

УДК 621.01(06)

Е. А. Буленков, канд. техн. наук
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3010805; E-mail: e.bulenkov@gmail.com

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ В МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ РОТОРНЫХ ЛИНИЯХ

В статье описаны особенности разработки структурно-функциональных моделей обработки изделий в новых многономенклатурных роторных линиях с групповыми инструментальными блоками. В работе представлена структурная схема группового технологического процесса изготовления изделий на роторных линиях, на основании которой разрабатывались структурно-функциональные модели обработки деталей. Предложенная методика разработки структурно-функциональных моделей обработки изделий может быть использована при описании структуры операции любого группового технологического процесса изготовления изделий на любой многономенклатурной роторной линии.

Ключевые слова: структурно-функциональная модель, структурная схема, групповой технологический процесс, многономенклатурная роторная линия

Введение. Использование многономенклатурных роторных линий при производстве винтов позволит объединить крупносерийные производства в массовое. Однако, при реализации многономенклатурного производства по классической схеме, т.е. когда в каждой позиции многономенклатурной роторной машины (МРМ) обрабатывается только одна деталь, количество позиций в машине будет соответствовать количеству типоразмеров изделий [1, 2, 3]. Например, количеству типоразмеров винтов, изготавливаемых на многономенклатурной автоматической роторной линии (МАРЛ). Объединение для производства на МАРЛ большого количества различных типоразмеров изделий приведет к появлению большого количества потерь на холостые ходы в МРМ [4, 5]. Для решения этой проблемы необходимо создавать такие многономенклатурные роторные машины и линии, в которых не будет зависимости между количеством типоразмеров изделий и количеством инструментальных блоков (ИБ) [5]. Создание таких машин и линий начинается с разработки для них структурно-функциональных моделей обработки изделий.

Целью выполнения данной работы является разработка структурно-функциональных моделей обработки изделий на многономенклатурных автоматических роторных линиях, обеспечивающих возможность объединения крупносерийных производств в массовое за счет обработки группы деталей в каждом инструментальном блоке.

Для достижения поставленной цели разработать структурную схему группового технологического процесса изготовления изделий на МАРЛ, разработать модели подпроцессов, протекающих во всех структурных элементах линии и на их основе создать структурно-функциональные модели обработки изделий на МАРЛ.

Основное содержание и результаты работы. Групповой технологический процесс изготовления винтов включает операции отрезки стержневых заготовок из проволоки, выравнивание торцов и получение фаски на стержне, предварительной вы-

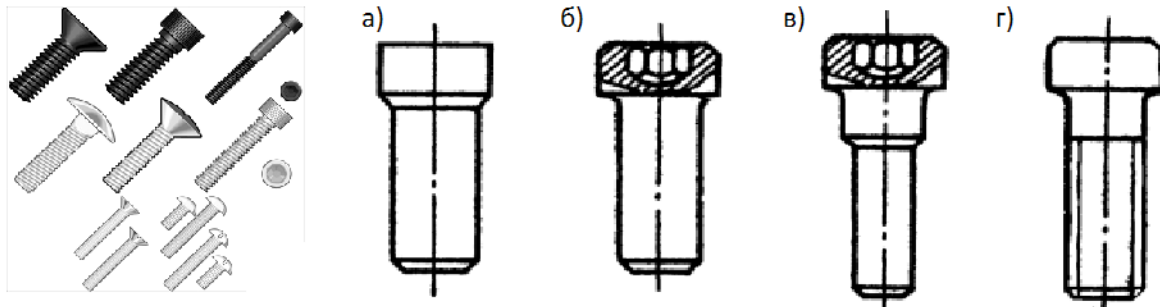


Рис. 1. Различные типоразмеры винтов и технологический процесс их изготовления
 садки головки (а), окончательной высадки головки (б), редуцирования стержня под резьбу (в) и накатывания резьбы (г) (рис. 1).

Структурная схема технологического процесса изготовления изделий на МАРП построена для исследования особенностей обработки и поиска новых структур потока изделий. Элементами технологических процессов являются технологические операции, а отношения между элементами – последовательность выполнения операций и группирование изделий в конкретных позициях (рис. 2).

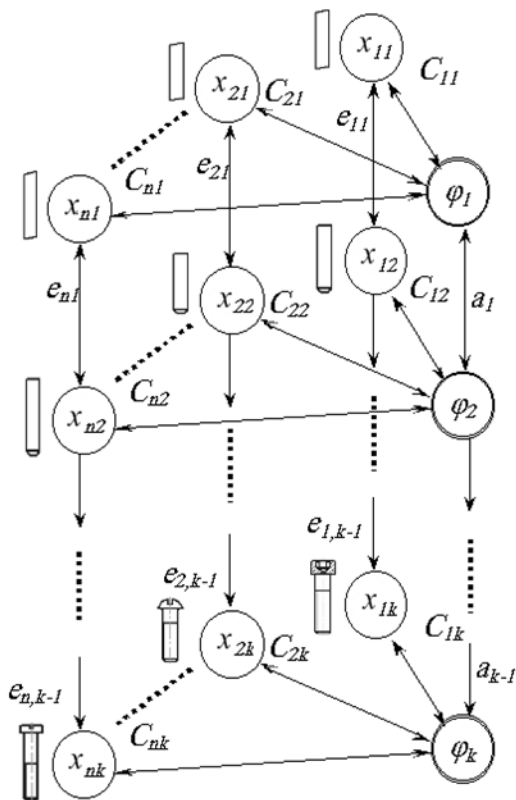


Рис. 2. Структурная схема группового технологического процесса изготовления изделий на роторных линиях

