

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ

В.И. Гузеев

В работе представлена методика структурной и параметрической оптимизации технологических процессов, выполняемых на многошпиндельных станках с ЧПУ. Рассмотрены этапы первичного базирования, выбора вариантов обработки, формирования схем обработки и параметрической оптимизации.

Ключевые слова: оптимизация технологических операций; синтез инструментальных наладок.

Имеющиеся научные разработки по повышению эффективности обработки на многошпиндельных станках в основном были направлены на обеспечение точности изготовления деталей [1, 2]. Вместе с тем, вопрос обеспечения производительности многоинструментальной черновой и полуступенчатой обработки остался не достаточно изученным.

Для повышения производительности обработки необходимо стремиться к применению многоинструментальных наладок на одном шпинделе. Но статистические данные по заводам Уральской зоны показывают низкий уровень концентрации технологических переходов на таких станках, количество наладок с тремя инструментами на позиции не превышает 5 %. Объяснение причины низкого уровня концентрации переходов по позициям шпинделей связано с отсутствием оценки силовой нагруженности технологической системы в целом. А именно, при увеличении на позиции числа одновременно работающих на черновых режимах инструментов возрастает суммарная сила резания, которая может превысить силу зажима и нарушить положение заготовки относительно установочных элементов приспособления. Целью создания методики формализованного проектирования токарной обработки на полуавтоматах является обеспечение возможности формирования оптимальных наладок и технологических операций технологами средней квалификации.

Общая блок-схема методики приведена на рис. 1. Методикой предусматривается шесть этапов проектирования:

- 1 – составление вариантов первичного базирования заготовки;
- 2 – формирование всех возможных вариантов обработки заготовки на полуавтомате;
- 3 – формирование схем обработки всех поверхностей детали;
- 4 – параметрическая оптимизация режимов резания для каждой поверхности;
- 5 – структурная оптимизация с формированием вариантов технологических операций;
- 6 – экономическое обоснование и выбор оптимального варианта технологии.

