H/D	0,32	0,48	0,48
Пористість, %	72	80	80

Таким чином, для покращення реологічних властивостей тіста та подових хлібобулочних виробів з використанням слабкого пшеничного борошна доцільно застосовувати як поліпшувачі оцтову (або лимонну) кислоту у кількості 0,05 % (до маси борошна) сумісно з гліцерином в діапазоні концентрацій 0,2...0,3 % (до маси борошна). Крім того можна рекомендувати внесення гліцерину з органічною кислотою у дріжджові вироби для їх покращання за будь яким способом тістоприготування.

Література

1. Беркутова Н.С., Шведова И.А. Технологические свойства пшеницы и качество продуктов ее переработки.- М.: Из-во «Колос», 1984.-220с.
2. Казанская Л.Н., Синявская Н.Д. Исследование процесса накопления кислотности в пшеничных полуфабрикатах и готовой продукции. ЦНИИТЭИПищепром .-М.:1971.-32с.

Зубкова Н. В., Третяк Т. Е., Гуцаленко Ю. Г.
(Харьков, Украина)

УНИФИКАЦИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТСЕКОВ В МОДЕЛИРОВАНИИ ИНСТРУМЕНТОВ И ОБЪЕКТОВ РЕЖУЩЕГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

С геометрических позиций инструменты и объекты режущего формообразования являются трехмерными фигурами, ограниченными плоскими и неплоскими гранями (отсеками поверхностей) и прямолинейными и непрямолинейными ребрами (отрезками линий). В теории многопараметрических отображений аффинного пространства отрезки линий и отсеки поверхностей – это одно- и двухпараметрические образы [1, с. 127]. С практических позиций моделирования инструментов и объектов режущего формообразования – это участки поверхностей и сечений деталей и инструментов, в том числе режущих формообразующих.

На необходимость углубленной разработки типовых отсеков, каждый участок ломаных линий которых должен иметь свои отображающие и координатные операторы, свои параметры и свои уравнения, указано в совместном монографическом исследовании харьковских и киевских разработчиков прикладного применения теории многопараметрических отображений аффинного пространства в задачах технологии машиностроения, вышедшем в свет в начале века под редакцией чл.-корр. НАН Украины П. Р. Родина [2, с. 227]. В этой монографии рассмотрена классификация моделей по совокупностям признаков как специально выделенных свойств и их отношений [2, с. 130], сформированы группы общих и частных геометрических свойств и выполнены их математические описания [2, с. 119-129].

Разработка полной группировки типовых отсеков инструментов и объектов режущего формообразования и их описаний с учетом унифицикации в системе многопараметрических отображений аффинного пространства представлена в работе [3, с. 79-94]. Нынешнему веку стремительно развивающихся информационных технологий характерно углубление обусловленного конкуренцией практицизма теоретических разработок в этой области, особенно применительно к задачам формального аналитического описания материально воспроизводимых виртуализаций объектов трехмерного пространства со сложным криволинейным профилем, в том числе инструментов и формообразуемых ими изделий машиностроительной номенклатуры.

Большинство контактных задач формообразования в машиностроении сводится к взаимодействию плоских отсеков. В работе [3, с. 85] их типизация, например, с использованием действия оператора параллельного переноса на отрезок прямой линии охватывает 7 элементарных представителей. Тогда как опыт показывает, что применительно к плоским отсекам инструментальных поверхностей, а, следовательно, и к плоским отсекам результатов формообразования ими, их число может быть сокращено до трех-четырех.

Обратимся к основам геометрического представления плоских отсеков, исходя из практических вызовов аппаратным возможностям теории многопараметрических отображений аффинного пространства применительно к современным задачам проектирования в технологии машиностроения.

Сначала обратим внимание к границам отсеков, поскольку одна из них является прообразом данного плоского отсека. Наиболее простыми и распространенными границами отсеков являются отрезки прямых и окружностей. При их образовании действует по одному унифицированному оператору – параллельного переноса $\bar{l}$ или – вращения $\bar{\varphi}$. Соответствующие описания этих границ включают уравнения этих простейших отображений и неравенств, ограничивающих предельные значения параметров.

