

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ТОЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ

Шавдуров Д.Э., Боголюбова М.Н., Афонасов А.И.

Научный руководитель: Боголюбова М.Н., к.т.н., доцент

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет

e-mail: Shavdurov@yandex.ru

Жаропрочные сплавы на никелевой основе такие, как ЭИ 698 широко применяются при изготовлении деталей машин и приборов, работающих при высоких температурах порядка 7000 - 9500С. Особенностью таких сплавов является их сложный химический состав, определяющий специфику их свойств и характеристик. Химический состав сплава ЭИ 698 приведен в Таблице 1. Сплав обладает высокой удельной прочностью, антикоррозионной стойкостью, малой пластичностью, малой теплопроводностью, склонностью к налипанию и наклепу и др., что обуславливает повышенную трудоемкость и специфику его обработки.

Вместе с тем, проведенные испытания показывают, что характеристики стойкости инструмента не удовлетворяют современным требованиям назначения режимов резания при производстве деталей из жаропрочных сплавов и приводят к необходимости более тщательного изучения этого вопроса [1,2].

Задачей исследования является определение параметров режимов резания, оптимизирующих значения определенных критериев эффективности таких, как производительность, себестоимость, стойкость инструмента при различных вариантах исходных технологических параметров.

Таблица 1. Химический состав сплава ЭИ 698 (ХН73МВТЮ)

C	Si	Mn	Cr	Ti	Al	W	Mo	Fe	P	S	(Al+T) %	Кол-во γ -фазы %
0.07	0.5	0.4	14.5	2.75	1.8	6.0	3.2	1.03	0.015	0.007	4.56	22

Методика исследования заключается в математическом моделировании, разработке программно-математического обеспечения ЭВМ, использовании численных методов решения задачи оптимизации процесса обработки деталей из жаропрочных сплавов типа ЭИ 698 и экспериментальной проверке с целью идентификации полученных результатов исследования в производственных условиях.

На Рис.1 приведены графические зависимости влияния скорости резания V на основные характеристики процесса резания $P=f(v)$, $T=f(v)$, $C=f(v)$.

Анализ показал, что в широком диапазоне изменения скорости резания V существуют экстремальные значения – минимум себестоимости (C) и максимум производительности (P). При этом влияние скорости резания на эти показатели неоднозначно. Скорость V существенно отличается для их экстремальных значений C_{min} и P_{max} . Для оптимизации режима резания необходимо исследовать интервал изменения скорости резания в пределах от V_{Cmin} до V_{Pmax} .

Разработка математической модели

Разработаны: математическая модель и алгоритм оптимизации, отражающие взаимосвязь параметров режимов резания с такими критериями качества, как производительность; себестоимость

и др.; формализованное представление исходной и выходной информации с визуальным отображением результатов исследования; программное обеспечение в среде Delphi для решения поставленных задач. Для получения оптимальных значений критериев эффективности P , T , C используется «метод координатного спуска».

Математическая модель оптимизации включает следующие компоненты: информационная модель; входные, выходные, внутренние параметры; варьируемые переменные, которые выделяются из числа внутренних параметров; критерии оптимизации; целевая функция; система ограничений.

Выходные данные включают: результаты расчета критериев P , T , C , таблицы зависимостей $P=f(v)$, $T=f(v)$, $C=f(v)$, графические зависимости в соответствии с расчетными данными таблицы.

Исследуемые математические модели представлены в виде набора многопараметрических нелинейных зависимостей и функций. Эти функции хранятся в базе данных и используются для формирования модели оптимизации и представления их в требуемом формате. Для нахождения оптимального значения критериев эффективности используется «метод координатного спуска» для многомерных функций, и эвристические алгоритмы [4].