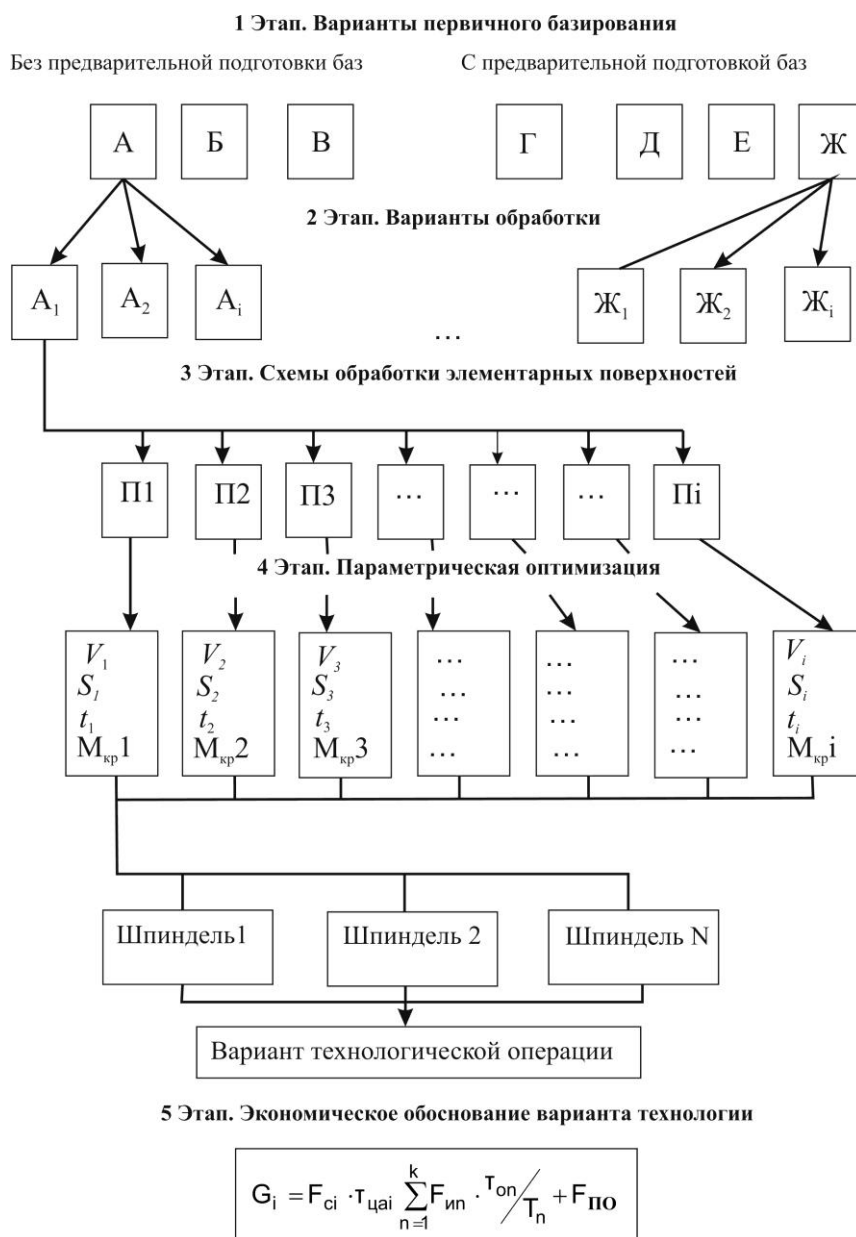


Рис. 1. Блок-схема общей методики проектирования операции

Для выполнения первого этапа формируются все возможные варианты первичного базирования заготовки (рис. 2).

Для каждого варианта первичного базирования составляются все возможные варианты маршрутов обработки заготовки на полуавтомате (рис. 2).

При выполнении третьего этапа проектирования вся деталь разбивается на элементарные поверхности. Для каждой элементарной поверхности составляется схема обработки (рис. 3). При этом может быть предусмотрена возможность обработки некоторых поверхностей с разными схемами (например, применяя продольный или поперечный суппорт).

Перечисленные три этапа может осуществлять технолог невысокой квалификации за счет формального применения типовых решений.

В четвертом этапе для каждой элементарной поверхности осуществляется оптимизационный расчет режимов резания с выполнением ограничений по мощности главного привода, по прочности механизма подачи станка, по допустимому крутящему моменту, по прочности твердосплавной пластины, по заданной шероховатости, по силе зажима патрона. В качестве целевой функции может задаваться либо минимальная себестоимость, либо максимальная производительность.

В результате параметрической оптимизации получаем для каждой элементарной поверхности оптимальные значения подачи, времени обработки и момента крутящего от сил резания.

Структурная оптимизация технологической операции заключается в нахождении оптимального сочетания инструментальных комплексов, обеспечивающих параллельную обработку заготовки несколькими инструментами. При этом должны выполняться ряд условий:

- все шпиндели станка должны быть равномерно загружены как по времени, так и по мощности;
- структура спроектированного технологического процесса должна отражать логику последовательности обработки поверхностей детали.

При выполнении структурной оптимизации решаются следующие задачи: 1. Составляется таблица технологических ограничений на последовательность переходов. При этом ставится в соответствие возможность обработки конкретной элементарной поверхности в зависимости от уже обработанных поверхностей или выполненных стадий обработки той же поверхности (например, чистовая стадия обработки выполняется после черновой стадии обработки) (табл. 1).

2. С учетом этой таблицы производится синтез всех возможных вариантов последовательностей обработки элементарных поверхностей (рис. 3). При этом учитываются ограничения по количеству шпинделей станка, возможности деления переходов на несколько позиций, и технологические ограничения на последовательность переходов. При этом сразу осуществляется проверка предполагаемого совмещения инструментов по допусти-

мому крутящему моменту от сил резания. Например, объединение обработки поверхности П2 с поверхностью П4 или с поверхностью П7 (рис. 3) приведет к перегрузки шпинделя крутящим моментом свыше критического поэтому такие варианты сразу исключаются.

