

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО ЛЕЗВИЯ ЗУБА РОТАЦИОННОЙ ФРЕЗЫ

Сметанин С.Д., Шаламов В.Г.

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Ключевые слова: ротационное фрезерование; режущее лезвие; геометрические параметры.

Аннотация. Проанализировано влияние геометрических параметров на режущие свойства инструментов. Обоснована необходимость применения многокритериальной оптимизации для проектирования идеального инструмента. Нахождение оптимального решения с использованием обобщенной функции желательности Харрингтона проиллюстрировано численным примером.

Основной частью любого инструмента является режущая, представляющая собой один или несколько режущих зубьев. Зуб инструмента представляет собой клин, образованный пересечением передней и задней поверхностей. Расположение режущего клина относительно поверхности резания характеризуют геометрические параметры, которые предопределяют характер протекания процесса резания. Величины геометрических параметров в любой точке режущей кромки характеризуются значениями переднего γ , заднего α углов и угла наклона режущей кромки λ . При этом углы могут задаваться при конструировании, изготовлении и эксплуатации. Зачастую геометрические параметры режущего лезвия при работе и изготовлении инструмента существенно отличаются [1].

Для большинства инструментов геометрические параметры режущего лезвия различны для разных точек режущей кромки. При этом, величины геометрических параметров в одних точках режущей кромки определяют геометрические параметры в других точках, а потому их нельзя выбирать произвольными. Отклонение от оптимальных величин геометрических параметров приводит к падению стойкости, производительности, ухудшению качества обработанной поверхности и др. [2]

Главный задний угол α предназначен для уменьшения трения главной задней поверхности с поверхностью резания, но увеличение этого угла приводит к снижению прочности лезвия инструмента. Передний угол γ оказывает большое влияние на процесс резания и определяет стойкость режущего инструмента. Если увеличить γ деформируемость срезаемого слоя становится меньше, соответственно, меньше сила резания и мощность, качество поверхности и сход стружки становятся лучше. Но если же превысить некоторое значение угла γ , это может привести к повышенному износу из-за выкрашивания и ухудшения теплоотвода. Угол наклона главной режущей кромки λ не только определяет сход стружки, но и упрочнение режущей кромки.

Так как с одной стороны все геометрические параметры режущей части инструмента взаимосвязаны, а с другой в зависимости от типа инструмента и характера обработки оптимальные значения разных геометрических параметров существенно отличаются, то, как правило, невозможно спроектировать

идеальный инструмент. Одним из методов проектирования в этом случае является применение многокритериальной оптимизации [3].

Построение обобщённого критерия оптимизации связано с формированием единого признака, количественно определяющего функционирование объекта со многими выходными параметрами. Каждый выходной параметр имеет свой физический смысл, свою размерность, свою важность для решаемой проблемы и т. п. Поэтому для объединения выходных параметров в один необходимо, прежде всего, привести их к «общему знаменателю» по размерности. Наиболее просто это осуществляется через нормирование частных критериев и приведение их к безразмерной форме. Для этого могут использоваться шкалы приведения, общие для всех параметров, выбираемые исследователем. Таким образом, при решении объективной задачи оптимизации возникают субъективно принимаемые решения. Поэтому при многокритериальной оптимизации технических объектов достаточно часто используют экспертные методы решений.

Одним из перспективных экспертных методов является функция желательности Харрингтона [3]. Рассмотрим ее применение для оптимизации геометрических параметров режущего лезвия при ротационном фрезеровании [4]. Методика определения рабочих углов α , γ и λ разработана в работе [5].

Переменными параметрами при расчете рабочих углов являются радиус r режущего элемента, глубина резания t и длина l получаемой стружки. Характеристики переменных представлены в табл. 1.

Результаты расчета углов α , γ и λ и их статистическая обработка (в диапазоне изменения переменных) приведены в табл. 2.

Для использования функции желательности используем исследования [6] по значениям углов при ротационном резании. Принятые параметры для оценки уровня желательности представлены в табл. 3.

Табл. 1.

Наименование	Радиус, r	Глубина резания, t	Длина, l
Минимальное значение, мм	20	0,5	8
Максимальное значение, мм	30	4,5	32
Шаг изменения, мм	2,5	0,25	2
Относительная погрешность значений	0,1	0,1	0,1

Табл. 2.

Наименование	α	γ	λ
Минимальное значение, град	10,234	-40,532	0,031
Максимальное значение, град	65,532	14,766	89,245
Среднее значение, град	28,958	-3,634	40,042
Среднеквадратическое отклонение	13,622	13,626	23,452

Табл. 3.

