

УДК 621.73: 621.98: 004.9 (075.8)

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ШТАМПОВ ВЫРУБКИ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК

©2012 Е. Н. Почекуев, А. В. Скрипачев, П. Н. Шенбергер

Тольяттинский государственный университет

Рассматривается процесс системного проектирования последовательных разделительных штампов для вырубки листовых заготовок. Определены структурно-логические формулы, которые отражают возможные варианты конструкций этих штампов с учётом предложенных признаков узлов и деталей. Разработана математическая модель структуры штампов на основе методов дискретной математики.

Проектирование разделительных штампов, холодная листовая штамповка, системное проектирование, иерархическое описание конструкции.

Процесс подготовки заготовительных производств машиностроительной промышленности сопряжён с высокой трудоёмкостью и значительными финансовыми затратами.

В настоящее время данная проблема решается на основании эвристического алгоритма проектирования. Структурное описание алгоритма проектирования штамповой оснастки можно представить формулой:

$$A_{об} = E_1, E_2, \dots, E_n, \quad (1)$$

где $A_{об}$ – обозначение обобщённого эвристического алгоритма; E_1, \dots, E_n – этапы проектирования.

Алгоритм решения задач проектирования штампов характеризуется циклическим повторением этапов разработки, что приводит к увеличению времени проектирования, к появлению ошибок, а также к возрастанию затрат на изготовление оснастки.

Внедрение вычислительной техники и новейшего программного обеспечения для конструирования штампов происходит на базе существующего метода проектирования. Эвристический алгоритм применяется в различных системах автоматизированного проектирования, таких, как SolidWorks со специализированным мо-

дулем Logopress, Siemens NX с приложениями Progressive Die Design, Die Engineering Wizard, Die Structure Desing, программный комплекс UNISYS/CADCEUS с приложением PRESSDESIGN, программный продукт VAMOS CAA, а также программный комплекс CATIA с приложением Die Tool Design.

Сравнение возможностей этих программных продуктов позволяет сделать общий вывод: работа с помощью функционалов этих программ на базе эвристических алгоритмов сдерживает повышение производительности проектирования штамповой оснастки ввиду длительности проектных процедур.

Разделительные штампы для холодной листовой штамповки состоят из совокупности взаимодействующих узлов и компонентов, что характеризует их как сложный объект. В качестве методологической основы такой оснастки возможно использование системного подхода.

Системное проектирование программного обеспечения реализует представление сложного объекта в виде иерархической структуры взаимосвязанных узлов и деталей, что позволяет фиксировать целостные свойства объекта, его организацию и динамику. Такое проектирование осуществляют с помощью методов морфологического и конструктивного анализа, а также структурного синтеза, на ос-

нове дискретной математики с применением методов теории множеств, теории графов, булевой алгебры и т.д. [1, 2].

Разделительный штамп как объект проектирования можно представить как множество узлов и деталей (S_0). К таким узлам относятся:

- группы рабочего инструмента штампа (R_0);
- плиты штампа (P_0);
- узлы направления движения плит (N_0);
- механизмы направления и фиксации материала (F_0);
- механизмы удаления и прижима материала (Y_0);
- механизмы ограничения хода подвижных деталей штампа (G_0);
- транспортные узлы (T_0);
- механизмы крепления штампа (K_0).

В зависимости от назначения штампа состав и количество элементов множества может варьироваться.

Множество разделительного штампа S_0 удобно представлять на основе структурно-морфологических матриц (2):

$$S_0 = \|R_0 P_0 N_0 F_0 Y_0 G_0 K_0 T_0\|, \quad (2)$$

где

S_0 – множество разделительного штампа для холодной листовой штамповки,

R_0 – подмножество групп рабочего инструмента,

P_0 – подмножество плит штампа,

N_0 – подмножество узла направления движения плит штампа,

F_0 – подмножество узла направления и фиксации материала,

Y_0 – подмножество узла удаления и прижима материала,

G_0 – подмножество узла ограничения хода подвижных механизмов штампа,

K_0 – подмножество механизмов крепления штампа,

T_0 – подмножество транспортных механизмов.

