

сообразно использованию наружной протяжки без подъема на зуб с оптимизацией режимов резания для уменьшения величины образуемого гребешка.

После решения вопроса о формообразовании поверхности детали при протягивании тел вращения следующими этапами проектирования данного инструмента будут оптимизация режимов резания, геометрических параметров инструмента и гибкости системы:

- определение толщины срезаемого слоя;
- определение скоростей перемещения детали и инструмента;
- расчёт углов и усилий резания;
- определение величины огранки;
- выбор геометрических параметров зубьев;
- определение состава блоков и геометрических параметров инструмента.

Литература

1. Лейн А.М. Разработка и исследования протяжек для обработки наружных тел вращения» Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, Москва, 1964.
2. Этин А.О. Кинематический анализ методов обработки металлов резанием. Под редакцией д.т.н., проф. А.П. Владзиевского. Издательство «Машиностроение», М., 1964.
3. Виноградов В.М., Черепяхин А.А., Кузнецов В.А., Клепиков В.В. Круговое протягивание зубчатых колёс автомобильных трансмиссий. Издательство «Форум», М., 2011.

Проектирование технологического процесса изготовления деталей на основе технико-экономического моделирования

д.т.н. проф. Кузнецов В.А., Владыка А.А., Цитриков А.В., Захарова О.О.
*Университет машиностроения
(495) 223-05-23, доб. 1219, 1387*

Аннотация. В статье рассмотрен способ выбора метода обработки деталей резанием как с точки зрения обеспечения оптимальных значений его технико-экономических показателей (основное (машинное) время, производительность, себестоимость, прибыль), так и в неразрывной связи с проектированием оптимального технологического процесса.

Ключевые слова: проектирование технологического процесса, технико-экономическая оценка, прибыль.

В результате проведения структурного и параметрического синтеза может быть создано несколько методов обработки (МО) поверхностей деталей машин, применение которых возможно в тех или иных конкретных условиях производства. Каждый из полученных МО способен обеспечить необходимые параметры качества обрабатываемой детали, однако достигаемые ими технико-экономические показатели будут различны. Возникает задача о нахождении оптимального по своим технико-экономическим показателям МО из конечного множества возможных методов, удовлетворяющих системе технологических ограничений по точности и качеству обработки. Решение данной задачи возможно только с привязкой данного метода к конкретным типам оборудования и в совокупности с другими МО, необходимыми для изготовления детали. При этом применение нового МО в различных по структуре технологических процессах будет давать различную эффективность. Это связано с возможностями на определенном оборудовании осуществить максимальную концентрацию операций и переходов, а также обеспечить благоприятную технологическую наследственность после применения нового МО. Вследствие этого технико-экономическая оценка создаваемых МО должна осуществляться в неразрывной связи с оптимальным проектированием технологического процесса изготовления той или иной детали. Для этого проф., д.т.н. Кузнецовым В.А. [1] разработаны основные положения технико-экономической оценки новых МО и синтеза технологических процессов (ТП) на основе их оптимальных сочетаний.

Проектирование ТП методом синтеза осуществляется на основе локальных типовых

решений. В этом случае деталь, для которой проектируется ТП, условно делится на отдельные поверхности, для каждой из которых составляется план ее обработки. Этот план включает в себя определенную последовательность МО, необходимых для достижения необходимой точности и качества обработки рассматриваемой поверхности. Таким образом, системой технологических ограничений, определяющих выбор того или иного МО, является совокупность заданных параметров качества. Как указывалось выше, чаще всего имеется несколько альтернативных МО, обеспечивающих одинаковое качество обработанной поверхности. Вследствие этого появляется необходимость выбора из нескольких возможных методов одного, оптимального по определенному критерию. Для выявления наиболее приемлемого критерия оптимальности проведен анализ характеристик и функций МО. Данный анализ позволил установить, что таким критерием, наиболее существенно отражающим свойства и эффективность МО без привязки его к конкретному оборудованию, оснастке или автоматической линии, является производительность обработки или связанное с ним основное (машинное) время. Оптимизация плана обработки поверхности и всего ТП осуществляется в два этапа. Для осуществления первого этапа оптимизации необходимо создать сетевую модель обработки поверхности детали. В этом случае план обработки поверхности детали представляется в виде ориентированного графа, вершины которого изоморфны достигаемым параметрам качества, а его дуги – методам обработки (МО), с помощью которых эти параметры могут быть достигнуты. Такой граф можно назвать первичным технологическим графом. Таким образом, рассматриваются последовательные состояния обрабатываемой поверхности, возникающие в результате применения того или иного МО. Каждое из состояний поверхности детали представляется в виде комплекса параметров качества K_i . Последовательность обработки отдельной поверхности детали представлена на рисунке 1.