3. Для каждого варианта последовательностей обработки элементарных поверхностей формируются комплексы многоинструментальных наладок с учетом ограничений по суммарному крутящему моменту, по допустимому количеству инструментов в наладке, по количеству шпинделей станка.

4. Из составленных комплексов многоинструментальных наладок выбирается наладка, обеспечивающая минимальное время обработки.

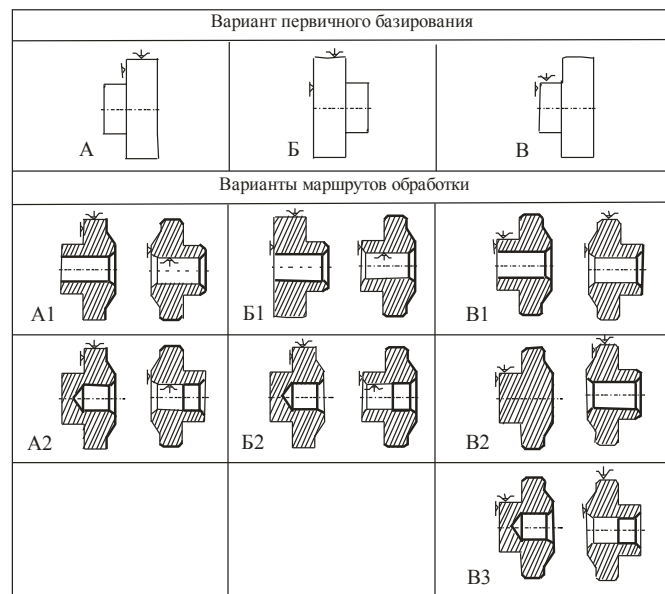


Рис. 2. Варианты первичного базирования заготовки и маршрутов обработки

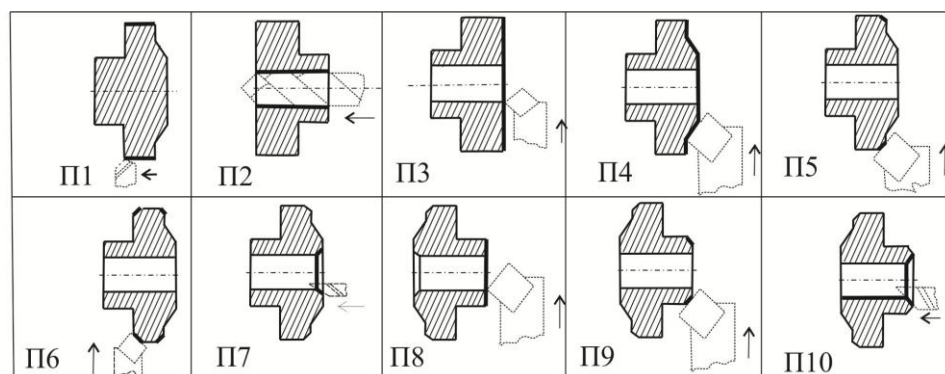


Рис. 3. Схемы обработки элементарных поверхностей (вариант А1)

Таблица 1

Таблица технологических ограничений на последовательность переходов

Установ I					Установ II				
Поверхность	После какой поверхности	Делимость переходов	$M_{кр}$, Нм	Время, мин	Поверхность	После какой поверхности	Делимость	$M_{кр}$, Нм	Время, мин
П2	+	+	471	1,2	П1	+	–	125	0,3
П3	П2	+	210	0,7	П5	П1	–	80	0,1
П4	П3	–	187	0,4	П6	П1	–	80	0,1
П7	П2, П3	–	40	0,1	П8	+	–	70	0,2
					П9	П8	–	55	0,1
					П10	П8	–	40	0,1

Наилучшие комплексы наладок формируются для всех вариантов маршрутов обработки (табл. 2).

