

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Уринов Насилло Файзиллоевич
кандидат технических наук, доцент

Дубровец Людмила Владимировна
старший преподаватель

Шукурова Мадина Шавкат кизи
Магистр, Бухарский инженерно-технологический институт

Аннотация

В статье представлено определение параметров режимов резания, оптимизирующих основные показатели эффективности производства, такие как, производительность, себестоимость.

Ключевые слова: стойкость инструмента, шероховатость, обработанная поверхность, качество изделия, чистовая обработка, черновая обработка, подача, скорость резания.

Annotation

The article presents the definition of parameters of cutting conditions that optimize the main indicators of production efficiency, such as productivity, cost.

Keywords: tool life, roughness, machined surface, product quality, finishing, roughing, feed, cutting speed.

Аннотация

Мақолада унумдорлик, таннарх каби ишлаб чиқариш самарадорлигининг асосий кўрсаткичларини оптималлаштирувчи кесиш тартиботларининг параметрларини аниқлаш бўйича маълумотлар келтирилган.

Калит сўзлар: асбобнинг чидамлилиги, ғадир-будурлик, ишлов берилган сирт, маҳсулот сифати, тоза ишлов бериш, хомаки ишлов бериш, узатиш, кесиш тезлиги.

В условиях многоуровневого выбора решений на различных этапах проектирования технологического процесса (ТП) первоначально решается вопрос структурной оптимизации. После выбора определенной структуры маршрута обработки, операции, позиции, переходов или различных видов технологической оснастки ставится задача их параметрической оптимизации. Однако в большинстве случаев это сделать трудно из-за отсутствия математических моделей, которые связывают структурные составляющие технологических процессов с некоторой группой параметров, определяющих технико-экономические показатели этих процессов.

Параметрическая оптимизация ТП обычно выполняется после выбора структуры перехода и выражается главным образом в определении оптимальных режимов резания (скорости v , подачи s и глубины резания t) с позиций некоторого критерия.

К параметрической оптимизации могут быть также отнесены расчеты: по выбору оптимальной геометрии режущего инструмента (резцов, сверл, фрез и т. д.); по выбору точностных, силовых и прочностных параметров станочных приспособлений; по выбору физико-механических свойств режущих инструментов; по определению оптимальных значений припусков и допусков на выполняемые размеры.

Задача определения оптимальных режимов резания является одной из наиболее массовых и встречается при разработке различных видов ТП механической обработки заготовок. Из-за различных конкретных условий обработки, целей и задач оптимизации процесса резания возникают разные варианты постановки этой задачи.

При описании процесса обработки выделяют входные и выходные параметры, которые между собой связаны сложными функциональными зависимостями. Совокупность этих зависимостей принято рассматривать как математическую модель процесса обработки. В общем случае процесс обработки носит вероятностный характер. Однако из-за сложности построения зависимостей, учитывающих случайный характер изменения целого ряда параметров, в настоящее время преимущественно используются детерминированные модели, построенные на основе усредненных характеристик процесса.

В задачах расчета режимов резания входные параметры разделяются на искомые (управляемые) и заданные (неуправляемые). Задача расчета оптимальных режимов заключается в определении таких значений, которые являются наилучшими (по некоторым показателям) по совокупности выходных параметров при заданных значениях неуправляемых параметров.

В качестве искомых параметров при расчете оптимальных режимов обычно принимают скорость резания v и подачу s , иногда используют глубину резания t . Целесообразно также в разряд искомых параметров включать стойкость и геометрические параметры режущего инструмента, которыми можно управлять непосредственно в процессе обработки. Степень влияния отдельных управляемых переменных на основные показатели оптимизируемого процесса различна, поэтому при выборе и построении критериев оптимальности необходимо учитывать наиболее существенные параметры обработки.

В частности, из теории резания известно, что при наружном точении большее влияние на повышение производительности обработки при постоянной площади срезаемого слоя ($t_s = \text{const}$) оказывает увеличение глубины резания, чем подачи. С другой стороны, при постоянном периоде стойкости инструмента на повышение производительности сильнее влияет в сравнении со скоростью v увеличение подачи s . Подобный предварительный анализ позволяет в отдельных случаях упростить построение алгоритмов выбора оптимальных режимов обработки.

В общем случае постановка задачи оптимизации режимов обработки включает: выбор искомых параметров; определение множества их возможных значений; выбор анализируемого набора выходных параметров процесса; установление функциональных зависимостей между искомыми и выходными параметрами при фиксированных значениях неуправляемых параметров; выделение целевой функции; назначение диапазонов возможных значений выходных параметров.

Набор искомых параметров может быть представлен в виде некоторого множества $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Тогда задача расчета оптимальных режимов резания сводится к следующей задаче математического программирования:

$$F(x) \rightarrow \min(\max)$$

$$R_i(x) \leq R_i, \text{ где } i = 1, 2, \dots, m$$

где: $F(x)$ — зависимость для принятого критерия оптимальности;

$R_i(x)$ — значение i -ой характеристики процесса резания в зависимости от значений искомых параметров x из некоторого заданного множества X ;

R_i — заданное предельное значение i -й характеристики процесса резания

В зависимости от вида и сложности представления функций $F(x)$ и $R_i(x)$ используют различные математические модели расчета режимов резания. Эти модели могут быть классифицированы по следующим признакам: составу набора x оптимизируемых переменных; составу учитываемых показателей процесса; принятому критерию оптимальности; виду функций $F(x)$ и $R_i(x)$, аппроксимирующих основные закономерности процесса.

