



РАЗМАНОВА
Татьяна Ивановна
аспирант



МИТИН
Сергей Геннадьевич
кандидат технических
наук, доцент



БОЧКАРЁВ
Петр Юрьевич
доктор технических наук,
профессор
кафедры «Проектирование
технических
и технологических
комплексов»
(Саратовский
государственный
технический университет
имени Гагарина Ю.А.)
e-mail:
swallow1007@yandex.ru

Автоматизация проектирования структуры технологической операции для оборудования сверлильной группы

Т.И. Разманова, С.Г. Митин, П.Ю. Бочкарёв

Приведена новая методика разработки структуры технологической операции, выполняемой на оборудовании сверлильной группы, которая позволяет автоматизировать данный этап проектирования в рамках создания автоматизированной системы планирования технологических процессов в условиях многономенклатурного производства.

Ключевые слова: автоматизация проектирования, структура технологической операции, многономенклатурное производство.

Design automation of technological operation structure of drilling equipment

T.I. Razmanova, S.G. Mitin, P.Yu. Bochkarev

The article describes a new method for development of the structure of the technological operation carried out at the drilling machine. The method permits to introduce the design automation at this stage with creation of the automated planning system of processing in multinomenclature manufacturing conditions.

Keywords: CAPP, technological operation structure, multinomenclature manufacturing.

Современное машиностроение характеризуется непрерывным усложнением конструкций машин, ростом требований к качеству механической обработки, расширением номенклатуры обрабатываемых деталей. Для сохранения своей конкурентоспособности предприятиям необходимо стремиться к повышению эффективности работы производственной системы. Это можно достичь, в том числе, путем автоматизации технологической подготовки в целом и автоматизации проектирования технологических процессов в частности.

В настоящее время на большинстве машиностроительных предприятий применяются автоматизированные системы технологической подготовки производства, которые позволяют сократить время разработки технологических процессов, однако в современных условиях этого недостаточно. Сегодня назрела необходимость в создании новых методов проектирования технологических процессов механической обработки, позволяющих достичь более высокий уровень автоматиза-

ции и дающих возможность учитывать реально складывающуюся производственную ситуацию.

В Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А. проводятся исследования, направленные на создание автоматизированной системы планирования многономенклатурных технологических процессов [1, 2]. Основными отличиями данной системы от существующих являются полная формализация всех проектных процедур и возможность учета складывающейся производственной ситуации в момент проектирования. Система позволяет полностью автоматизировать процесс создания технологии механической обработки, что позволяет значительно сократить затраты времени на технологическую подготовку производства и повысить эффективность работы производственной системы.

В рамках создания системы планирования разрабатывается ряд подсистем, предназначенных для автоматизации проектирования технологических операций. При проектировании технологических операций состав и последовательность проектных действий имеют существенные различия в зависимости от групп технологического оборудования. Применение принципов системного подхода позволяет разделить задачу проектирования технологических процессов на уровне технологических операций путем разработки ряда проектных процедур для каждого вида обработки (токарная, фрезерная, обработка отверстий осевым инструментом и т. д.). В результате появляется возможность создавать технологические процессы с учетом конструктивно-технологических особенностей всей номенклатуры изделий путем комбинирования проектных процедур, наиболее подходящих для имеющегося технологического оборудования. Например, если на стадии разработки маршрутного технологического процесса принято решение по обработке поверхностей на обрабатывающем центре, позволяющем осуществлять сверлильные и фрезерные переходы, то система планирования автоматически сформирует набор проектных процедур, по выполнению которых будет получена соответствующая технологическая операция.

В данной статье рассматривается вопрос автоматизации проектной процедуры формирования структуры операции, выполняемой на оборудовании сверлильной группы. При разработке системы проектирования технологических операций для оборудования сверлильной группы сформирована структурная модель, фрагмент которой представлен на рисунке. В соответствии с этой моделью подсистема состоит из трех взаимосвязанных блоков, в каждом из которых предусмотрено три этапа: генерирование возможных вариантов, отсев нерациональных вариантов и выбор рациональных вариантов для сложившейся производственной ситуации.

Разработка структуры — важный этап проектирования технологической операции, выполняемой на оборудовании сверлильной группы, поскольку в зависимости от выбранной последовательности выполнения или совмещения переходов формируется соответствующий комплект технологической оснастки, в результате чего определяется время реализации технологической операции.