Структура технологического процесса изготовления каждого i -го изделия может быть описана такой математической зависимостью:

$$str_{Ti} = \{x_i, e_i\},$$

где str_{Ti} – структура технологического процесса изготовления i -го изделия;

x_i – множество структурных элементов (операций) технологического процесса изготовления i -го изделия;

e_i – множество отношений структурных элементов технологического процесса изготовления i -го изделия.

При этом множество структурных элементов технологического процесса изготовления i -го изделия (x_i) описывается выражением

$$x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\},$$

где x_{ij} – j -й элемент (j -я операция) технологического процесса изготовления i -го изделия;

n – количество элементов (операций) в технологическом процессе изготовления i -го изделия.

Например, при изготовлении винтов первыми операциями будет отрезка и выравнивание торца. Последней – накатывание

резьбы (рис. 2).

Множество отношений структурных элементов технологического процесса изготовления i -го изделия (e_i) имеет такой вид:

$$e_i = \{e_{i1}, e_{i2} \dots e_{i,n-1}\},$$

где e_{ij} - j -й элемент отношений структурных элементов технологического процесса изготовления i -го изделия.

Кроме того, сам групповой технологический процесс изготовления деталей имеет аналогичную структуру:

$$str_{\theta} = \{\varphi, a\},$$

где str_{θ} - структура группового технологического процесса изготовления деталей на МАРЛ;

φ - множество структурных элементов технологического процесса изготовления деталей на МАРЛ;

a - множество отношений между структурными элементами технологического процесса изготовления деталей на МАРЛ.

При этом множество структурных элементов группового технологического процесса изготовления деталей (φ) описывается выражением

$$\varphi_j = \{\varphi_1, \varphi_2 \dots \varphi_n\},$$

где φ_j - j -й элемент группового технологического процесса изготовления деталей.

Множество отношений структурных элементов групповых технологических процессов изготовления деталей (a) представляется зависимостью

$$a = \{a_1, a_2 \dots a_{n-1}\},$$

где a_j - j -й элемент отношений между элементами группового технологического процесса изготовления деталей.

Учитывая то обстоятельство, что на каждой операции группового технологического процесса обрабатывается несколько деталей, каждая групповая операция может быть представлена множеством операций по обработке различных деталей:

$$\varphi_j = \{X_j, C_j\},$$

где φ_j - j -й элемент (j -я операция) группового технологического процесса изготовления деталей;

X_j - множество j -х элементов технологических процессов изготовления деталей, входящих в φ_j ;

C_j - множество отношений между j -ми элементами технологических процессов изготовления деталей и φ_j -м элементом группового технологического процесса изготовления деталей.

При этом множество j -х элементов технологических процессов изготовления деталей, входящих в φ_j , имеет вид:

$$X_j = \{x_{1j}, x_{2j} \dots x_{kj}\},$$

где x_{ij} - j -й элемент технологического процесса изготовления i -го изделия;

k - количество деталей, обрабатываемых на j -й операции, шт.

Множество отношений между элементами технологических процессов изготовления деталей и φ_j -м элементом группового технологического процесса изготовления деталей определяется зависимостью

$$C_j = \{C_{1j}, C_{2j} \dots C_{kj}\},$$

где C_{ij} - j -е отношение между j -м элементом технологического процесса изготовления i -го изделия и φ_j -м элементом группового технологического процесса изготовления деталей.

Общая функционально-структурная символьная модель подпроцесса, протекающего в ИБ, определяется последовательной или параллельной обработкой деталей, в связи с чем она описывается одним из выражений:

$$str_{x_j}^{(\phi)} = \bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \text{ или } str_{x_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} ,$$

где $str_{x_j}^{(\phi)}$ - функциональная структура подпроцесса, протекающего в ИБ;

\bigvee - знак последовательного функционирования элементов (логическая операция дизъюнкции);

\bigwedge - знак параллельного функционирования элементов (логическая операция конъюнкции);

V_{Up} - количество изделий, обрабатываемых в одном ИБ, шт.

Аналогично, общая функционально-структурная символьная модель подпроцесса, протекающего в МРМ, представляется в таком виде:

$$str_{\varphi_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{t=1}^{u_p} (str_{j_x}^{(\phi)})_{t_j} \text{ или } str_{\varphi_j}^{(\phi)} = \bigvee_{t=1}^{u_p} (str_{j_x}^{(\phi)})_{t_j} ,$$

где $str_{\varphi_j}^{(\phi)}$ - функциональная структура подпроцесса, протекающего в МРМ;

u_p - количество инструментальных блоков в данной роторной машине, шт.