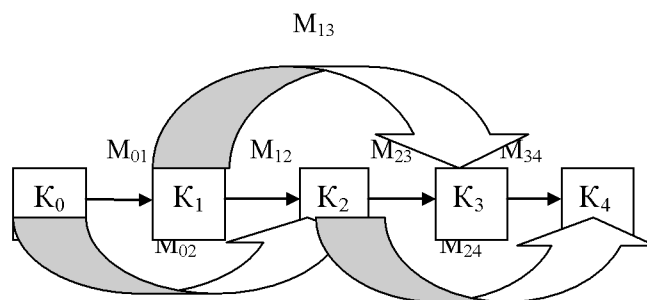


Рисунок 1 – Первичный технологический граф

Затем на дугах графа вместо кодов МО M_{ij} проставляются числовые функции – значения основного времени Q_{ij} , рассчитанные в соответствии с режимами для каждого конкретного МО. Значения основного или штучного времени целесообразно определять по методике, основанной на понятиях удельного съема материала при резании [2].

Например, основное время обработки резанием для любой детали при удалении с нее припуска объемом Q выражается следующей зависимостью:

$$t_0 = \frac{Q}{a_{cp} \cdot v \cdot b_0} \quad (1)$$

В этой формуле скорость резания v и средняя толщина среза a_{cp} , характеризующая среднюю нагрузку на единицу длины режущей кромки, являются основными сопоставимыми физическими параметрами любого процесса резания.

Основное время фрезерования поверхностей вращения на всю глубину припуска будет складываться из времени t'_0 врезания с радиальной подачей без вращения детали и времени t''_0 обработки с вращением детали в период установившегося резания и выражается зависимостью:

$$t_0 = t'_0 + t''_0 = \frac{K}{n_a} + \frac{t}{a_1 \cdot z \cdot n_b} = \frac{K \cdot \pi^2 \cdot D \cdot (2 \cdot t - a_{\phi})}{a_{\phi} \cdot v_{\phi} \cdot z \cdot 1000} + \frac{t \cdot \pi \cdot D}{a_{\phi} \cdot q \cdot z \cdot v_{\phi} \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot D \cdot t}{a_{\phi} \cdot v_{\phi} \cdot z \cdot 1000} \cdot \left(\frac{2 \cdot K \cdot \pi \cdot D}{\Theta \cdot d} + \frac{1}{q} \right) \quad (2)$$

где: K – коэффициент перекрытия, учитывающий добавочное время на врезание фрезы (практически K равен $\sim 0,1$ оборота детали);

q – отношение толщины среза a_1 в период радиального врезания к средней толщине среза a_{cp} в период установившегося резания с вращением детали.

Основное время обработки при протягивании будет рассчитываться по следующей формуле:

$$t_0 = \frac{L + B \cdot \operatorname{tg} \lambda + p_1 \cdot (z - 1)}{v \cdot 1000} \quad (3)$$

В результате получается вторичный технологический граф (рисунок 2).

После задания на дугах графа числовых функций задача оптимизации плана обработки поверхности может быть решена как задача нахождения кратчайшего пути (или путей) на ориентированном графе. Для решения данной задачи на ЭВМ была разработана оригинальная программа, основанная на методах динамического программирования. В результате обработки вторичного технологического графа по данной программе выделяются один или несколько наиболее производительных планов обработки поверхности детали. Следует отметить, что ТП можно оптимизировать как по отдельным поверхностям, так и по всей детали в целом. В последнем случае ТП обработки представляется в виде плоской сети с несколькими ветвями (рисунок 3).