Элементы структурно-морфологической матрицы S_0 , являющиеся узлами и

механизмами штампа, представляют собой подмножества S_0 и также могут быть выражены в виде структурно-морфологических матриц. Примеры структурно-морфологических матриц групп рабочего инструмента (R_0), узла направления движения плит штампа (N_0) и узла направления и фиксации материала (F_0) представлены в выражениях (3):

$$R_0 = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & 0 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & 0 \\ R_{41} & R_{42} & R_{43} & R_{44} \\ R_{51} & R_{52} & 0 & 0 \\ R_{61} & R_{62} & 0 & 0 \\ R_{71} & R_{72} & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$N_0 = \begin{pmatrix} N_{11} & N_{12} & 0 & 0 \\ N_{21} & N_{22} & 0 & 0 \\ N_{31} & N_{32} & 0 & 0 \\ N_{41} & N_{42} & N_{43} & 0 \\ N_{51} & N_{52} & 0 & 0 \\ N_{61} & N_{62} & 0 & 0 \\ N_{71} & N_{72} & N_{73} & N_{74} \\ N_{81} & N_{82} & N_{83} & 0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$F_0 = \begin{pmatrix} F_{11} & F_{12} & 0 & 0 & 0 \\ F_{21} & F_{22} & 0 & 0 & 0 \\ F_{31} & F_{32} & 0 & 0 & 0 \\ F_{41} & F_{42} & F_{43} & 0 & 0 \\ F_{51} & F_{52} & 0 & 0 & 0 \\ F_{61} & F_{62} & F_{63} & F_{64} & F_{65} \\ F_{71} & F_{72} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

где

R_{ij} - детали групп рабочего инструмента (R_0),

N_{ij} - детали узла направления движения плит штампа (N_0),

F_{ij} - детали узла направления и фиксации материала (F_0).

На основе разработанных структурно-морфологических матриц создаётся иерархическая модель разделительного

штампа с использованием условий единственности, которые заключаются в том, что из всех возможных конструктивных элементов может быть представлен только один

$$\bigcup_{i=1}^n \bigcup_{j=1}^m \bigcup_{p=1}^e \bigcup_{q=1}^l ((B_{ij} \wedge \overline{B_{pq}}) \vee (\overline{B_{ij}} \wedge B_{pq})) = 1, \quad (4)$$

и ограничений на сочетаемость элементов:

$$\bigcup_{i=1}^n \bigcup_{j=1}^m \bigcup_{p=1}^e \bigcup_{q=1}^l (B_{ij} \wedge B_{pq}) = 0, \quad (5)$$

где

\vee - знак дизъюнкции, логическое сложение, «или»;

\wedge - знак конъюнкции, логическое умножение, «и»;

$\overline{B_{ij}}$ - отрицание B_{ij} , инверсия, «не» B_{ij} ;

1 — истина;

0 — ложь;

$i = 1, \dots, n$;

$j = 1, \dots, m$;

$p = 1, \dots, e$;

$q = 1, \dots, l$.

Ограничения на сочетаемость могут быть составлены как для деталей одного узла (5), так и для компонентов из различных механизмов:

$$\bigcup_{i=1}^n \bigcup_{j=1}^m \bigcup_{p=1}^e \bigcup_{q=1}^l (A_{ij} \wedge B_{pq}) = 0. \quad (6)$$

Связи между членами и группами классификации устанавливаются логическими предложениями и высказываниями, формирующими базу знаний процесса проектирования.

В качестве примера рассмотрим условия единственности состояния групп в узлах и механизмах штампа в строго определенном положении с помощью терминов алгебры логики для групп рабочего инструмента:

$$(\overline{R_{21}} \wedge \overline{R_{22}} \wedge \overline{R_{23}}) \vee (\overline{R_{21}} \wedge R_{22} \wedge \overline{R_{23}}) \vee (\overline{R_{21}} \wedge \overline{R_{22}} \wedge R_{23}) = 1; \quad (8)$$

$$(\overline{R_{31}} \wedge \overline{R_{32}} \wedge \overline{R_{33}}) \vee (\overline{R_{31}} \wedge R_{32} \wedge \overline{R_{33}}) \vee (\overline{R_{31}} \wedge \overline{R_{32}} \wedge R_{33}) = 1; \quad (9)$$

