

этому $\Delta_1 = (p^2 + \omega_1^2)(p^2 + \omega_2^2)(p^2 + \omega_3^2)(p^2 + \omega_4^2)$, где ω_i^2 — корни выражения (3); $x_i = -\frac{\Delta_{1i}}{\Delta_1}$. Определитель Δ_{1i} получается из определителя Δ_1 заменой соответствующего столбца столбцом свободных членов.

После математических преобразований и перехода от изображений к оригиналам найдем

$$\bar{x}_1 = \frac{A}{I_1} \sum_{i=1}^4 A_i^{(1)} \frac{q \sin \omega_i t - \omega_i \sin gt}{\omega_i (\omega_i^2 - q^2)} + \frac{B}{I_2} \sum_{i=1}^4 A_i^{(2)} \times \\ \times \frac{m \sin \omega_i t - \omega_i \sin mt}{\omega_i (\omega_i^2 - m^2)} + \frac{c}{I_4} \sum_{i=1}^4 A_i^{(3)} \frac{n \sin \omega_i t - \omega_i \sin nt}{\omega_i (\omega_i^2 - n^2)}, \quad (5)$$

где $A_i^{(1)} = A_i + D_i$; $A_i^{(2)} = B_i - A_i$; $A_i^{(3)} = C_k - D_i$, $A_i = \frac{\prod_{k=1}^3 (\omega_i^2 - \alpha_k^2)}{4 \prod_{j=1}^2 (\omega_j^2 - \omega_i^2)}$,

$$B_i = \frac{\prod_{k=1}^3 (\omega_i^2 - \beta_k^2)}{4 \prod_{j=1}^2 (\omega_j^2 - \omega_i^2)}, \quad C_i = \frac{\omega_i^2 - \gamma_i^2}{\prod_{j=1}^2 (\omega_j^2 - \omega_i^2)}, \quad D_i = \frac{\omega_i^2 - \gamma_i^2}{4 \prod_{j=1}^2 (\omega_j^2 - \omega_i^2)}.$$

Здесь $\alpha_k^2, \beta_k^2; \gamma_1^2, \gamma_2^2$ — корни миноров относительно p^2 определителя Δ_{11} , разложенного по элементам первого столбца. Значения x_2, x_3, x_4 будут отличаться от x_1 только постоянными коэффициентами. Из (5) видим, что:

- 1) колебательный процесс рассматриваемой системы является сложным;
- 2) выражение (5) содержит разности квадратов собственных частот системы и частот всех возмущающих моментов;
- 3) в отличие от цепной системы, получающейся из рассматриваемой сложением второй и четвертой масс в одну, в нашем случае выходит на две собственные частоты больше, что позволяет использовать две соответствующие резонансные зоны, которые не учитываются при цепной схеме.

УДК 621.9:681.3.06

И.А. БАСС, Н.И. ЖИГАЛКО, П.Л. РОЗЕНТАЛЬ

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Комбинированные инструменты являются специальными инструментами, что усложняет и затрудняет решение задач, связанных с автоматизацией

их проектирования. При автоматизации проектирования инструментов, имеющих ограниченное число разновидностей, необходимо формализовать только процесс определения конструктивных параметров [1], причем конструкция инструмента в этом случае, являясь унифицированной, известна заранее. В случае комбинированных инструментов трудно прогнозировать их конструктивное оформление. Это прежде всего связано с тем, что режущая часть комбинированного инструмента, являясь отражением формы обрабатываемой поверхности детали, может иметь очень большое число конструктивных разновидностей.

Конструкцию комбинированного инструмента можно описать на основе поэлементного синтеза [2] составляющих ее отдельных конструктивных элементов (КЭ), что в значительной степени связано с ограниченным числом типов возможных КЭ.

Под КЭ комбинированного инструмента будем понимать некоторую его часть, выполняющую определенную функциональную роль при обработке поверхности детали. Такими частями, например, для комбинированных стержневых инструментов, являются конструкции отдельных режущих ступеней, направляющей части, хвостовика. При формализации данного процесса необходимо учесть, что в отличие от других видов технологической оснастки, например приспособлений, штампов, включающих различного рода разъемные узлы и детали, конструкция комбинированного режущего инструмента выполняется, как правило, цельной и границы или стыки между отдельными КЭ в инструменте являются условными.

При формализации синтеза конструкций комбинированных инструментов с целью автоматизации их проектирования сначала должны быть получены конструкции всех входящих в инструмент КЭ, а затем осуществлено их сопряжение и взаимная размерная увязка друг с другом. Задача разбивается на две части: а) подготовка исходной информации; б) формализация получения конструкции комбинированного инструмента.