Если задан характер линии-границы, то ее математическое описание может быть получено однопараметрическим отображением точки-прообраза. Точка представлена своим радиус-вектором $\bar{r}_П$ с матрицей $m_П = \begin{pmatrix} x_П \\ y_П \\ z_П \end{pmatrix}$.

Действием на точку-прообраз оператором параллельного переноса $\bar{l}$ с параметром l получаем образ – отрезок линии. Параметр l ограничен длиной отрезка *B*. Если оператор параллельного переноса $\bar{l}$ направлен произвольно (рис. 1, *а*), отрезок прямой будет описан унифицированной моделью:

$$\left.\begin{array}{ll} \bar{r} = \bar{r}_{\Pi} + \bar{l}; & x = l\cos\varepsilon; \\ m_r = m_{r_{\Pi}} + m_l; & y = l\cos\delta; \\ & z = l\cos\xi; \end{array}\right| \quad 0 \le l \le B, \qquad (1)$$

где $m_l = \begin{pmatrix} l\cos\varepsilon \\ l\cos\delta \\ l\cos\xi \end{pmatrix}$ - унифицированная матрица оператора $\bar{l}$

.

Можно выделить частные случаи расположения отрезка прямой в пространстве. Для них унифицированное описание (1) сохраняется, но используются конкретные унифицированные матрицы того же оператора $\bar{l}$. Например, на рис. 1, *б* показано образование отрезка прямой, лежащей в плоскости xz, где $\bar{r}_{\Pi} = 0$. Действует та же унифицированная структура (1), но модель линии имеет другой вид:

$$\left.\begin{array}{ll} \bar{r} = \bar{l}; & x = l\cos\varepsilon; \\ m_r = m_l; & y = 0; \\ & z = l\sin\varepsilon; \end{array}\right| \quad 0 \le l \le B. \qquad (2)$$

Аналогично образуется отрезок дуги окружности.

Берем точку-прообраз, заданную радиус-вектором $\bar{r}_{\Pi}$. Действуем на нее оператором $\bar{\varphi}$ с параметром φ вокруг какой-либо оси координат (например, оси z). Параметр φ ограничен углом $\varphi_{\max}$. При $\varphi_{\max} = 2\pi$ мы получим унифицированную модель окружности.

Унифицированная модель отрезка дуги окружности (рис. 1, *в*):

$$\left.\begin{array}{ll} \bar{r} = \bar{\varphi}\,\bar{r}_{\Pi}; & x = x_{\Pi}\cos\varphi + z_{\Pi}\sin\varphi; \\ m_r = m_{\varphi} m_{r_{\Pi}}; & y = 0; \\ & z = z_{\Pi}\cos\varphi - x_{\Pi}\sin\varphi; \end{array}\right| \quad 0 \le \varphi \le \varphi_{\max}, \qquad (3)$$

где $m_{\varphi} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & 0 & \sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{pmatrix}$ - унифицированная матрица оператора $\overline{\varphi}$.

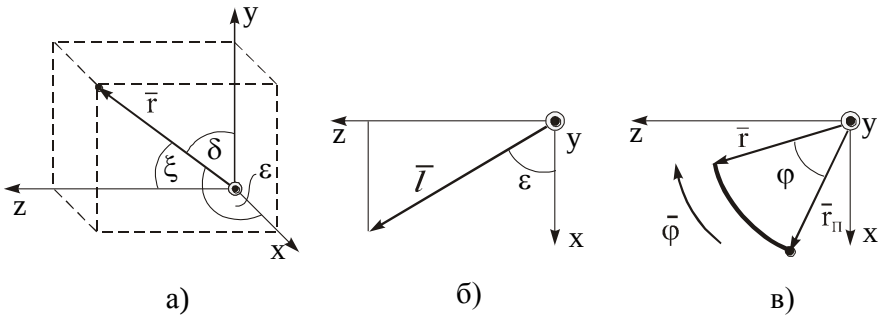


Рисунок 1 – Образование отрезков прямых и окружностей операторами $\overline{l}$ и $\overline{\varphi}$:

а – оператором $\overline{l}$ в произвольном направлении, *б* - оператором $\overline{l}$ в плоскости xz ,

в – оператором $\overline{\varphi}$ в плоскости xz .

