

УДК 623.771.067

Н.Ю.Сазонова (5 курс, каф. МиТОМД), В.Н.Востров, д.т.н., доц.

МЕТОДИКА ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОГО НАКАТЫВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ЗУБЬЕВ ВОЛНОВЫХ ПЕРЕДАЧ

Методика проектирования оптимальной технологии накатывания внутренних зубьев волновых передач предусматривает взаимосвязанное определение параметров процесса.

Методика основана на имитационном математическом моделировании. Имитационная модель технологического процесса представлена в виде системы пятнадцати взаимосвязанных моделей, которые позволяют вычислять: формообразование, напряженное и деформированное состояние заготовки и инструмента, энергосиловые параметры и производительность процесса, стойкость инструмента и изготовленных зубчатых венцов, точность изделия, приведенные затраты на изготавливаемую продукцию. Параметрами управления системой X являются: единичное обжатие заготовки S_1 , окружная скорость заготовки V_0 , средний диаметр зубьев накатника D_n , угол захода накатника α . Вектор входных параметров A содержит экзогенные параметры, которые не меняются в ходе использования модели: характеристики изготавливаемого волнового зубчатого венца, механические свойства материалов изделия и инструмента, способ накатки зубьев, предельные нагрузки технологического оборудования. Эндогенные параметры Y определены целями проектирования: напряженно-деформированное состояние заготовки и накатника, энергосиловые параметры процесса, форма и размеры заготовки и инструмента, качество формообразуемых зубчатых венцов, конструктивные особенности и жесткость оборудования, производительность процесса, затраты на продукцию. Эндогенный параметр Y_{17} (приведенные затраты на продукцию $Z_{пр}$) является целевой функцией системы. Условие решения задачи: $Y_{опт} = \min Y_{17}$. Выбор наилучшего варианта технологического процесса осуществляется последовательным симплексным методом оптимизации. Размерное пространство равно четырем определено количеством выбранных параметров управления. В четырехмерном пространстве используем четырехмерный симплекс, образованный множеством из пяти точек. В методе используются только регулярные симплексы. Начальный симплекс строим с вершиной в начале координат. Новый симплекс образуется, после отбрасывания точки с наименьшим значением целевой функции, путем зеркального отображения отброшенной вершины относительно противоположной ей грани исходного симплекса. Координаты новой точки в векторной форме определяются по рекуррентному соотношению [1]:

$$x = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^{n+1} x^i - \left(\frac{2}{n} + 1\right) x^j$$

где j - номер вершины исходного симплекса с наихудшим значением целевой функции, n - размерность симплекса.

Оптимум считается достигнутым, если одна и та же точка входит в последовательные симплексы n раз.

Приведем пример расчета.

Рассмотрим процесс проектирования параметров процесса холодного накатывания внутреннего зубчатого венца жесткого колеса из стали 40Х в производственных условиях НИПКИ "Теминал"[2]. Высота зуба 1мм, угол профиля зуба 60^0 , средний диаметр зубчатого профиля 98,3мм, ширина зубчатого венца 15мм. Процедура поиска оптимального значения приведенных затрат на продукцию $Z_{пр}$ представлена в табл. 1.

В данном случае рубль некоторая условная денежная единица. Наименьшее значение целевая функция $Z_{пр}$ принимает в 22 итерации. После 24 итерации симплекс

выходит из области экстремума. Технологические параметры принятые в 22 итерации обеспечили снижение приведенных затрат на продукцию в 1,8 раза.

Таблица 1

№ итерации	S_1 мкм	D_n мм	α град	V_o м/мин	$Z_{пр}$ руб/год шт.
1	2,0	8,86	10,0	26	1315
2	5,0	10,33	10,7	29,8	965
3	2,71	15,06	10,7	29,8	1262
4	2,71	10,33	13,0	29,8	1207
5	2,71	10,33	10,7	41,9	1241
...
11	8,72	5,9	13,3	46,7	1063
...
20	8,62	18,0	13,6	47,4	779
21	8,54	31,5	13,0	75,6	798
22	12,6	20,9	14,6	88,2	736
23	11,6	32,2	17,3	84,1	789
24	9,6	9,7	13,5	48,2	1264

Выводы. Предложена методика оптимального проектирования процессов накатывания внутренних зубьев. В результате расчетов по разработанному алгоритму определены оптимальные параметры процессов холодного накатывания внутренних зубьев жестких колес волновых передач оборудования изготавливаемого в НИПКИ “Терминал”, которые обеспечили снижение приведенных затрат на продукцию в 1,5 ...2,0 раза.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хартман К., Лецкий Э., Шефер Р. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов// М.: Мир, 1977. - 552 с.
2. Востров В.Н., Ли В.А. Накатывание внутренних зубьев колес волновых передач. //СТИН, № 2, 1996. - С. 35-37.