ний диаметра $D_{j,p}$ для привода типа $П_j$, то уровень предпочтительности альтернативы $x \in X$ можно определить как произведение этих величин, деленное на сумму таких произведений для всех альтернатив, т.е.

$$C_4(x) = C_4(П_j) \cdot C_4(D_{j,p}) \Big/ \sum_{\substack{r,s \\ x \in X}} C_4(П_s) \cdot C_4(D_{s,r}) \cdot \qquad (7)$$

Шаг 7. На данном шаге осуществляется иерархический синтез, результатом которого является вектор обобщенных оценок альтернатив $x \in X$. Указанные оценки определяются в соответствии с правилом

$$C(x) = \sum_j \lambda_j C_j(x), \qquad (8)$$

при этом

$$C_3(x) = \lambda_{31} C_{31}(x) + \lambda_{32} C_{32}(x). \qquad (9)$$

Полученные значения $C(x)$ упорядочивают допустимые альтернативы по степени их предпочтительности в условиях поставленной задачи выбора оптимальных параметров ЗУ. Таким образом в качестве решения задачи можно рассматривать набор $< X, \{C(x) \mid x \in X\} >$, где множество X допустимых альтернатив представляется в форме (2).

Литература. 1. Ильицкий В.Б., Ерохин В.В. Проектирование технологической оснастки: Учеб. пособие. – Брянск: БГТУ, 2001. – 104 с. 2. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Компьютерная поддержка изобретательства. – М.: Машиностроение, 1998. – 476 с. 3. Подвесовский А.Г. Автоматизация многокритериального выбора технических решений на основе применения нечетких моделей различных типов: Дисс. канд. техн. наук. – Брянск: БГТУ, 2001. – 229 с. 4. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975. – 656 с.

УДК 688.1.037.97+666.271

А.А. Сухоцкий, Д.А. Дворянчиков

ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ ПНЕВМОЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОБРАБОТКИ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Одним из перспективных методов получения деталей шаровидной формы из хрупких материалов является пневмоцентробежная обработка [1]. Сущность способа заключается в том, что заготовки кубической формы помещают между двумя соосно расположенными инструментами с коническими рабочими поверхностями и вращают заготовки вокруг оси инструментов посредством находящейся под давлением воздушной струи, направленной тангенциально по отношению к рабочим поверхностям. В начальный момент времени формообразования шарика по предлагаемому методу происходит съем вершин кубика и только при приближении его диагонали к размеру грани наблюдается общая обработка заготовки по всей поверхности.

Анализ работы устройства показывает, что процесс получения шариков из заготовок кубической формы можно математически смоделировать, выделив несколько стадий: качение кубика без скольжения вокруг некоторой неподвижной точки, качение заготовки с проскальзыванием при сработанных вершинах, качение заготовки с проскальзыванием на стадии доводки. Так как при обработке шариков по предлагаемому методу происходит значительный съем припуска, то разработанная математическая модель учитывает изменение массы заготовки во времени на основе уравнения Мещерского.

При обработке заготовок кубической формы с целью получения полноразмерной сферической поверхности малого радиуса происходит значительное изменение массы, что является определяющим фактором интенсивности обработки на первоначальной стадии технологического процесса [2]. Для построения математической модели элементами динамики тела переменной массы, основываясь на уравнении Мещерского.

Дифференциальное уравнение вращения кубической заготовки с учетом изменения массы относительно оси O_z может быть записано в виде:

$$\frac{dI_z(t)}{dt}\omega(t) + I_z(t)\frac{d\omega(t)}{dt} = \sum | mom_z\vec{F} |,$$

где $I_z(t)$ - переменный момент инерции кубической заготовки; $\omega(t)$ - переменная угловая скорость заготовки; $mom_z\vec{F}$ - момент сил, действующей на заготовку. Дифференциальное уравнение описывает изменение угловой скорости вращения кубика при условии, что величины в правой части и переменный момент инерции известны.

Момент инерции заготовки кубической формы, геометрия которой изменяется с течением времени, может быть определена по формуле

$$I_z(t) = \gamma \iiint\limits_{T(t)} (x^2 + y^2)dxdydz \; .$$

Здесь $T(t)$ - изменяемая поверхность, заключающая обрабатываемый кубик; γ - плотность стекла. Так как масса кубика $m(t)$ изменяется по известному соотношению $m(t) = \gamma V(t)$, где $V(t)$ - его объем, то для его определения предположим, что изменение линейных размеров куба подчинено закону $\Gamma(t) = \Gamma e^{\frac{t}{t_k}\ln\frac{a}{\Gamma}}$. Здесь: t - текущее время процесса обработки; t_k - конечное время обработки; a - половина ребра куба; Γ - диагональ куба в начале обработки.

