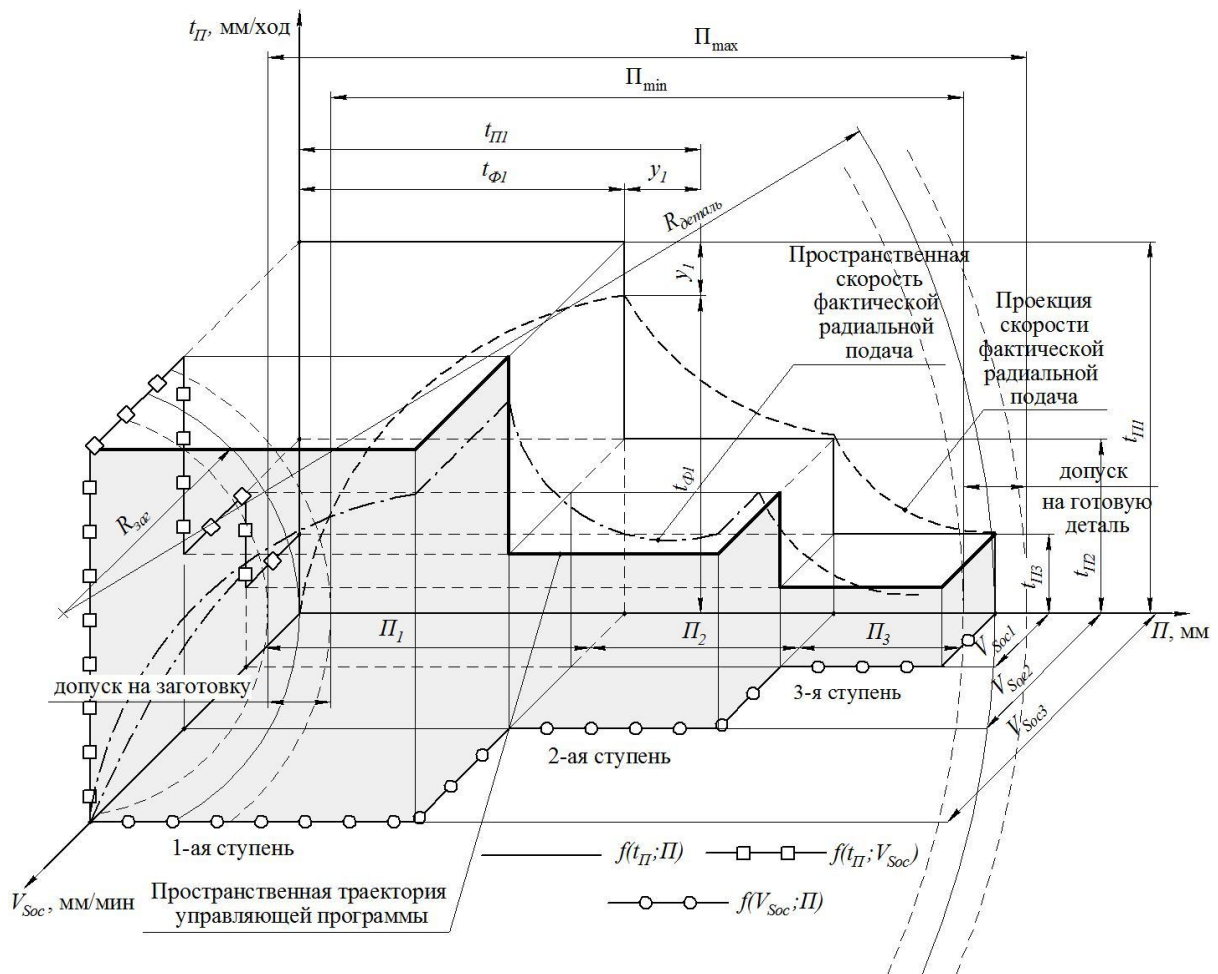


Рис. 2. График управляющей программы в 3-х мерном пространстве для 3-х ступенчатого цикла внутришлифовальной обработки