$$(\overline{R_{41}} \wedge \overline{R_{42}} \wedge \overline{R_{43}} \wedge \overline{R_{44}}) \vee (\overline{R_{41}} \wedge \overline{R_{42}} \wedge \overline{R_{43}} \wedge R_{44}) \vee (\overline{R_{41}} \wedge \overline{R_{42}} \wedge R_{43} \wedge \overline{R_{44}}) \vee (\overline{R_{41}} \wedge \overline{R_{42}} \wedge R_{43} \wedge R_{44}) = 1; \quad (10)$$

$$(\overline{R_{51}} \wedge \overline{R_{52}}) \vee (\overline{R_{51}} \wedge R_{52}) = 1; \quad (11)$$

$$(\overline{R_{61}} \wedge \overline{R_{62}}) \vee (\overline{R_{61}} \wedge R_{62}) = 1; \quad (12)$$

$$(\overline{R_{71}} \wedge \overline{R_{72}}) \vee (\overline{R_{71}} \wedge R_{72}) = 1. \quad (13)$$

Например, истинное высказывание в выражении (7) означает: рабочий инструмент предназначен либо для вырубки (R_{11}), либо пробивки (R_{12}), а также или для отрезки (R_{13}), или разрезки (R_{14}).

К условиям единственности добавляются ограничения на сочетаемость членов групп состояний, в основе которых лежат функциональные, геометрические и технологические ограничения между узлами, механизмами и деталями штампа. Логические выражения, обуславливающие сочетаемость членов групп, приводят к ограничению базы знаний и сужению области конструкций до последовательных штампов вырубке заготовок:

$$R_{21} \wedge (R_{32} \vee R_{33}) = 0;$$

$$R_{22} \wedge (R_{31} \vee R_{33}) = 0;$$

$$R_{23} \wedge (R_{31} \vee R_{32}) = 0;$$

$$R_{31} \wedge (R_{43} \vee R_{44}) = 0;$$

$$R_{32} \wedge (R_{43} \vee R_{44}) = 0;$$

$$R_{33} \wedge (R_{41} \vee R_{42}) = 0;$$

$$R_{52} \wedge R_{62} = 0;$$

$$R_{62} \wedge (R_{71} \vee R_{72}) = 0.$$

$$(\overline{R_{11}} \wedge \overline{R_{12}} \wedge \overline{R_{13}} \wedge \overline{R_{14}}) \vee (\overline{R_{11}} \wedge R_{12} \wedge \overline{R_{13}} \wedge \overline{R_{14}}) \vee (\overline{R_{11}} \wedge \overline{R_{12}} \wedge R_{13} \wedge \overline{R_{14}}) \vee (\overline{R_{11}} \wedge \overline{R_{12}} \wedge \overline{R_{13}} \wedge R_{14}) = 1; \quad (14)$$

Первое ограничение в выражении (14) означает: если режущая кромка инструмента свыше 100 мм (R_{21}), то нерационально использование в конструкции штампа цельных матрицы и пуансона с крепёжными полками (R_{32}) или фланцем (R_{33}).

При помощи равносильных преобразований алгебры логики формулируются условия ограничения на сочетаемость членов групп в истинных высказываниях. Для этого выполняется инверсия левых и правых частей условий ограничения:

$$\begin{aligned} \overline{R_{21} \wedge (R_{32} \vee R_{33})} &= \overline{R_{21}} \vee (\overline{R_{32}} \wedge \overline{R_{33}}) = 1; \\ \overline{R_{22} \wedge (R_{31} \vee R_{33})} &= \overline{R_{22}} \vee (\overline{R_{31}} \wedge \overline{R_{33}}) = 1; \\ \overline{R_{23} \wedge (R_{31} \vee R_{32})} &= \overline{R_{23}} \vee (\overline{R_{31}} \wedge \overline{R_{32}}) = 1; \\ \overline{R_{31} \wedge (R_{43} \vee R_{44})} &= \overline{R_{31}} \vee (\overline{R_{43}} \wedge \overline{R_{44}}) = 1; \\ \overline{R_{32} \wedge (R_{43} \vee R_{44})} &= \overline{R_{32}} \vee (\overline{R_{43}} \wedge \overline{R_{44}}) = 1; \\ \overline{R_{33} \wedge (R_{41} \vee R_{42})} &= \overline{R_{33}} \vee (\overline{R_{41}} \wedge \overline{R_{42}}) = 1; \\ \overline{R_{52} \wedge R_{62}} &= \overline{R_{52}} \wedge \overline{R_{62}} = 1; \\ \overline{R_{62} \wedge (R_{71} \vee R_{72})} &= \overline{R_{62}} \wedge (\overline{R_{71}} \vee \overline{R_{72}}) = 1. \end{aligned} \quad (15)$$

Для установления возможных связей между группами состояний логически перемножаются левые части условий единственности на левые части условий ограничения. Преобразование условий производится с помощью правил (аксиом) коммутативности для сложения и умножения, ассоциативности, идемпотентности, дистрибутивности и противоречия [3].