Использование различных математических моделей приводит к необходимости разработки разнообразных методов и алгоритмов решения рассматриваемой задачи [1].

При параметрической оптимизации решается обычно одно из следующих технико-экономических задач выбора параметров режима резания, обеспечивающих: 1) минимум затрат, связанных с процессом обработки (характерна для условий обработки на универсальных станках в серийном производстве); 2) максимум производительности (характерна для лимитирующих позиций станочных систем); 3) минимум затрат при заданной производительности (характерна для условий обработки на станках и автоматических линиях в массовом производстве). В основе решения всех описанных оптимизационных задач лежит модель процесса резания, которая отражает зависимость стойкости режущего инструмента от параметров режима обработки.

В современном машиностроении производство невозможно без информационного обеспечения. Для повышения эффективности и конкурентоспособности необходимо оптимизировать параметры обработки резанием. Одним из путей повышения эффективности производства является применение оптимальных режимов обработки, полученных имитационным моделированием.

С позиции оптимизации производства имитационное моделирование является более универсальным и менее трудоемким по сравнению с физическим экспериментом.

Постановка задачи: задачей исследования является определение параметров режимов резания, оптимизирующих основные показатели эффективности производства, такие как, производительность, себестоимость. Стойкость инструмента, шероховатость обработанной поверхности.

В качестве обрабатываемой детали принят вал, изготовленный из стали 45, ГОСТ 1050-88.

Методика исследования заключается в математическом моделировании, разработке программно-математического обеспечения ЭВМ, использовании численных методов решения оптимизационной задачи обработки деталей и экспериментальной проверке.

Разработаны математические модели и алгоритмы оптимизации, отражающие взаимосвязь параметров режимов резания с критериями качества: производительностью (P), себестоимостью (C), стойкостью инструмента (T) и шероховатостью обработки (Rz).

Зависимость критериев P, T, C, Rz от параметров режимов резания приняты в соответствии с формулами (1), (2) [2] и представлены в следующем виде:

$$Rz = \frac{0.4 \sqrt{(0.25r^{0.15})^2}}{\sqrt{x^{0.3} \sin \varphi^{0.4}}} \cdot v \cdot 8r \quad (1)$$

где: r – радиус при вершине токарного резца, мм; v – скорость резания, м/мин; t – глубина резания, мм; φ – главный угол в плане, град.

$$P = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot t \cdot S}{1 + \frac{\tau_{CT}}{T}} \times 10^{-6} [\text{М}^3/\text{мин}] \quad (2)$$

где: D – диаметр заготовки, мм; n – частота вращения, об/мин; S – подача, мм/об; τ_{CT} T – стойкость токарных резцов, мин.

$$T = \frac{C_v k_v}{v \cdot t^x s^y} [\text{мин}] \quad (3)$$

где: C_v – коэффициент, зависящий от группы обрабатываемого и инструментального материалов; k_v – коэффициент, зависящий от прочности и химического состава, обрабатываемого и инструментального материалов, от геометрии режущего инструмента, использования смазочно-охлаждающей жидкости; x, y – показатели степени, зависящие от марки обрабатываемого и инструментального материалов, условий резания.

Подставляя (3) в (2) и принимая за возмущающее воздействие изменение величины припуска при постоянной t, получим следующую функцию для P:

$$P = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot t \cdot S}{1 + \frac{\tau_{CT} \cdot v \cdot t^x s^y}{C_v k_v}} [\text{М}^3/\text{мин}], \quad (4)$$

Математические модели представлены в виде набора параметрических нелинейных функций. Эти функции хранятся в базе данных и используются для формирования модели оптимизации и представления в требуемом формате.

Для нахождения оптимального значения критериев эффективности используется «метод координатного спуска» для много мерных функций [3]. Ограничениями являются допустимые значения исходных данных.

Оптимизация осуществляется за счет варьирования исходных параметров в заданных граничных диапазонах.

Оптимальное решение выдается в виде уточненных значений параметров, при которых целевая функция принимает экстремальное значение F_{min} (или F_{max}) для заданного критерия эффективности.

Программное обеспечение для решения поставленных задач разработано в среде программирования Delphi.

Одно из главных требований данной оптимизации - обеспечение качества изделия (Rz), в соответствии с этим требованием, разработано программное обеспечение которое осуществляет определение шероховатости в заданном диапазоне.

Литература

1. САПР технологических процессов, режущих инструментов и приспособлений. Под ред. С.Н.Корчакова, М.: Машиностроение, 1988.-350 с.
2. Ключев А. С. Оптимизация систем технологического контроля и автоматизации: Информ. подход / А. С. Ключев, А. Т. Лебедев. - М.: Энергоатомиздат, 1994. - 96 с.
3. Мудров А. Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль.- Томск: МП «Паско»,1991.-272 с.