Наименование	α	γ	λ
Минимальное значение, град	2	-10	10
Максимальное значение, град	25	30	70
Оптимальное значение, град	10	15	30
Желательность оптимального значения	0,9	0,9	0,8

С учетом этого для каждого сочетания r , t , l определяются частные желательности d_α , d_γ , d_λ рабочих углов α , γ , λ . Далее определяется обобщенная функция желательности:

$$D = \sqrt[3]{d_\alpha d_\gamma d_\lambda}.$$

Рассмотрим использование данной функции на примере ротационного фрезерования при получении элементной стружки длиной 26 мм. Обобщенная желательность каждого из возможных вариантов, определенных в соответствии с табл. 1, показана в табл. 4.

Табл. 4.

Глубина t , мм	Радиус r , мм				
	20	22,5	25	27,5	30
2,75					0,663
3				0,646	0,727
3,25			0,611	0,712	0,751
3,5			0,684	0,738	0,743
3,75		0,636	0,721	0,732	0,711
4		0,693	0,723	0,702	0,661
4,25	0,629	0,713	0,700	0,655	0,598
4,5	0,683	0,703	0,658	0,594	0,527

Максимальное значение обобщенной функции желательности (0,751) соответствует глубине резания $t = 3,25$ мм и радиусу режущего элемента $r = 30$ мм. Т.е. при данных параметрах условия резания, определяемые углами инструмента, будут оптимальными. При этом частные желательности отдельных параметров d_α , d_γ , d_λ данного варианта имеют не максимальные значения.

Таким образом, назначение геометрических параметров режущего лезвия зуба ротационной фрезы должно производиться на оптимизационной основе с учетом степени влияния значений различных параметров на работоспособность инструмента.

Список литературы

1. Грановский Г.И. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304с.
2. Кишуров В.М. Резание металлов. Режущий инструмент: Учеб. пособие / В.М. Кишуров, Н.К. Криони, В.В. Постнов, П.П. Черников. – М.: Машиностроение, 2009. – 492 с.
3. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Изд-во «Наука», 1976. – 280 с.
4. Ящерицын П.И. Ротационное резание материалов / П.И. Ящерицын, А.В. Борисенко, И.Г. Дривотин, В.Я. Лебедев. – Мн.: Наука и техника, 1987. – 229с.
5. Сметанин С.Д. Геометрические параметры ротационных фрез / С.Д. Сметанин, Р.С. Свиначук // Прогрессивные технологии в машиностроении: Сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2018. – С. 26-34.
6. Коновалов Е.Г. Прогрессивные схемы ротационного резания металлов / Е.Г. Коновалов, В.А. Сидоренко, А.В. Соусь. – Минск: Наука и техника, 1972. – 272 с.

Сведения об авторах:

Сметанин Сергей Дмитриевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Технологии автоматизированного машиностроения», ЮУрГУ, г. Челябинск;

Шаламов Виктор Георгиевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Технологии автоматизированного машиностроения», ЮУрГУ, г. Челябинск.

OPTIMIZATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE CUTTING BLADE OF THE TOOTH OF A ROTATIONAL MILL

Smetanin S.D., Shalamov V.G.

Keywords: rotary milling; cutting blade; geometrical parameters.

Abstract. The influence of geometric parameters on the cutting properties of tools was analyzed. The necessity of using multi-criteria optimization for projecting an ideal tool is grounded. Finding the optimal solution using the generalized Harrington desirability function is illustrated by a numerical example.

References

1. Granovskii G.I. Cutting of metals Textbook for machine-building and instrument-making special universities / G.I. Granovskii, V.G. Granovskii. - M.: Higher school, 1985. - 304p.
2. Kishurov V.M. Cutting of metals. Cutting tool: Studies. the allowance / V.M. Kishurov, N.K. Krioni, V.V. Postnov, P.P. Chernikov. - Moscow: Mechanical Engineering, 2009. - 492 p.
3. Adler Yu.P. Planning of experiment when searching optimal conditions / Yu.P. Adler, E.V. Markova, Yu.V. Granovsky. - Moscow: Publ. house "Science", 1976. - 280 p.
4. Yascheritsyn P.I. Rotary cutting of materials / P.I. Yascheritsyn, A.V. Borisenko, I.G. Drivotin, V.Ya. Lebedev. – Mn: Science and technology, 1987. – 229p.
5. Smetanin S.D. Geometric parameters of rotary mills / S.D. Smetanin, R.S. Svinarchuk // Progressive technologies in mechanical engineering: Coll. Sc. Paper. - Chelyabinsk: Publ. house SUSU, 2018. - P. 26-34.
6. Konovalov E.G. Progressive schemes of metal cutting / E.G. Konovalov, V.A. Sidorenko, A.V. Sous. - Minsk: Science and technology, 1972. - 272 p.