Для лучших комплексов вариантов наладок рассчитывается оперативное время, анализ которого позволяет выбрать оптимальный вариант операции обработки детали (табл. 3).

Оптимальный вариант технологической операции зависит не только от параметров оптимизируемой операции но и от затрат, связанных с выполнением дополнительных технологических операций для подготовки технологических баз.

Таблица 2

Синтез многоинструментальных наладок
и формирование вариантов операций

№ варианта	№ шпинделя	Элементарные поверхности						$\Sigma M_{рез}$, Н	Лимитирующее время t , мин
		П1	П2	П3	П3	П4	П7		
		t_i/M_{PEZi}							
I, II	1	$\frac{0,6}{471}$	–	–	–	–	–	471	0,6
	2	–	$\frac{0,6}{471}$	$\frac{0,7}{210}$	–	$\frac{0,4}{187}$	$\frac{0,1}{40}$	908	0,7
III,IV, VII-IX, XI-XIII	1	$\frac{0,6}{471}$	–	$\frac{0,35}{210}$	–	–	–	681	0,6
	2	–	$\frac{0,6}{471}$	–	$\frac{0,35}{210}$	$\frac{0,4}{187}$	$\frac{0,1}{40}$	818	0,6
V,VI, XV,X VI	1	$\frac{0,6}{471}$	–	$\frac{0,7}{210}$	–	–	–	681	0,7
	2	–	$\frac{0,6}{471}$	–	–	$\frac{0,4}{187}$	$\frac{0,1}{40}$	698	0,6
X,XIV	1	$\frac{1,2}{471}$	–	$\frac{0,35}{210}$	–	–	–	681	1,2
	2	–	–	–	$\frac{0,35}{210}$	$\frac{0,4}{187}$	$\frac{0,1}{40}$	347	0,4
XVII	1	$\frac{1,2}{471}$	–	–	–	–	–	471	1,2
	2	–	–	$\frac{0,7}{210}$	–	$\frac{0,4}{187}$	$\frac{0,1}{40}$	437	0,7
XVIII	1	$\frac{1,2}{471}$	–	$\frac{0,7}{210}$	–	–	–	681	1,2
	2	–	–	–	–	$\frac{0,4}{187}$	$\frac{0,1}{40}$	227	0,4

Например, при рассмотрении вариантов Г1–Ж2 (см. рис. 1) учитываются дополнительные затраты, связанные с выполнением операций подготовки баз.

Разработанная методика формализованного проектирования многоинструментальных технологических операций легко алгоритмизируется и реализуется на компьютере.

Методика формализованного составления маршрута обработки детали позволяет технологу невысокой квалификации сформировать все многообразие возможных вариантов изготовления детали.

Таблица 3

Обоснование выбора вариантов операций

Вариант	A1	A2	B1	B2	B1	B2	B3	G1	G2
Время	0,7	0,4	0,6	–	–	1,2	–	0,7	0,6
Вариант	G3	D1	D2	D3	E1	E2	Ж1	Ж2	Ж3
Время	0,35	0,6	0,6	0,35	0,4	0,4	0,35	0,35	0,5

Разработанная методика параметрической оптимизации режимов резания позволяет определить режимы максимальной производительности и лимитирующие переходы.

Методика структурной оптимизации позволяет осуществить синтез оптимальных наладок и выбрать экономически обоснованный вариант изготовления деталей.

Промышленная апробация методики показала возможность повышения производительности на 40–60 % и снижения себестоимости обработки на 30 %.

Библиографический список

1. Гузеев, В.И. Особенности определения режимов резания для многопереходной обработки / В.И. Гузеев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». – 2003. – Вып. 4. – № 9(25). – С. 112–120.

2. Кошин, А.А. Применение клеточных матриц в моделях точности многоинструментной обработки / А.А. Кошин // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – С. 68–74.

[К содержанию](#)