Рисунок. Фрагмент структурной модели автоматизированной подсистемы проектирования технологических операций для оборудования сверлильной группы

На стадии разработки структур операций ключевым моментом является задача определения последовательностей переходов, от которых зависит количество задействованных инструментов, количество переналадок, и как результат — общее время выполнения операции. При этом варианты, не проходящие по условиям качества получаемой поверхности, формы получаемой поверхности, варианты, в которых материал режущей части инструмента не подходит для

обработки материала детали, должны быть отсеяны.

Задача генерирования возможных вариантов последовательностей переходов решается на основе систематизация знаний в области технологического проектирования операций, выполняемых на оборудовании сверлильной группы, и установления закономерности выбора методов обработки отверстий в зависимости от исходных данных (например, последовательность переходов зависит от состояния поверхности заготовки, конфигурации получаемой поверхности, точности и шероховатости поверхности, а также количества отверстий и их взаимного расположения).

Технологические разработки, связанные с выбором методов обработки и последовательностью выполнения переходов обработки детали, базируются на принципах строгого соблюдения последовательности переходов по точности обработки — от менее точной до наиболее точной для каждой обрабатываемой поверхности.

Анализ методов получения отверстий на оборудовании сверлильной группы и систематизация знаний по необходимой последовательности методов обработки позволили создать таблицу возможных вариантов последова-

тельности переходов в зависимости от методов и стадий обработки для оборудования сверлильной группы (цифрами в ячейках определяется последовательность обработки от меньшего значения к большему).

При генерировании возможных вариантов последовательностей переходов для каждого кортежа технологических переходов, имеющегося на входе подсистемы проектирования технологических операций, в первую очередь на основе таблиц максимально достижимой точности выбираются методы окончательной обработки в зависимости от имеющихся вариантов режущего инструмента (РИ). Затем из таблицы выбираются номера схем обработки, содержащие данные методы. Таким образом, в результате работы процедуры генерирования возможных последовательностей переходов в кортежах будут сформированы только такие последовательности, которые соответствуют требованиям технологического проектирования и позволяют получить заданную точность.

На следующем этапе проектирования технологической операции проводится отсев нерациональных вариантов структур операций. Здесь предпочтение отдается таким вариантам, в которых возможно совмещение переходов по времени без расширения номенклатуры РИ,

Возможные последовательности выполнения переходов на оборудовании сверлильной группы

Номер схемы	Переходы обработки отверстия								
	Центровка	Сверление	Рассверливание	Зенкерование	Цекование	Зенкование	Развертывание		Резьбонарезание
							черновое	чистовое	
1	1	2	—	—	—	—	—	—	—
2	—	1	—	—	—	2	—	—	—
3	1	2	—	—	—	—	—	3	—
4	1	2	—	—	—	3	—	—	—
5	1	2	—	3	—	—	—	—	—
6	—	1	—	2	—	3	—	—	—
7	—	1	2	—	—	3	—	—	—
8	—	1	—	—	2	3	—	—	—
9	1	2	—	—	—	—	—	—	3
10	—	1	—	—	—	2	—	—	3
11	1	2	—	—	—	3	—	4	—
12	1	2	—	—	—	—	3	4	—

и вариантам с меньшим количеством различных типоразмеров РИ.

На следующем этапе проектирования выбор рациональных вариантов оснастки и рациональных вариантов структур объединяется в одну проектную процедуру, поскольку одним из критериев для выбора рациональных вариантов является время выполнения операции, которое зависит как от применяемой оснастки, так и от структуры операции. Задача выбора рациональных вариантов оснастки и структур операций может быть решена путем перебора и сравнения всех вариантов, поступивших после этапа отсева нерациональных вариантов, с расчетом основного времени для каждого варианта, что является достаточно сложной и трудоемкой задачей. Поэтому для ее решения предлагается использовать математический аппарат динамического программирования, который позволяет значительно сократить количество расчетов путем оптимизации системы в целом, а не каждого ее элемента в отдельности.

В терминах динамического программирования процедура выбора рациональных вариантов структур и РИ представляет собой некоторую *операцию*, состоящую из ряда последовательных этапов или шагов. В нашем случае каждый шаг — это отдельный технологический переход.