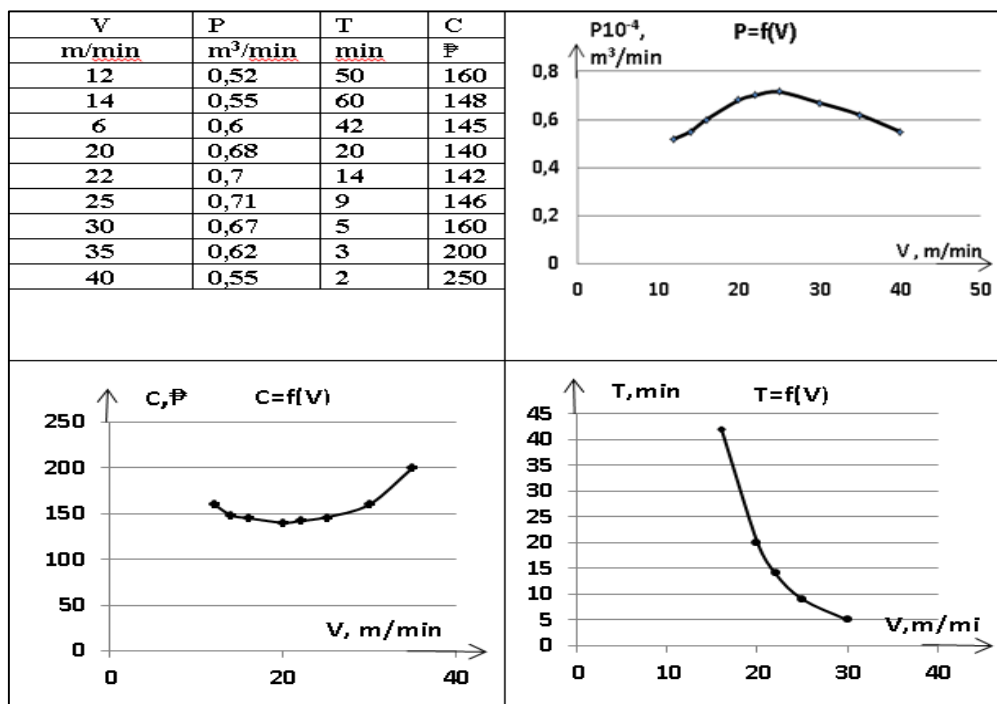


Рис.1. Влияние скорости резания на основные характеристики процесса резания при точении деталей из сплава ЭИ 698 при $s = 0.26 \text{ мм/об}$

Ограничениями являются допустимые значения параметров. Оптимизация осуществляется за счет варьирования этих 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.

Зависимости критериев P, T, C от параметров режимов резания рассчитаны по формулам Макарова А.Д. [3].

Результаты исследования

В данной работе проведено исследование влияния механических свойств жаропрочного сплава ЭИ 698 на характеристики режима токарной обработки. С целью снижения трудоемкости и сокращения дорогостоящих натурных испытаний выполнено прогнозирование с помощью математического моделирования и ЭВМ процесса резания с последующей верификацией в виде эксперимента в лабораторных и производственных условиях.

Разработан графический интерфейс численного моделирования оптимизации параметров процесса резания токарной обработки, который позволяет на основе определенного диапазона исходных параметров прогнозировать режимы резания в соответствии с заданными критериями эффективности.

Данная модель может быть применена для других видов обработки: фрезерной, сверлильной и т.д. с некоторыми изменениями и дополнениями, обусловленными спецификой вида обработки.

На основании проведенных исследований выработаны рекомендации по оптимизации процесса резания с учетом ограничений, накладываемых на параметры системы резания в соответствии с определенными критериями эффективности.

Список использованных источников

1. Верещака А. С., Анисеев А. И., Дачева А. В. Повышение эффективности резания труднообрабатываемых материалов. //Технология машиностроения. 2010. №3. С.17-22.
2. Afonarov A.I., Lasukov A.A. Elementary Chip in Metal Cutting. //Vestnik Mashinostroyeniya. 2013. № 12. pp. 69-72.
3. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания DJVU. Москва: Машиностроение, 2011, 278 с.
4. Bogoljubova M. N., Sumtsova O. V., Doschinsky D. V. Development of Graphical Interface for Determination of Optimal Cutting Parameters in Turning Operations // Key Engineering Materials Scientific Journal. — 2016. — Vol. 685.