Для определения изменившейся массы кубика (а равно как и объема) с учетом $\gamma = \text{const}$, рассмотрим две стадии обработки, когда съем материала заготовки происходит от вершин куба и до граней, а затем от граней до сферической поверхности. Соответствующие объемы обозначим через $V_1(t)$ и $V_2(t)$. Изменению объема (массы) $V_1(t)$ соответствует изменение половины диагонали куба $\varepsilon(t) = \Gamma(t) \; / \; 2$. Итак, если происходит съем поверхности, соответствующей первой стадии обработки, то есть $a\sqrt{2} < \varepsilon(t) < a\sqrt{3}$, то

$V_1(t)$ определим по формуле

$$V_1(t) = 8 \int\limits_{\sqrt{\varepsilon^2(t)-2a^2}}^{a} \int\limits_{\sqrt{\varepsilon^2(t)-a^2-x^2}}^{a} \int\limits_{\sqrt{\varepsilon^2(t)-x^2-y^2}}^{a} dxdydz \cdot$$

На второй стадии обработки, когда съем припуска осуществляется по всей поверхности заготовки, изменение объема можно получить по аналогичным зависимостям. Полученные соотношения для $V(t)$ позволяют рассчитать объем снимаемого материала в каждый момент времени, что дает возможность прогнозировать параметры технологического процесса. Аналогичный подход положен в основу определения переменного момента инерции.

В процессе обработки заготовка кубической формы совершает сложное пространственное движение между инструментальными дисками, расположенными соосно. Рассмотрим одну из составляющих этого движения, а именно, вращение кубика вокруг своего ребра в плоскости, параллельной плоскости инструментальных дисков. Тогда по теореме Штейнера можно записать $I_Z(t) = m(t)\cdot 2a + I_Z^C(t)$, где I_Z^C - момент инерции кубической заготовки относительно своей оси симметрии :

$$I_c(t) = 8\gamma\left(\int_0^a\int_0^a\int_0^a (x^2+y^2)dxdydz - \int_{\sqrt{г^2(t)-2a}}^{a}\int_{\sqrt{г^2(t)-x^2}}^{a}\int_{\sqrt{г^2(t)-x^2-y^2}}^{a}(x^2+y^2)dxdydz\right)$$

По методу пневмоцентробежной обработки заготовки кубической формы, помещенные между соосно расположенными дисками с коническими рабочими поверхностями, вращаются вокруг оси последних посредством среды под давлением. Сжатый воздух от воздушной сети, проходя через тангенциальные сопла, воздействует на поверхность заготовки, в основном, в двух характерных направлениях – нормальном и тангенциальном. Из экспериментальных исследований было определено значение давления P в различных зонах струи сжатого воздуха. Момент от этих сил можно определить по формуле $mom_z F = -4\sqrt{2}Pa^3\cos\left(\frac{\pi}{4}+\beta\right)$. Здесь β - угол, образованный нормалью к грани куба, обращенной к оси симметрии инструмента, и осью симметрии струи сжатого воздуха.

Таким образом, производя численной решение дифференциального уравнения вращения заготовки, определяем угловую скорость $\omega(t)$ в каждый момент времени. Тогда можно определить линейную скорость точки A как $V_A^{(t)} = \omega(t)2a$. Зная скорость точки A при соударении с коническими рабочими поверхностями инструментальных дисков, можно определить, сопоставляя с имеющимися экспериментальными данными, количество стекла, откалывающегося от заготовки. Это дает возможность прогнозировать изменение формы заготовки, рассчитывать линейную скорость при соударении кубика с инструментами и параметры технологического процесса.

Литература. 1. Козерук А.С. Формообразование прецизионных поверхностей.: Мн.: ВУЗ-ЮНИТИ, 1997. – 176 с. 2. В.И. Юринок, А.С. Козерук, А.А. Сухоцкий, М.И. Филонова Моделирование процесса формообразования полных сферических поверхностей из заготовок кубической формы// Современные направления развития производственных технологий и робототехника: Материалы междунар. науч-техн. Конф. – Могилев: ММИ, 1999. – 389с.