Первая часть задачи включает выполнение следующих этапов: выделение из обрабатываемой комбинированным инструментом поверхности элементарных обрабатываемых поверхностей (ЭОП), каждой из которых ставится в соответствие определенный КЭ; определение позиционных и метрических параметров каждой ЭОП, а также видов инструмента для каждой ЭОП и данных о станке, на котором ведется обработка.

Вторая часть задачи включает разработку алгоритмов и программ и содержит следующие этапы: определение позиционных и метрических параметров КЭ инструмента; компоновка отдельных КЭ и их сопряжение в конструкции инструмента; проверка наиболее нагруженных участков рабочих и вспомогательных частей инструмента на прочность с учетом суммарных действующих сил и крутящих моментов; получение чертежа инструмента.

Реализация указанных этапов производится на основании анализа чертежа обрабатываемой детали, технологического процесса ее обработки и сведений о станке. Рассмотрим решение такой задачи формализации на примере синтеза конструкций комбинированных стержневых инструментов.

Комбинированные стержневые инструменты отличаются большим разнообразием конструктивных разновидностей и практически полным отсутствием унификации. Эти инструменты предназначаются и для одновременной обработки нескольких поверхностей, расположенных на общей оси. Назовем такое сочетание обрабатываемых поверхностей составной поверхностью.

В общем случае любая составная поверхность SP представляет собой некоторое сочетание ряда множеств ЭОП: цилиндрических $C = \{C_i\}_1^{c_0}$, конических $K = \{K_j\}_1^{k_0}$, плоских $P = \{P_e\}_1^{p_0}$ и поверхностей $S = \{S_n\}_1^{s_0}$, образованных вращением дуг окружностей вокруг оси составной поверхности, т.е. $SP = \{C, K, P, S\}$, $t = c_0 + k_0 + p_0 + s_0$, где c_0, k_0, p_0, s_0 – соответственно число цилиндрических, конических и других поверхностей в составной поверхности, t – общее число ЭОП в составной поверхности.

Различные виды ЭОП приведены, например, в работе [3].

Каждая ЭОП характеризуется определенным набором Z_m позиционных параметров, задаваемых относительно общего начала координат составной поверхности и набором M_m метрических параметров, определяющих ее конструктивные и технологические характеристики.

$$Z_m = \{\alpha, \beta, \gamma, X, Y, Z\}_m, m = 1, 2, \dots, t,$$

где α, β, γ – соответственно углы поворота осей x_m, y_m, z_m автономной системы координат ЭОП относительно осей X_c, Y_c, Z_c системы координат составной поверхности; X, Y, Z – параметры, определяющие положение начала координат ЭОП относительно осей X_c, Y_c, Z_c . В рассматриваемом случае $\alpha = \beta = \gamma = 0, X = Y = 0$.

Набор M_m для комплексного набора ЭОП можно представить в следующем виде $M_m = \{D, BOD, NOD, D_1, BOD_1, NOD_1, L_1, BOL, HOL, R, BOR, HOR, \text{Ш}, \text{СП1}, \text{СП2}\}_m$, где D – больший диаметр ЭОП; BOD – верхнее отклонение D , NOD – нижнее отклонение D , D_1 – меньший диаметр ЭОП, BOD_1 – верхнее отклонение D_1 , NOD_1 – нижнее отклонение D_1 , L – длина ЭОП; BOL – верхнее отклонение L , HOL – нижнее отклонение L , R – радиус ЭОП; BOR – верхнее отклонение R , HOR – нижнее отклонение R , Ш – шероховатость ЭОП, СП1 – состояние поверхности входа в ЭОП, СП2 – состояние поверхности выхода из ЭОП.

В зависимости от вида ЭОП та или иная часть параметров из набора M_m может отсутствовать. Для составной поверхности в целом будем иметь

некоторое множество наборов $\{Z_m\}_1^t$ и $\{M_m\}_1^t$, определяющих позиционные и метрические параметры составляющих ее ЭОП.

По данным технологического процесса на стадии подготовки входных данных определяется вид инструмента (VI_m), предназначенный для обработки соответствующей ЭОП составной поверхности, а также набор сведений ST о станке (тип станка, тип и размеры посадочного отверстия, нижняя и верхняя границы величины вылета инструмента), на котором ведется обработка. Множество сведений об инструментах для обработки всех ЭОП $TP = \{VI_m\}_1^t$. Полученные данные SP, TP, ST являются исходными.