Сложные, в том числе криволинейные линии, образуются не одним, а двумя одновременно действующими связанными операторами. При этом один из геометрических параметров принимается независимым, а второй связан с первым заданной функцией.

Характерен пример образования плоской кривой двумя одновременно действующими параллельными переносами $\overline{l}_1$ и $\overline{l}_2$, параметры которых связаны функцией $\overline{l}_2 = f(\overline{l}_1)$, а $\overline{r}_{\Pi} = 0$ (рис. 2).

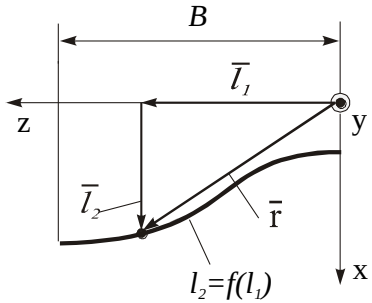


Рисунок 2 – Образование отрезка плоской кривой связанными операторами $\bar{l}_1$ и $\bar{l}_2$.

В этом случае независимым геометрическим параметром является l_1, и модель линии описывается уравнением:

$$\begin{array}{ll|l} \bar{r} = \bar{l}_1 + \bar{l}_2; & x = l_2; & 0 \le l_1 \le l_{1\max}; \\ m_r = m_{l_1} + m_{l_2}; & z = l_1; & l_2 = f(l_1). \end{array} \qquad (4)$$

где $m_\varphi = \begin{pmatrix} \cos\varphi & 0 & \sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{pmatrix}$; $m_l = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ l \end{pmatrix}$.

На рисунке 3 приведены плоские отсеки с одной искусственной границей (отрезком прямой), характерной конструкциям инструментов, образованные различными унифицированными операторами.

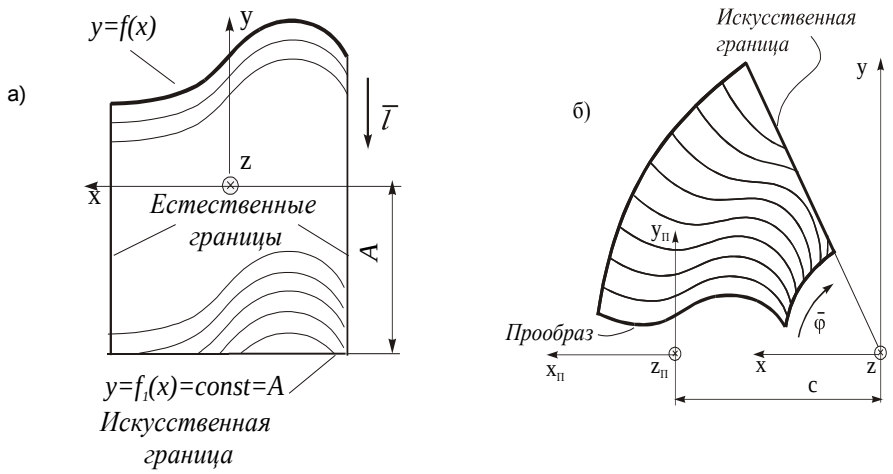


Рисунок 3 – Плоские отсеки, образованные унифицированными операторами $\bar{l}$ (*а*), $\bar{\varphi}$ и $\bar{c}$ (*б*).