Кроме рассмотренных трех параметров процесса внутреннего шлифования в оптимизации нуждаются и другие управляющие параметры, оказывающие значительное влияние на производительность процесса, качество и точность обрабатываемой поверхности: ширина и диаметр шлифовального круга, частота оборотов заготовки. В результате чего, полная оптимизация циклов внутришлифовальной обработки возможна в шестимерном пространстве, что требует развития применения метода динамического программирования для многомерного пространства. С этой целью проведена адаптация и развитие метода динамического программирования для многомерного пространства, примененного при разработке новой методики проектирования оптимальных циклов внутришлифовальной обработки, комплексно охватывающей все вышеперечисленные управляющие параметры. Метод динамического программирования не чувствителен к характеру целевой функции и её ограничениям, и не требует построения заранее области допустимых значений управляющих параметров. В основе динамического программирования лежит, разработанный Р. Беллманом, прин-

цип оптимизации: оптимальное поведение обладает тем свойством, что каковы бы не были первоначальные состояния и решение в начальный момент, последующие решения должны составлять оптимальное поведение относительно состояния в результате первого решения [1]. Недостатком метода динамического программирования является то, что в силу необходимости применения дискретных значений управляющих параметров глобальный минимум целевой функции находится с определенной погрешностью, зависящей от величины их дискретности [3].

За критерий оптимальности чаще всего принимают переменную часть переменную часть затрат, зависящую от режимов обработки, т.е. время обработки. Оптимизация цикла шлифования сводится к сокращению времени обработки до минимально возможного значения. Поэтому в качестве целевой функции оптимизации цикла внутреннего шлифования выбрано минимальное время обработки. Отыскание минимума целевой функции в процесс оптимизации цикла внутришлифовальной обработки происходит при помощи учета комплекса технологических ограничений. В табл. 1 представлен комплекс моделей ограниченной процесса внутришлифовальной обработки [3, 4, 5].

Таблица 1

Комплекс моделей ограничений процесса внутреннего шлифования

Ограничения, накладываемые в начале цикла	Ограничения, накладываемые в конце цикла
по осыпаемости шлифовального круга	по допустимой погрешности размеров обрабатываемой поверхности
по допустимой глубине прижога на обрабатываемой поверхности;	
по диапазону затупления круга	по допустимой шероховатости обрабатываемой поверхности
по мощности привода вращения круга и заготовки	по достижимой точности обработки на станке
по диапазону скоростей подач поперечной и осевой	по величине погрешности измерения

Необходимо отметить, что метод динамического программирования не ограничивает ни количество оптимизируемых параметров управления, ни количества ограничений целевой функции. Например, можно ввести ограничения, связанные с динамическими процессами технологической системы или в качестве оптимизируемых параметров ввести параметры характеристики круга.

Предложенная нами методика создания оптимальных ступенчатых циклов внутреннего шлифования позволяет отказаться от полного перебора возможных вариантов обработки цикла, заменив его на направленный пе-

ребор с отсечением недопустимых по ограничениям и неперспективных (длительных по времени) вариантов. В результате происходит сокращение времени, затрачиваемое на производстве на подбор оптимальных значений режимов обработки.

Библиографический список

1. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. – М.: Изд-во ин. лит., 1960. – 400 с.
2. Переверзев, П.П. Теория и методика расчета оптимальных циклов обработки деталей на круглошлифовальных станках с программным управлением: дис. ... д-ра техн. наук / П.П. Переверзев. – Челябинск, 1999. – 293 с.
3. Переверзев, П.П. Моделирование и оптимизация управляющих программ в автоматизированном машиностроительном производстве / П.П. Переверзев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». – 2012. – № 12 (271). – С. 152–157.
4. Переверзев, П.П. Аналитическое моделирование взаимосвязи силы резания при внутреннем шлифовании с основными технологическими параметрами / П.П. Переверзев, А.В. Попова // Металлообработка. – 2013. – № 3. – С. 24–30.
5. Переверзев, П.П. Моделирование технологических ограничений при оптимизации автоматических циклов шлифования / П.П. Переверзев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». – 2012. – № 12 (271). – С. 165–168.

[К содержанию](#)