Для решения второй части задачи, т.е. для разработки алгоритмов и программ проектирования, необходимо построить модель процесса конструирования, которая позволила бы реализовать зависимости

$$KЭ_r = f(ЭП_m, Z_m, M_m, VI_m, ST)_r \quad r = 1, 2, \dots, t, \dots, k$$

$$KI = \bigcup_{r=1}^k KЭ_r.$$

Здесь $ЭП_m$ – код ЭОП; k – общее число конструктивных элементов синтезируемой конструкции инструмента.

В результате реализации приведенных зависимостей для каждого $KЭ$ должны быть получены необходимые наборы позиционных $\{Z_r\}_1^k$ и метрических $\{M_r\}_1^k$ параметров, позволяющих построить чертеж инструмента. Позиционные параметры для всех $KЭ$ определяются относительно единой системы координат. В качестве такой системы целесообразно принять систему координат составной поверхности X_c, Y_c, Z_c , так как получающийся при этом пересчет размерных цепей при определении позиционных параметров будет минимальным. Поскольку для рассматриваемых комбинированных инструментов все $KЭ_r$ находятся на общей оси Z_k , то аналогично ЭОП составной поверхности для каждого $KЭ_r$ достаточно определить только параметр Z_r . Для $KЭ$, соответствующих ЭОП составной поверхности $Z_r = \psi(Z_m)$, значения Z_r для других $KЭ_r$ определяются в зависимости от данных ST .

Номенклатура метрических параметров, характеризующих конкретный $KЭ$ инструмента, определяется в зависимости от вида и функционального назначения этого элемента. Например, если $KЭ$ предназначен для обозначения обрабатываемой поверхности, то соответствующий набор метрических параметров для $KЭ$ "сверло"

$$M_r = \{d, d_0, l, l_1, \varphi, \omega, \alpha, \gamma, \psi, \alpha, f\}_r,$$

где d – диаметр; d_0 – диаметр сердцевины; l – длина; l_1 – длина режущей части; φ – угол режущей части; ω – угол наклона винтовой канавки; α –

задний угол режущей кромки; γ — передний угол режущей кромки; ψ — угол между осью симметрии сверла и направлением проекции поперечной кромки на плоскость, перпендикулярную к оси сверла; a — длина поперечной кромки; f — ширина ленточки.

Аналогично составляются наборы метрических параметров и для других видов конструктивных элементов комбинированного инструмента. Наиболее удобным оказывается представление конструктивных элементов в виде некоторого комплексного КЭ, что позволяет унифицировать обозначения их параметров и значительно упростить и сократить объем формализованного описания синтеза режущего инструмента.

Элементы множества M_T определяются в зависимости от элементов множества M_m и сведений о станке ST. При формализации определения отдельных элементов множества M_T используются данные стандартов, известные в литературе зависимости и практические рекомендации.

Задача формализации, компоновки и сопряжения отдельных КЭ в конструкции комбинированного инструмента не представляется тривиальной, так как она связана с формализацией решения ряда задач пространственной геометрии и необходимостью вывода с целью анализа и корректировки графической информации о чертеже инструмента на дисплей.

Проверка полученного инструмента на прочность с учетом суммарных действующих сил и крутящих моментов выполняется с учетом рекомендаций работы [4], получение рабочего чертежа инструмента осуществляется в соответствии с данными работы [5].

Выполненная проработка задачи формализации синтеза комбинированных стержневых инструментов, а также дисковых и призматических фасонных резцов показала перспективность изложенного подхода при автоматизации проектирования и других видов режущих инструментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л а ш н е в С.И., Ю л и к о в М.И. Расчет и конструирование металло-режущих инструментов с применением ЭВМ. — М., 1975.
2. Г о р а н с к и й Г.К., К л е в е н с к и й А.Е. Основные понятия теории алгоритмизации процессов конструирования машин. — В сб.: Вычислительная техника в машиностроении. — Минск, 1966.
3. Ц в е т к о в В.Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. — М., 1972.
4. П о н о м а р е в С.Д., Б и д е р м а н В.Л., Л и х а р е в К.К. Основы современных методов расчета на прочность в машиностроении. — М., 1952.
5. С и н и ц ы н Б.И., Б а с с И.А., Р о з е н т а л ь П.Л. Вопросы рационального построения чертежей инструментов с использованием чертежно-графических автоматов. — В сб.: Автоматизация проектирования технологической оснастки. — Минск, 1979.