Параметрическое описание отсека по рис. 3, *а* в унифицированной структуре отображения имеет вид:

$$\begin{aligned} &\bar{r} = \bar{r}_{П} + \bar{l}; && x = x; \\ &m_r = m_{r_{П}} + m_l; && y = f(x) - l, \end{aligned} \qquad (5)$$

где $m_{r_{П}} = \begin{pmatrix} x \\ f(x) \end{pmatrix}$; $m_l = \begin{pmatrix} 0 \\ -l \end{pmatrix}$.

2D-модель:

$$\begin{aligned} &\bar{r} = \bar{r}_{\bar{I}} + \bar{l}; && x = x; \\ &m_r = m_{r_{\bar{I}}} + m_l; && y = f(x) - l; \end{aligned} \quad \Bigg| \quad \begin{aligned} &x_{\min} \le x \le x_{\max}; \\ &0 \le l \le f(x) + A. \end{aligned} \qquad (6)$$

Параметрическое описание отсека по рис. 3, *б* в унифицированной структуре отображения имеет вид:

$$m_{\varphi} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi & 0 \\ \sin\varphi & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \; m_c = \begin{pmatrix} c \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \; m_{r_П} = \begin{pmatrix} x_П \\ f(x_П) \\ 0 \end{pmatrix}; \; m_r = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}. \quad (7)$$

2D-модель:

$$\begin{aligned} &\bar{r} = \bar{\varphi}(\bar{r}_П + \bar{c}); && x = (x_П + c)\cos\varphi - (x_П + c)\sin\varphi; \\ &m_r = m_{\varphi}(m_{r_П} + m_c); && y = (x_П + c)\sin\varphi + (x_П + c)\cos\varphi; \\ & && z = 0, \end{aligned} \quad (8)$$

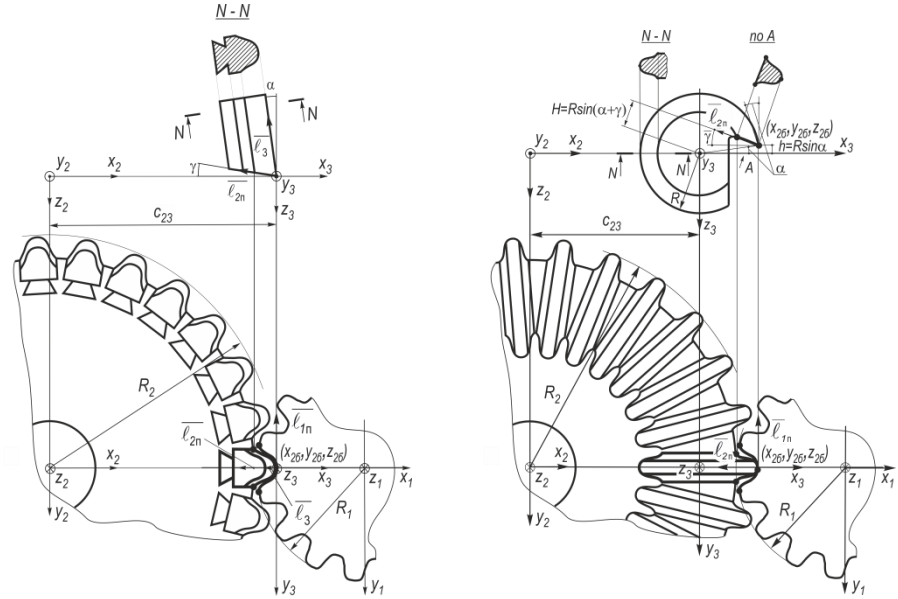
и интервалы значений параметров:

$$\begin{aligned} &0 \le x \le x_{\max}; \\ &0 \le \varphi \le \varphi_{\max}; \\ &\varphi_{\max} = F(r_П). \end{aligned} \quad (9)$$

Применение методологии моделирования плоских отсеков позволило упростить решение задачи проектирования усовершенствованных сборных долбяков с призматическими и круглыми фасонными резцами (рис. 4), периодическое репозиционирование которых в корпусе, прямолинейное у призматических и поворотное у круглых, позволяет избегать неизбежной с изнашиванием монолитного инструмента погрешности формы обрабатываемых зубчатых колес для специальных неэвольвентных зубчатых передач.