Ниже представлен результат умножения выражений (8), (9) и первого из группы (14):

$$\begin{aligned} &[\overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{33}} \vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}}] [\overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}} \vee \\ &\vee \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}} \vee \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}}] [\overline{R_{21}} \vee \overline{R_{32}} \overline{R_{33}}] = \\ &= [\overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}} \vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}} \vee \\ &\vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}} \vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}} \vee \\ &\vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}} \vee \\ &\vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}}] [\overline{R_{21}} \vee \\ &\vee \overline{R_{32}} \overline{R_{33}}] = \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \vee \\ &\vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}} \vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}} \vee \\ &\vee \overline{R_{21}} \overline{R_{22}} \overline{R_{23}} \overline{R_{31}} \overline{R_{32}} \overline{R_{33}}. \end{aligned} \quad (16)$$

Для представления результата умножения в истинных высказываниях сокращаются члены с отрицанием из выражения (16) [3]:

$$\begin{aligned} &R_{22} R_{31} \vee R_{22} R_{32} \vee R_{23} R_{31} \vee R_{23} R_{32} \vee \\ &\vee R_{23} R_{33} \vee R_{21} R_{31}. \end{aligned} \quad (17)$$

Полученные выражения являются алгоритмом для разработки компьютерной программы с целью выявления возможных конструктивных признаков разделительных штампов.

Созданный код программы с помощью языка программирования C# на платформе NET показал, что количество возможных конструктивных признаков штампов зависит от глубины иерархии и числа уровней узлов и механизмов, а также определяется числом ограничений базы знаний.

Например, при описании модели последовательного разделительного штампа с использованием 47 условий единственности и 60 ограничений на сочетаемость расчёт программы приводит к получению $4 \cdot 10^{13}$ структурных формул, отражающих возможные варианты конструкции, в которых хотя бы один элемент отличается по составу. Результат работы программы на основе трёх возможных конструкций штампа можно проанализировать с помощью следующих выражений

$$R_{11} \wedge R_{21} \wedge R_{31} \wedge R_{41} \wedge R_{51} \wedge R_{61} \wedge R_{71} \wedge P_{11} \wedge P_{21} \wedge P_{31} \wedge P_{41} \wedge N_{11} \wedge N_{21} \wedge N_{31} \wedge N_{42} \wedge N_{51} \wedge N_{61} \wedge N_{71} \wedge N_{82} \wedge F_{11} \wedge F_{21} \wedge F_{31} \wedge F_{41} \wedge F_{51} \wedge F_{61} \wedge F_{71} \wedge Y_{11} \wedge Y_{23} \wedge Y_{32} \wedge Y_{41} \wedge Y_{51} \wedge Y_{61} \wedge Y_{71} \wedge Y_{83} \wedge Y_{91} \wedge G_{11} \wedge G_{21} \wedge G_{32} \wedge G_{41} \wedge T_{11} \wedge T_{21} \wedge T_{31} \wedge T_{11} \wedge T_{21} \wedge T_{31} \wedge T_{41} \wedge T_{51}; \tag{18}$$

$$R_{11} \wedge R_{21} \wedge R_{31} \wedge R_{41} \wedge R_{51} \wedge R_{61} \wedge R_{71} \wedge P_{11} \wedge P_{21} \wedge P_{31} \wedge P_{41} \wedge N_{11} \wedge N_{21} \wedge N_{31} \wedge N_{42} \wedge N_{51} \wedge N_{61} \wedge N_{71} \wedge N_{82} \wedge F_{11} \wedge F_{21} \wedge F_{31} \wedge F_{41} \wedge F_{51} \wedge F_{61} \wedge F_{71} \wedge Y_{11} \wedge Y_{23} \wedge Y_{32} \wedge Y_{41} \wedge Y_{51} \wedge Y_{61} \wedge Y_{71} \wedge Y_{83} \wedge Y_{91} \wedge G_{11} \wedge G_{21} \wedge G_{32} \wedge G_{41} \wedge T_{11} \wedge T_{21} \wedge T_{31} \wedge T_{11} \wedge T_{21} \wedge T_{31} \wedge T_{41} \wedge T_{52}; \tag{19}$$