Общая функционально-структурная символьная модель подпроцесса, протекающего в МАРЛ, описывается одной из зависимостей:

$$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k (str_{\varphi_j}^{(\phi)})_j \text{ или } str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{j=1}^k (str_{\varphi_j}^{(\phi)})_j ,$$

где $str_{\theta_j}^{(\phi)}$ - функциональная структура процесса, протекающего в МАРЛ;

k - количество МРМ в данной МАРЛ, шт.

Заключение

Предложенная методика разработки общих функционально-структурных символьных моделей подпроцессов может быть использована при описании структуры операции любого группового технологического процесса изготовления деталей на любой МАРЛ. При этом возможны восемь различных структурно-функциональных моделей обработки деталей (табл. 1). Следует отметить, что почти все роторные линии создавались на основе только одной схемы обработки. Поэтому, с целью использования многолетнего опыта создания роторных линий, рационально при создании МАРЛ использовать именно эту схему, описываемую формулой:

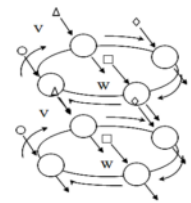
$$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j .$$

Предложенные общие структурно-функциональные модели отражают подпроцессы, протекающие в соответствующих структурных элементах МАРЛ и могут быть использованы для создания новых МАРЛ.

Таблиця 1. Структурно-функціональні моделі обробки деталей.

	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Последовательная обработка изделий в параллельно работающих ИБ на МРМ, расположенных последовательно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigwedge_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Параллельная обработка изделий в параллельно работающих ИБ на МРМ, расположенных последовательно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigvee_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Последовательная обработка изделий в последовательно работающих ИБ на МРМ, расположенных последовательно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigvee_{j=1}^k \left(\bigvee_{t=1}^{u_p} \left(\bigwedge_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Параллельная обработка изделий в последовательно работающих ИБ на МРМ, расположенных последовательно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Последовательная обработка изделий в параллельно работающих ИБ на МРМ, расположенных параллельно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{j=1}^k \left(\bigwedge_{t=1}^{u_p} \left(\bigwedge_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Параллельная обработка изделий в параллельно работающих ИБ на МРМ, расположенных параллельно.</p>
	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{j=1}^k \left(\bigvee_{t=1}^{u_p} \left(\bigvee_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Последовательная обработка изделий в последовательно работающих ИБ на МРМ, расположенных параллельно.</p>

Продолжение таблицы 1.

	$str_{\theta_j}^{(\phi)} = \bigwedge_{j=1}^k \left(\bigvee_{t=1}^{u_p} \left(\bigwedge_{i=1}^{V_{Up}} x_{ij} \right)_t \right)_j$ <p>Параллельная обработка изделий в последовательно работающих ИБ на МРМ, расположенных параллельно.</p>
---	--

Список литературы:

1. Михайлов А. Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия / Михайлов А. Н. - Донецк: ДонНТУ, 2002.- 379 с.
2. Прейс В. В. Комплексная автоматизация производства на базе автоматических роторных и роторно-конвейерных линий / Прейс В. В., Крюков В. А // Вестник машиностроения. - 2002.- №11. - С. 35-39.
3. Кошкин, Л. Н. Роторные и роторно-конвейерные линии / Л.Н.Кошкин - М.: Машиностроение, 1986. - 320 с.
4. Multi-spindle Thinking For Machining Center Parts. – Загл. с экрана. – Свободный доступ из сети Интернет. - <http://www.mmsonline.com/articles/multi-spindle-thinking-for-machining-center-parts>. - (01.01.2011).
5. Буленков Е. А., Михайлов А. Н. Структурный синтез многономенклатурных роторных машин / Е.А. Буленков, А.Н. Михайлов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. - 2009. - Вип. 37. - С. 32-40.

Надійшла до редакції 06.02.3013.

Є.О. Буленков

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОДЕЛІ ОБРОБКИ ВИРОБІВ У БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНИХ РОТОРНИХ ЛІНІЯХ

У статті описані особливості розробки структурно-функціональних моделей обробки виробів у нових багатономенклатурних роторних лініях із груповими інструментальними блоками. У роботі представлена структурна схема групового технологічного процесу виготовлення виробів на роторних лініях, на підставі якої розроблялися структурно-функціональні моделі обробки деталей.

Ключові слова: структурно-функціональна модель, структурна схема, груповий технологічний процес, багатономенклатурна роторна лінія.

Y.O. Bulenkov

STRUCTURALLY FUNCTIONAL MODELS OF PRODUCTS PROCESSING IN MULTINOMENCLATURE ROTOR LINES

The features of structurally-functional models development, for products processing in new multinomenclature rotor lines with group tool blocks, are described in article. The block diagram of group technological process of products production is presented in this work. The structurally-functional models of products processing are based on the block diagram.

Keywords: structurally-functional model, block diagram, group technological process, multinomenclature rotor line.