Математические описания профилирования сборных долбяков с призматическими и круглыми фасонными резцами идентичны первому этапу профилирования монолитного долбяка, на котором по заданной поверхности детали и заданным движениям детали и инструмента определяют инструментальную поверхность.

Исходная информация на втором этапе профилирования, заключающемся в определении координат точек режущей кромки как линии пересечения инструментальной и передней поверхностей, при профилировании сборных долбяков обоих видов совпадает. Это координаты точек профиля цилиндрической инструментальной поверхности в репере долбяка $x_2 y_2 z_2$ и передний угол резца γ .



а б

Рисунок 4 – Расчетные схемы профиля сборных долбежных инструментов с фасонними призматическими (*а*) и круглими (*б*) резцами.

Уравнение цилиндрической инструментальной поверхности в репере долбяка $x_2 y_2 z_2$ имеет такую же операторную и матричную запись, как и для монолитного долбяка. Она формулируется в виде выражений.

$$\bar{r}_2 = \bar{r}_{2и} + \bar{l}_и \,;\; m_{r_2} = m_{r_{2и}} + m_{l_и} \,; \qquad (10)$$

где $$m_{r_2} = \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix}; \quad m_{r_{2и}} = \begin{pmatrix} x_{2и} \\ y_{2и} \\ 0 \end{pmatrix}; \quad m_{l_и} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -l_и \end{pmatrix}.$$

Операторная и матричная запись уравнений передней поверхности (плоскости) подобны для обоих видов сборных долбяков. Координаты точек фасонной режущей кромки в репере резца $x_3 y_3 z_3$ вычисляются следующим образом:

$$\begin{cases} X_3 = x_{2и} - R_2 + R\cos\alpha; \\ Y_3 = y_{2и}; \\ Z_3 = -R\sin\alpha + (x_{2и} - R_2)tg\gamma. \end{cases} \quad (11)$$

Исходная информация на третьем этапе профилирования, а именно задней поверхности в нормальном сечении, включает: координаты точек фасонной режущей кромки, задний угол резца α и наибольший радиус резца R, который задается в зависимости от глубины профиля обрабатываемого колеса.

В результате координаты точек профиля задней поверхности резца в нормальном сечении определяются из соотношений:

$$\varphi_з = arctg\left(\frac{Z_3}{X_3}\right);\ x_{3н} = \frac{X_3}{\cos\varphi_з};\ y_{3н} = Y_3 \quad (12)$$

Представленный пример иллюстрирует прикладные возможности углубленной разработки общей теории и ее использования в информационном обеспечении соответствующих CAD/CAM систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перепелица, Б. А. Отображения аффинного пространства в теории формообразования поверхностей резанием / Б. А. Перепелица. – Харьков : Выща шк, 1981. – 152 с.
2. 3D-моделирование инструментов, формообразования и съема припуска при обработке резанием / Под ред. П. Р. Родина. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2001. – 304 с.
3. Зубкова, Н. В. Совершенствование 3D-моделирования режущих инструментов и элементов припуска путем унификации структур многопараметрических отображений пространства : Дис. … канд. техн. наук : 05.03.01 – процессы механической обработки, станки и инструменты / Н. В. Зубкова; НТУ «ХПИ». – Харьков, 2002. – 207 с.

Машрабов Азиз Ахмедович, Каримов Рустам Рўзимахматович
(Термез, Узбекистан)

К ИССЛЕДОВАНИЮ КОНУСОБРАЗНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА МИНИ-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ДЛЯ ГРУБЫХ КОРМОВ

Ключевые слова*: измельчитель, конусообразного рабочего органа, ротор, нож, лоток, грубые корма, кукуруза, солома, люцерна, качество измельчения , частоте вращения ротора.*