$$R_{11} \wedge R_{21} \wedge R_{31} \wedge R_{41} \wedge R_{51} \wedge R_{61} \wedge R_{71} \wedge P_{11} \wedge P_{21} \wedge P_{31} \wedge P_{41} \wedge N_{11} \wedge N_{21} \wedge N_{31} \wedge N_{42} \wedge N_{51} \wedge N_{61} \wedge N_{71} \wedge N_{82} \wedge F_{11} \wedge F_{21} \wedge F_{31} \wedge F_{41} \wedge F_{51} \wedge F_{61} \wedge F_{71} \wedge Y_{11} \wedge Y_{23} \wedge Y_{32} \wedge Y_{41} \wedge Y_{51} \wedge Y_{61} \wedge Y_{71} \wedge Y_{83} \wedge Y_{91} \wedge G_{11} \wedge G_{21} \wedge G_{32} \wedge G_{41} \wedge T_{11} \wedge T_{21} \wedge T_{31} \wedge T_{11} \wedge T_{21} \wedge T_{31} \wedge T_{41} \wedge T_{53}. \tag{20}$$

Показанные выражения отличаются элементами T₅₁, T₅₂, T₅₃, которые говорят о том, что последовательный разделительный штамп может содержать либо накладные цапфы, либо грузовые винты, либо транспортные приливы. По остальным признакам эти конструкции совпадают.

Полученная иерархическая структура разделительного штампа для наглядности и компактности представления изображается в виде графа:

$$G = (V, E), \tag{21}$$

который является итогом строгой формальной обработки взаимосвязей между множествами возможных решений (вершины графа – V={R₀, P₀, N₀, F₀, Y₀, G₀, K₀, T₀}) и множествами условий сочетаемости (рёбра графа – E={e₁, e₂, ..., e_m}), при которых возможны полученные конструкции штампов.

На рисунке 1 представлен граф для групп рабочего инструмента штампа, который отражает условия на сочетаемость элементов подмножества из выражения (13). По аналогичному принципу составляются графы для остальных узлов и механизмов конструкции.

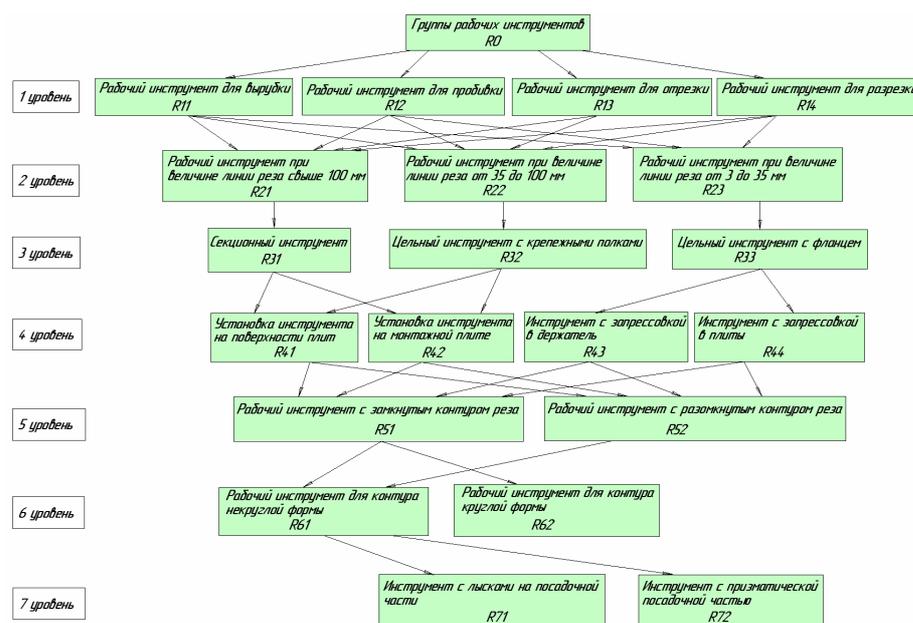


Рис. 1. Иерархическое описание структуры групп рабочего инструмента

Иерархия конструктивных признаков отдельных узлов и механизмов составляется на основе анализа существующих конструкций разделительных штампов [4, 5] и производственного опыта. Разбиение на иерархические уровни является вариативным и зависит от опыта разработчика и конкретной конструкции штампа.

