

УДК 621.771.67.

А.Д.Каран (асп., каф. МиТОМД), П.А.Кузнецов, к.т.н., доц.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОРИСТЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Технологии изготовления пористых зубчатых колес исследуются методами системного анализа [1,..., 3]. С точки зрения «внутренних» проблем предприятия технология формообразования пористых зубчатых колес должна обеспечивать минимум издержек. Но в то же время изменчивость рыночной среды диктует необходимость гибкого подхода к проблеме издержек и качества. Для потребителя оптимальным является соотношение себестоимость–качество. Соотношение себестоимость–качество принимаем в качестве целевой функции при выборе наилучшего метода формообразования пористых зубчатых колес внутреннего зацепления. Анализ научно–технической и патентной литературы показал, что потребительские свойства пористых зубчатых колес предопределяют следующие показатели их качества: колебание измерительного межосевого расстояния за один оборот зубчатого колеса, радиальное биение зубчатого венца, высота микронеровностей поверхности зубьев, твердость, плотность и усталостная прочность зубьев.

Себестоимость изготовленных зубчатых колес включает в себя производительность процесса, стоимость оборудования и инструмента, квалификацию рабочего, капитальные вложения и другие параметры. Данные параметры можно было рассматривать в качестве критериев исследуемых технологий.

Критерии F_1, \dots, F_6 , характеризующие качество пористых зубчатых колес заменим комплексным критерием качества:

$$Y = \lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2 + \dots + \lambda_6 F_6, \quad (1)$$

где λ_k – весовые коэффициенты.

Весовые коэффициенты λ_k определяем следующим образом. Эксперты установили связь между критериями и предложили граф связности критериев. Связанные между собой критерии сравниваем. Например, критерии F_4 и F_6 :

$$\begin{pmatrix} F_{4ХУД} = 0 \\ F_{6ЛУЧ} = 1,0 \end{pmatrix} \prec \begin{pmatrix} F_{4ЛУЧ} = 1,0 \\ F_{6ХУД} = 0 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где \prec – символ предпочтения.

Вариант справа от символа предпочтения более эффективен. Подбираем для F_4 такое значение, чтобы два варианта были примерно равносильны (однозначны):

$$\begin{pmatrix} F_{4ХУД} = 0 \\ F_{6ЛУЧ} = 1,0 \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} F_{4ПРОМЕЖУТ} = 0,58 \\ F_{6ХУД} = 0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где \cong – символ равносильности (безразличия).

Вычисляем коэффициенты:

$$m_{46} = \frac{F_{4ЛУЧ} - F_{4ПРОМЕЖУТ}}{F_{6ЛУЧ} - F_{6ХУД}} = \frac{1,0 - 0,58}{1,0} = 0,42, \quad (4)$$

$$m_{64} = \frac{1}{m_{46}} = \frac{1}{0,42} = 2,38 . \quad (5)$$

Аналогично находим коэффициенты m_{12} , m_{21} , m_{13} , m_{31} , m_{34} , m_{43} , m_{15} , m_{51} , m_{16} , m_{61} , m_{46} , m_{64} . Вычисленные коэффициенты заносим в таблицу и получаем матрицу, соответствующую графу связности. Выделим эффективные варианты способов изготовления пористых зубчатых колес внутреннего зацепления методом Парето. Для этого вычислим по формуле (1) показатели комплексного критерия качества изделия, соответствующие каждому способу формообразования.

Весовые коэффициенты $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_6$ определяем по формуле:

$$\lambda_k = \frac{m_{3k}}{A_3} ; \quad (6)$$

где $A_3 = \sum_k |m_{3k}|$, $\sum_k \lambda_k = 1$.

Комплексный критерий качества Y_i , для каждого i -го из исследуемых способов зубообработки, равняется:

$$Y_i = 0,146 F_1 + 0,173 F_2 + 0,221 F_3 + 0,268 F_4 + 0,066 F_5 + 0,126 F_6 \quad (7)$$

Рассматриваются следующие процессы формообразования пористых зубчатых колес внутреннего зацепления: 1.-горячее динамическое прессование; 2.- выдавливание; 3.- накатывание, 4.-зубофрезерование; 5.-зубодолбление; 6.- зубопротягивание. Вычисленные значения Y_i для каждого процесса соответственно равны:

$$Y_{1,} = 0,668; Y_{2,} = 0,858; Y_{3,} = 0,811; Y_{4,} = 0,044; Y_{5,} = 0,094, Y_{6,} = 0,213.$$

Представим результаты вычислений на графике с координатами комплексный критерий качества Y_i – себестоимость продукции F_7 . Анализ графика показал, что эффективными являются два варианта: 2 –выдавливание, 3 – накатывание. Определим вариант с наилучшими показателями качества на единицу себестоимости:

$$W_2 = \frac{Y_2}{F_7} = \frac{0,858}{0,0294} = 29,18; \quad W_3 = \frac{Y_3}{F_7} = \frac{0,811}{0,020} = 40,55,$$

где значения F_7 - критерия себестоимости имеют номинальную величину.

Таким образом, наилучшим методом изготовления пористых зубчатых колес внутреннего зацепления с модулем от 0,5 до 2,0 мм по соотношению себестоимость–качество является накатывание. Процесс накатывания зубчатых венцов положен в основу разрабатываемой технологии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аксенов Л.Б. Системное проектирование процессов штамповки // Л.: Машиностроение, 1990. – 237 с.
2. Безруков В., Остапкович Г. Оценка инновационной деятельности промышленных предприятий // Экономист. – № 5. – 2001. – С. 37–41.
3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа // С–Пб: СПбГТУ, 1999. – 512 с.