

УДК 621.91

Компьютерное моделирование процесса механической обработки со высокими скоростями резания

Корнеев Иван Сергеевич

i@ivankorneev.ru

Колпаков Владимир Иванович

kolpakov54@mail.ru

SPIN-код: 3108-5978

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Проведено компьютерное моделирование процесса сверхскоростного фрезерования с использованием различных планов экспериментального исследования. Для анализа влияния технологических параметров на термомеханические характеристики зоны резания применены ортогональный и ротатальный планы второго порядка. Моделирование выполнено в программном комплексе Ansys Autodyn с использованием модели Джонсона — Кука для описания поведения материала заготовки. Исследовано влияние переднего угла зуба фрезы, глубины и скорости резания на температурное поле в зоне обработки. Получены регрессионные модели, адекватно описывающие процесс сверхскоростного резания. Установлено, что наибольшее влияние на температуру резания оказывает передний угол инструмента.

Ключевые слова: сверхскоростное фрезерование, компьютерное моделирование, Ansys Autodyn, модель Джонсона — Кука, ортогональный план, ротатальный план, температура резания

Введение. Современные тенденции в области механической обработки связаны с применением высоких и сверхскоростных режимов резания [1]. Эффективное использование таких режимов требует глубокого понимания термомеханических процессов в зоне резания. Проведение натурных экспериментов сопряжено с техническими сложностями [2], что обуславливает актуальность компьютерного моделирования. Для сокращения количества вычислений при сохранении точности модели применяются композиционные планы эксперимента. Целью работы является моделирование процесса сверхскоростного фрезерования с использованием ортогонального и ротатального планов.

Методы и материалы; результаты. Моделирование процесса сверхскоростного фрезерования выполнено в программном комплексе Ansys Autodyn [3]. Поведение материала заготовки описано моделью Джонсона — Кука. Для исследования влияния технологических параметров использованы ортогональный ($N = 15$) и ротатальный ($N = 20$) планы второго порядка, где N — количество экспериментов. Варьируемыми факторами являлись: передний угол зуба фрезы ($-10...10^\circ$), глубина резания ($0,2...0,8$ мм) и скорость резания ($12,5...100$ м/с).

Получены уравнения регрессии для каждого плана эксперимента. Для ортогонального плана:

$$Y = 504 - 46,7X_1 + 13,76X_2 - 15,66X_3 + 22,13X_1X_2 - 28,63X_1X_3 - 5,13X_2X_3 + 0,875X_1X_2X_3 + 21,12(X_1)^2 + 2,57(X_2)^2 + 31,28(X_3)^2.$$

Для ротатабельного плана:

$$Y = 469 - 46X_1 + 18,7X_2 - 9,64X_3 + 22,13X_1X_2 - 28,63X_1X_3 - 5,13X_2X_3 + 0,875X_1X_2X_3 + 11,62(X_1)^2 + 16(X_2)^2 + 22,4(X_3)^2.$$

Анализ коэффициентов показал, что наибольшее влияние на температуру в зоне резания оказывает передний угол зуба фрезы.

Заключение. Разработана методика компьютерного моделирования процесса сверхскоростного фрезерования с использованием композиционных планов. Установлено, что ортогональный и ротатабельный планы обеспечивают сопоставимую точность результатов при значительном сокращении вычислительных затрат по сравнению с полным факторным экспериментом. Полученные регрессионные модели позволяют адекватно прогнозировать температурные поля в зоне резания и могут быть использованы для оптимизации режимов обработки.

Список источников

- [1] Корнеев С.С., Корнеева В.М. *Сверхскоростное резание металлов*. Москва, Юрайт, 2024, 221 с.
- [2] Кавардин А.А., Кондратьев Ю.П. Анализ некоторых исследований, проведенных по сверхскоростному резанию в СССР и за рубежом. *Труды МВТУ им. Н.Э. Баумана*, 1970, № 127, с. 60–732.
- [3] Колпаков В.И., Баданина Ю.В. *Аналитическое и численное моделирование технологических процессов*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, 56 с.