Разделительный штамп как сборочная единица характеризуется рядом взаимосвязей между узлами и деталями, которые определяются параметрами формы, размеров, положения и посадки отдельных компонентов и узлов. Анализ кон-

структивных взаимосвязей позволил установить зависимости параметров одного механизма от параметров другого, что отражает влияние характеристик одного элемента на конструкцию других.

Решение задач синтеза конструкции находилось с помощью инструментов программы PLATINUM VPwin. Это позволило сформировать многоуровневую систему конструктивных взаимосвязей между узлами, механизмами и деталями штампа в сборке. Полученные данные в VPwin представлены в виде схемы на рисунке 2.

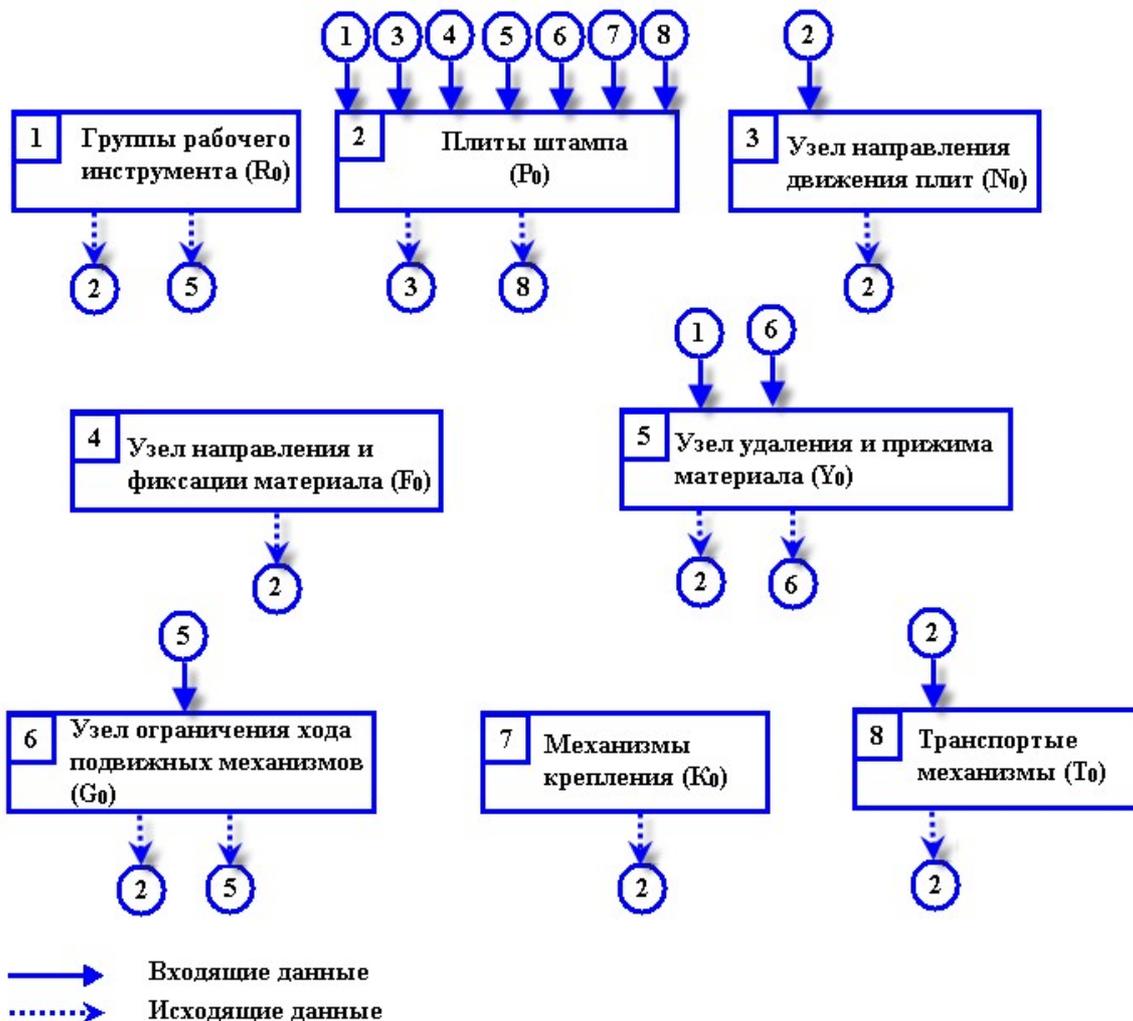


Рис. 2. Схема конструктивных взаимосвязей между элементами штампа

Например, взаимосвязь от групп рабочего инструмента к плитам штампа обозначает, что в зоне установки высота, форма и параметры позиционирования режущего инструмента оказывают влияние на габариты и геометрию плит верха и низа.

Модель иерархической структуры и найденные взаимосвязи нашли отражение в потоках данных созданной объектно-ориентированной программы проектирования последовательных разделительных штампов для вырубки листовой заготовки в среде NX OPEN на языке программирования C#.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Предложены методы системного подхода конструирования последовательных разделительных штампов для вырубки листовых заготовок.

2. На основе системного анализа конструкций разделительных штампов установлены соотношения, позволяющие получить иерархическое описание структуры штампа и выполнить анализ конструктивных взаимосвязей его узлов, механизмов и деталей.

3. Полученные структурно-логические формулы выявили возможные конструкции штампов с учётом предло-

женных признаков узлов и деталей, а также условий на сочетаемость элементов.

4. Разработана математическая модель структуры последовательных разделительных штампов для холодной листовой штамповки на основе методов дискретной математики.

Библиографический список

1. Кузнецов, О. П. Дискретная математика для инженера [Текст] / О. П. Кузнецов, Г. М. Адельсон-Вельский. – М.: Энергия, 1980. – 344 с.

