

УДК 621.91.01

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Кочнов К.Д., студент

МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Ракетно-космическая техника»

kochnovkd@student.bmstu.ru

Грубый С.В., профессор, заведующий кафедрой «Инструментальная техника и технологии»

МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Машиностроительные технологии»

grusv_16@bmstu.ru

Требования по точности и качеству механической обработки, предъявляемые, например, к деталям ракетно-космической техники, имеют существенное значение в обеспечении эксплуатационных показателей.

Одним из методов повышения экономической эффективности производства является оптимизация процесса механической обработки деталей, которая подразделяется на структурную и параметрическую [1]. Задачу структурной оптимизации можно сформулировать как задачу выбора наилучшей структуры технологического процесса: оптимальный выбор заготовки, оборудования, инструментов, оснастки, последовательности операций и переходов и др. Параметрическая оптимизация обеспечивает оптимальные значения режимных (управляемых) параметров резания на основании результатов расчетов с использованием принятых критериев и рассмотренных ограничений.

Традиционный метод выбора параметров резания основан на применении степенных уравнений с поправочными коэффициентами, которые зависят от вида обрабатываемого материала (ОМ) и его механических характеристик, этапа обработки, состояния обрабатываемой поверхности, инструментального материала (ИМ) и других факторов. Для труднообрабатываемого ОМ степенные уравнения и коэффициенты приведены в справочнике [2]. Установлена последовательность выбора режимных параметров, для которой при точении назначают глубину резания t , мм в соответствии с этапом обработки, рассчитывают подачу S_0 , мм/об, скорость резания V , м/мин, частоту вращения шпинделя станка n , об/мин [3]. По полученным значениям параметров можно определить тангенциальную составляющую силы резания для последующей проверки по мощности привода шпинделя станка N , кВт, и максимальному крутящему моменту M , Н·м. При фрезеровании назначают подачу на зуб S_z , мм/зуб, вычисляют скорость резания V и частоту вращения шпинделя станка n , минутную подачу S_m , мм/мин.

Выбору или расчету режимных параметров посвящено большое количество учебной литературы, однако, вопросы оптимизации этих параметров изложены в основном только в научной специальной литературе. Результаты оптимизации режимных параметров можно реализовать на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), которые обладают возможностью бесступенчатого регулирования в широком диапазоне параметров обработки.

В ходе исследования были рассмотрены операции продольного точения заготовки из калиброванного проката резцом со сменной многогранной пластиной (СМП) и фрезерования корпусной детали цельной твердосплавной концевой фрезой на станке с ЧПУ с учетом ряда ограничений.

Приняты условия расчёта для операции точения: обрабатываемый диаметр $\Phi 43h12$, длина обработки $L = 52,5$ мм, требуемая шероховатость $Ra = 3,2$ мкм, ИМ – твердый сплав ВК6М, стойкость инструмента $T = 30$ мин, диапазон допустимых подач по рекомендациям для СМП $0,11 \dots 0,35$ об/мин, ОМ – коррозионностойкая сталь марки 07X16N6, мощность привода станка $N_{ст} = 15$ кВт, диапазон частот вращения шпинделя $38 \dots 5000$ об/мин.

Приняты условия расчёта для операции фрезерования: диаметр фрезы $D = 16$ мм, количество зубьев $z = 4$, ширина фрезерования $B = 20$ мм, глубина фрезерования $t = 1$ мм, длина обработки $L = 244$ мм, шероховатость обработанной поверхности $Ra_z = 3$ мкм, стойкость инструмента $T = 60$ мин, ИМ – твердый сплав ВК6М, ОМ – сталь марки 07Х16Н6, мощность привода станка $N_{ст} = 5,5$ кВт, диапазон частот вращения шпинделя 50...6000 об/мин, время на замену инструмента после затупления $T_{см} = 8$ мин, число обработанных деталей за период стойкости инструмента $Ktz = 50$ шт, стоимость фрезы $C_{дн} = 6000$ руб.

Для заданных операций был произведен расчет режимных параметров обработки, рассчитано основное время обработки t_0 , мин. Произведена параметрическая оптимизация режимов резания, в качестве критерия на операции точения был принят критерий минимального штучного времени, при фрезеровании – минимальной переменной части себестоимости C , руб. В результате были получены оптимальные режимные параметры обработки, обеспечивающие выбранные критерии и рассмотренные ограничения.

Для реализации процедур оптимизации была разработана программа на языке Python. Выбор Python обусловлен его широким распространением в сфере анализа данных как в научных исследованиях, так и в коммерческих приложениях, что объясняется относительной простотой языка и наличием обширной экосистемы открытых библиотек [4]. В частности, для решения задач оптимизации использовалась библиотека SciPy [5].

SciPy — это многофункциональная библиотека с открытым исходным кодом для языка Python, обеспечивающая возможности анализа данных, научных вычислений и визуализации полученных результатов.

В результате проведенной работы была написана программа с графическим интерфейсом, осуществляющая поиск оптимальных параметров механической обработки для операций точения и фрезерования.

Разработанная программа позволяет не только производить оптимизацию режимных параметров обработки, сокращая время расчётов, но и имеет возможность интеграции с различными САМ– программами.

Литература

1. Грубый, С. В. Математическое моделирование и оптимизация механической обработки : учебник / С. В. Грубый. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 212 с.
2. Режимы резания труднообрабатываемых материалов : справочник / Я. Л. Гуревич, М. В. Горохов, В. И. Захаров и др. 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1986. - 240 с. : ил. Режим доступа: <https://thelib.net/127190-rezhimy-rezaniya-trudnoobrabatyvaemyh-materialov-spravochnik.html> (дата обращения 20.01.2025).
3. Грубый, С.В. Расчет режимов резания для операций механической обработки : учебное пособие / С.В. Грубый. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 200 с.
4. Дэвид Бизли. Python. Подробный справочник. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2010. – 864 с., ил.
5. Нуньес-Иглесиас, Х. / Х. Нуньес-Иглесиас, в. д. Уолт, Х. Дэшноу. Элегантный SciPy — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 266 с.