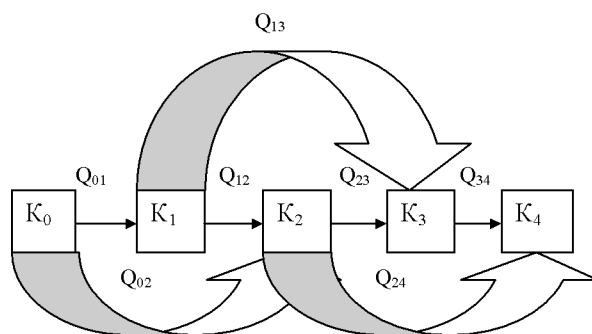


Рисунок 2 – Вторичный технологический граф

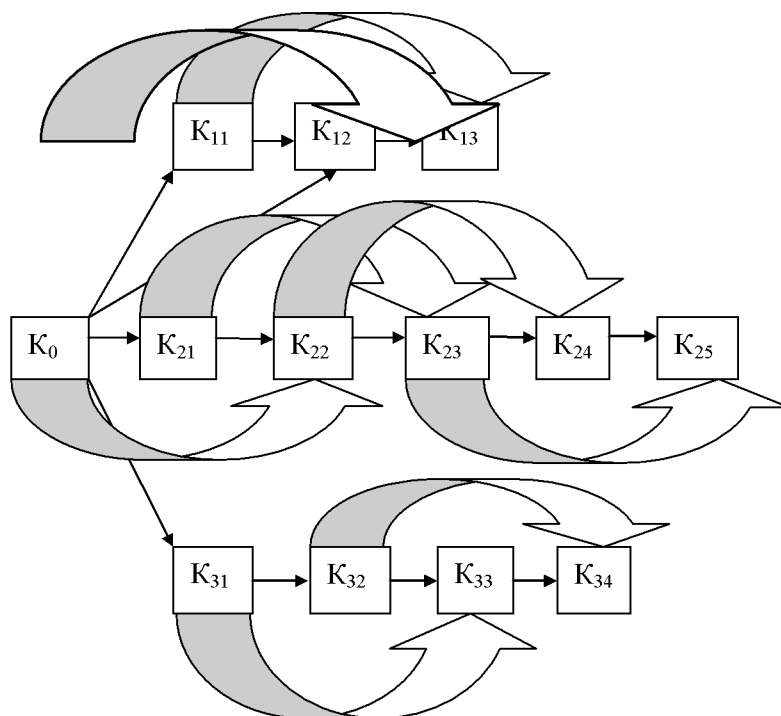


Рисунок 3 – Плоский технологический граф

Каждая ветвь представляет собой план обработки отдельной поверхности детали. Выходной узел сети – общий для всех поверхностей, т.к. параметры качества заготовки на всех

поверхностях, как правило, одинаковые.

Для проведения второго этапа оптимизации для каждого из выбранных планов обработки формируется несколько вариантов структур технологического оборудования, оснастки и т.д. На этом этапе в качестве критерия оптимизации могут быть применены себестоимость обработки или приведенные затраты.

Для расчета приведенных затрат можно воспользоваться следующей формулой [3]:

$$Z = N_r \cdot \sum_{i=1}^M C_i + E_n \cdot K, \quad (4)$$

где: N_r – годовая программа выпуска деталей;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности;

K – капитальные затраты;

M – число станочных операций для полной обработки детали.

Себестоимость обработки детали определяется из выражения:

$$C_i = (\delta + \beta) S_{ст} T_{\phi i} + (\alpha A_i + I_i) a_i / N_r + (\delta + \beta) V_{\text{нн}} T_{\text{ци}} \Delta S_{\text{н}},$$

где: $\delta = 1,15$ – коэффициент заработной платы с начислениями;

β – общие накладные расходы в долях заработной платы, включающие расходы на текущий ремонт оборудования;

$S_{ст}$ и $S_{\text{н}}$ – минутная заработная плата станочника и наладчика;

$T_{\phi i}$ – оплачиваемое время станочника за работу на данном станке;

α – коэффициент амортизационных отчислений;

A_i – стоимость станка для выполнений i -й операции;

I_i – стоимость годовой эксплуатации инструмента;

a_i – число параллельно работающих станков на i -й операции;

$V_{\text{нн}}$ – удельные, отнесенные к 1 минуте работы станка потери времени на замену инструментов;

$T_{\text{ци}}$ – время цикла станка;

$\Delta = 1,3 - 1,6$ – коэффициент, учитывающий занятость наладчика предварительной настройкой инструмента и наблюдением за работой станков.

Следует отметить также, что в рыночных условиях в значительной мере повышается роль такого критерия, как прибыль, определяемого по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^{n_b} (C_i - C_i), \quad (5)$$

где: n_b – количество единиц наименований реализованной продукции;

C_i – оптовая цена продукции;

C_i – себестоимость единицы продукции.