2. Почекуев, Е. Н. Структурно-логическое проектирование штампов листовой штамповки В САПР [Текст] / Е. Н. Почекуев, И. Ю. Зубанов // Межвузовский сборник научных трудов. – Тольятти, 2000. – 74-79 с.

3. Яглом, И. М. Булева структура и её модели [Текст] / И. М. Яглом. – М.: Сов. радио, 1980. – 192 с.

4. Листовая штамповка: справочник конструктора штампов [Текст] / В. Л. Марченко [и др.]; под ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.

5. Справочник по холодной штамповке [Текст] / В. П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.

SYSTEM DESIGN OF FOLLOW SHEARING DIES FOR CUTTING SHEET BLANK

© 2012 E. N. Pochekuev, A. V. Skripachev, P. N. Shenberger

Togliatti State University

We consider the process of system design of follow shearing dies for cutting sheet blanks. Structural and logical formulas are defined and they represent possible designs of these dies with the proposed signs of assemblies and parts. A mathematical model of the structure of dies is developed based on the methods of discrete mathematics.

Designing shearing dies, cold sheet stamping, system design, hierarchical design description.

Информация об авторах

Почекуев Евгений Николаевич, кандидат технических наук, Тольяттинский государственный университет. E-mail: enpster@gmail.com. Область научных интересов: обработка металлов давлением, системы автоматизированного проектирования.

Скрипачев Александр Викторович, кандидат технических наук, директор Автомеханического института Тольяттинского государственного университета. E-mail: sav54@tltsu.ru. Область научных интересов: обработка металлов давлением.

Шенбергер Полина Николаевна, аспирант, Тольяттинский государственный университет. E-mail: Shenberger@tltsu.ru. Область научных интересов: обработка металлов давлением, системы автоматизированного проектирования.

Pochekuev Eugeny Nikolaevitch, candidate of technical science, Togliatti State University. E-mail: enpster@gmail.com. Area of research: metal forming, computer aided design.

Skripachev Alexander Viktorovitch, candidate of technical science, director of the Automotive Institute of Togliatti State University. E-mail: sav54@tltsu.ru. Area of research: metal forming.

Shenberger Polina Nikolaevna, post-graduate student, Togliatti State University. E-mail: Shenberger@tltsu.ru. Area of research: metal forming, computer aided design.