На предыдущих этапах проектирования технологического процесса в системе планирования для каждой модели станка E_k генерируется множество кортежей технологических переходов, в каждом из которых имеется не менее одного технологического перехода. Для каждого перехода генерируется несколько возможных вариантов РИ с временем обработки t_{ij} . Время бессменной работы каждого РИ ограничено периодом стойкости T_j . Необходимо для множества вариантов структур и множества возможных вариантов РИ сформировать комплекты РИ, чтобы суммарное время обработки t_{Σ} было минимальным, при этом количество смен инструмента должно быть минимальным

Управление $x_i = \{j, t_{ij}, a_{ij}\}$ на i -м шаге означает, что на данном технологическом переходе обработка ведется с помощью j -го типоразмера РИ

с временем обработки t_{ij} , с количеством смен инструмента a_{ij} :

$$a_{ij} = \left\lceil \frac{\tau_{ij}}{T_j} \right\rceil - 1, \quad (1)$$

где τ_{ij} — суммарное время бессменной работы j -го режущего инструмента после обработки на i -м переходе,

$$\tau_{ij} = \tau_{(i-1)j} + t_{ij} N_r. \quad (2)$$

Состояние системы на каждом i -м шаге характеризуется вектором $S_i = \{j, \tau_{ij}\}$, который означает, что перед выполнением i -го перехода использовался j -й типоразмер режущего инструмента, и его использованный ресурс равен τ_{ij} .

Запишем функцию выигрыша для каждого шага

$$w_i = f_i(S_i, x_i). \quad (3)$$

Определим функцию изменения состояния системы

$$S' = \varphi_i(S_i, x_i), \quad (4)$$

которая показывает, как меняется состояние S_i под влиянием управления x_i , тогда основное рекуррентное уравнение динамического программирования можно записать в следующем виде:

$$W_i(S_i) = \max_{x_i} \{f_i(S_i, x_i) + W_{i+1}(\varphi_i(S_i, x_i))\}, \quad (5)$$

Уравнение (5) выражает условный оптимальный выигрыш $W_i(S_i)$ (начиная с i -го шага и до конца) через уже известную функцию $W_{i+1}(S')$. Этому выигрышу соответствует условное оптимальное управление на i -м шаге $x_i(S_i)$.

Решение задачи начинается с проведения условной оптимизации последнего n -го шага, вычисляя для возможных вариантов режущего инструмента на этом шаге условный оптимальный выигрыш

$$W_n(S_n) = \max_{x_n} \{f_n(S_n, x_n)\}, \quad (6)$$

и находя условное оптимальное управление $x_n(S_n)$.

В нашем случае в качестве последнего шага определяется технологический переход, на ко-

тором может быть использовано наименьшее количество различных наименований и типоразмеров режущего инструмента, так как в противном случае не гарантируется выполнение данного перехода ввиду существующей вероятности исключения подходящего режущего инструмента на предшествующих шагах.

Далее проводится условная оптимизация $(n - 1)$ -го, $(n - 2)$ -го и т. д. шагов по формуле (5). В итоге остается выполнить безусловную оптимизацию управления, учитывая полученные рекомендации на каждом шаге.

Для решения задачи динамического программирования разрабатывается алгоритм и программа для ЭВМ, которая позволит в дальнейшем провести апробацию полученной методики в условиях действующей многономенклатурной производственной системы.

Таким образом, полученные методики позволяют формализовать проектные процедуры разработки структур технологических операций, реализуемых на оборудовании сверлильной группы. Это дает возможность создать ал-

горитм и программу для ЭВМ, полностью автоматизирующих данный этап проектирования, что позволит существенно сократить время разработки технологических операций, повысить качество проектных решений, снизить себестоимость изготовления деталей.

Литература

1. Бочкарёв П.Ю. Системное представление планирования технологических процессов механообработки // *Технология машиностроения*. 2002. № 1. С. 10–14.
2. Бочкарёв П.Ю., Васин А.Н. Планирование технологических процессов в условиях многономенклатурных механообрабатывающих систем. Теоретические основы разработки подсистем планирования маршрутов технологических операций. Саратов: СГТУ, 2004. 136 с.

Статья поступила в редакцию 17.09.2012