Применение указанного критерия позволяет предприятиям интенсифицировать и развивать производство, а также поддерживать высокий материальный уровень своих работников. Данный критерий – единственный, который позволяет стимулировать повышение качества и надежности выпускаемой продукции. Это объясняется тем, что на более надежные, высококачественные машины и агрегаты может быть установлена и более высокая цена. Увеличение цены на реализуемую продукцию ведет к пропорциональному увеличению прибыли. В результате применения предложенной методики рационального выбора МО и разработанного на ее основе программного обеспечения может быть спроектирован ТП, обеспечивающий заданное качество обработки при максимальной производительности и максимуме получаемой прибыли. Кроме того, с ее помощью может быть комплексно оценена эффективность применения вновь созданного МО в различных структурах ТП. Следует также отметить, что данная методика позволяет наиболее полно использовать информацию, которой располагает технолог на различных этапах проектирования, и обеспечивает наименьшее число возвратов к предыдущим этапам. Это объясняется тем, что на первом этапе оптимизации при расчете режимов резания и машинного времени используются данные, характеризующие МО, и лишь на втором этапе возникает необходимость учета сведений, относящихся к кон-

кретному оборудованию и технологической оснастке, включающие в себя данные о зарплате операторов, а также о капитальных вложениях.

Литература

1. Кузнецов В.А. Синтез и исследование технологических структур методов механической обработки поверхностей деталей машин. Дисс. докт. техн. наук, М., 2000.
2. Этин А.О., Юхвид М.Е. Кинематический анализ и выбор эффективных методов обработки лезвийным инструментом. М., АО ЭНИМС, 1994.
3. Дашенко А.И., Белоусов А.П. Проектирование автоматических линий М., Высшая школа, 1983.

Венчурные предприятия в современном машиностроительном производстве

д.т.н. проф. Кузнецов П.М.

*Московский государственный открытый университет им. В.С. Черномырдина
(495) 223-05-23, доб. 1387*

Аннотация. Целью предлагаемого подхода является снижение себестоимости и сроков изготовления изделий путем рациональной загрузки существующих производственных систем и при обеспечении заданного качества изготавливаемых изделий.

Ключевые слова: машиностроительное производство, венчурные предприятия, рациональной загрузки существующих производственных систем

В современном машиностроительном производстве скорость организационных перестроек в проектных организациях существенно опережает скорость перестройки на промышленных предприятиях, усиливается конкуренция. Все это остро ставит вопрос об оперативном реагировании производства на изменение потребительского спроса, что требует разработку методов обеспечения быстрой перестройки и адаптации производственной системы (ПС) для выполнения новых проектов. Причем выполнение таких проектов должно предусматривать изготовление деталей широкой номенклатуры различного количества.

Количественные и качественные изменения в развитии современного машиностроения приводят к появлению, в частности, новых форм предприятий – венчурных. Венчурное предприятие (рискованное предприятие) направлено на реализацию идей или проектов, представляющих коммерческий риск. Для этих целей требуется ПС, время жизни которой должно соответствовать жизненному циклу реализуемого проекта [1].

Появление рынка проектных услуг конструкторских бюро выдвигает требование формирования ПС, способных реализовать разрабатываемые проекты в короткие сроки при обеспечении заданных параметров. Время жизненного цикла проектов может быть достаточно малым, поэтому производить физическую перестройку существующих ПС для их реализации оказывается невозможным по экономическим причинам. Кроме того, реализация нескольких проектов, а во многих случаях даже одного, требует одновременного изготовления некоторого количества деталей различной номенклатуры. Здесь приходится говорить о многообъектном проектировании и изготовлении, при этом формируемая ПС является объектно-ориентированной.

Формирование ПС для этих целей традиционными методами, связанными с материальными перестройками существующих ПС, оказывается невозможным. Возникает необходимость в поиске новых подходов к процессам формирования ПС с требуемыми свойствами без осуществления трудоемких материальных перестроек.

Использование существующих ПС требует не простой, частичной переналадки отдельных элементов технологических процессов (оборудования, технологической оснастки), а глубокие изменения во всем производстве, включая производственные и технологические процессы, организацию и управление [2]. Поэтому проблема переналадки ПС приобретает на