

УДК 004.021

В.С. Приступов**V.S. Pristupov**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ
ПРАВИЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ****ALGORITHM OF GENERATION TECHNOLOGICALLY
RIGHT SEQUENCE OF CUTTING DETAILS**

Построение пути режущего инструмента при помощи минимизации холостых перемещений является распространенной практикой, однако в ряде случаев, связанных с опасностью возникновения брака, невозможно построить маршрут режущего инструмента, не полагаясь на опыт специалиста. Предложенный в работе алгоритм формирования последовательности обработки контуров деталей позволяет избегать островов материала, резка которых может привести к поломке режущего оборудования.

Ключевые слова: режущий инструмент, формирование последовательности обработки, центр масс плоской фигуры, ЧПУ.

The cutting tool path generation by using minimizing of the idle movements is the popular practice, however, in some cases associated with the risk of defect products occurrence it is impossible to generate cutting tool path without the experience of specialist. In this paper we offer an algorithm of generation technologically right sequence of cutting details which allow avoid material islands. Cutting of such islands can lead to breaking of cutting tool.

Keywords: cutting tool, generation of sequence of cutting, the mass center of a plane figure, CNC.

Одним из ключевых этапов процесса раскроя листового материала является построение маршрута режущего инструмента (РИ). Оптимизация данного процесса позволяет увеличить объем производимой продукции.

К сожалению, формирование оптимального маршрута РИ в общем случае не представляется возможным из-за большого количества вариантов, растущего с увеличением количества обрабатываемых контуров (плоские замкнутые геометрические объекты, состоящие из дуг и отрезков). Рост количества вариантов можно представить в виде формулы

$$N = n!,$$

где N – количество вариантов обработки; n – количество контуров.

К примеру, для 20 контуров N уже будет примерно равно $2,5e18$, в то время как карты раскроя могут вмещать сотни контуров, которые необходимо обработать.

Задача формирования маршрута РИ не является новой. Ее решением годами занимаются разработчики САПР, такие как ProNest (США), «Техтран» (Россия), Lantek Expert Cut (Испания), Vintech (Болгария) и т.д.

На данный момент успешно решается задача минимизации холостых перемещений между контурами обработки. Разработано множество сложных эвристических алгоритмов и их модификаций [1, 2]. Однако в ряде случаев, связанных с опасностью возникновения брака, невозможно построить маршрут РИ, не полагаясь на опыт специалиста.

Цель данной работы – разработка алгоритма создания технологически правильной последовательности обработки деталей.

Условие предшествования обработки. Существуют случаи, когда площадь технологических отверстий детали достаточно велика, для того чтобы на ней можно было разместить более мелкие детали. В связи с этим, чтобы получить детали, соответствующие чертежам, в первую очередь строго должно соблюдаться условие предшествования обработки. Его можно сформулировать следующим образом: если при обработке i -го контура c_i , принадлежащего множеству S , существует такой j -й контур c_j , принадлежащий множеству S , и $i \neq j$, что контур c_j лежит внутри площади контура c_i , то контур c_j должен быть обработан раньше контура c_i .

Данное правило наглядно продемонстрировано на рис. 1. Порядок цифр обозначает правильную последовательность обработки контуров.

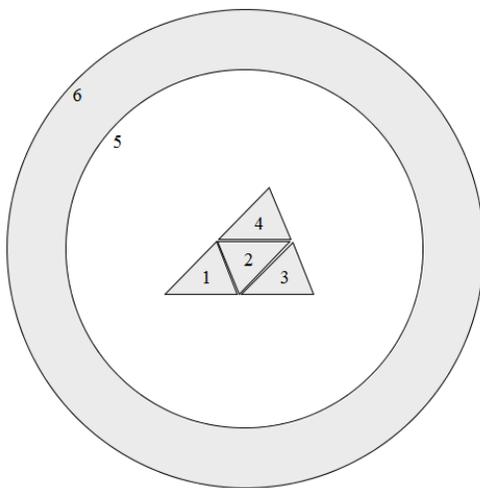


Рис. 1. Обработка вложенных контуров

Необходимость следования данному правилу обусловлена тем, что после обработки любого контура невозможна его повторная обработка. Дополнительная выгода данного правила – в исключении заведомо некорректных вариантов маршрута РИ.

Снижение риска брака. Во время работы с листами материала небольшой толщины (до 10–15 мм) специалистам на производстве приходится постоянно следить за тем, чтобы от воздействия режущего инструмента не происходило механической деформации листа относительно горизонтальной плоскости. Вовремя не замеченная деформация может привести к браку изделия или поломке дорогостоящего оборудования.

Частным случаем возникновения деформации листа является обработка так называемого острова материала, на котором остались необработанные детали. Острова материала могут образоваться как при последовательной обработке нескольких деталей (рис. 2, а), так и при обработке одной детали сложной невыпуклой формы (рис. 2, б).

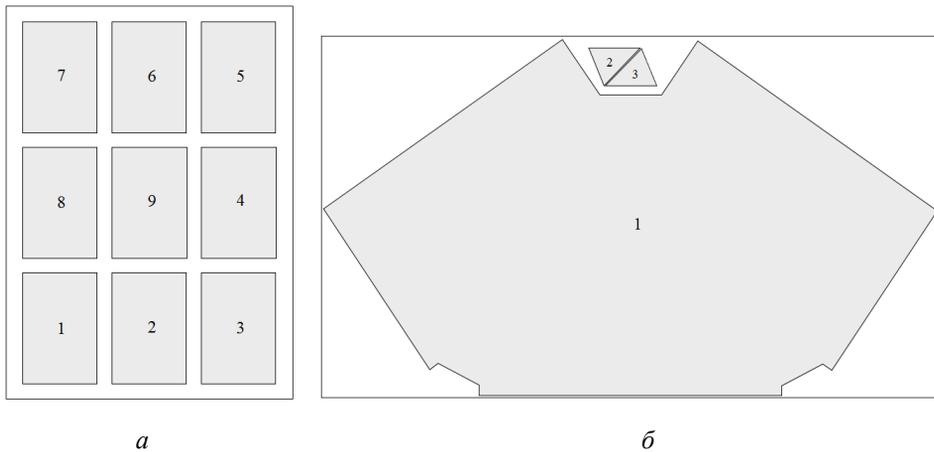


Рис. 2. Образование острова материала

Для исключения возникновения первого случая образования острова материала предлагается ввести новое условие предшествования: если при обработке i -го контура c_i , принадлежащего множеству C , существует такой j -й контур c_j , принадлежащий множеству C , и $i \neq j$, что контур c_j располагается раньше по ходу направления обработки контура c_i и лежит на том же уровне по соответствующей координате, то контур c_j должен быть обработан раньше контура c_i .

Основать такой подход можно на центре масс обрабатываемых контуров. Рассмотрим применение данного ограничения для случая, когда режущий инструмент начинает работу из левого нижнего угла листа материала и продвигается в правом направлении (рис. 3).

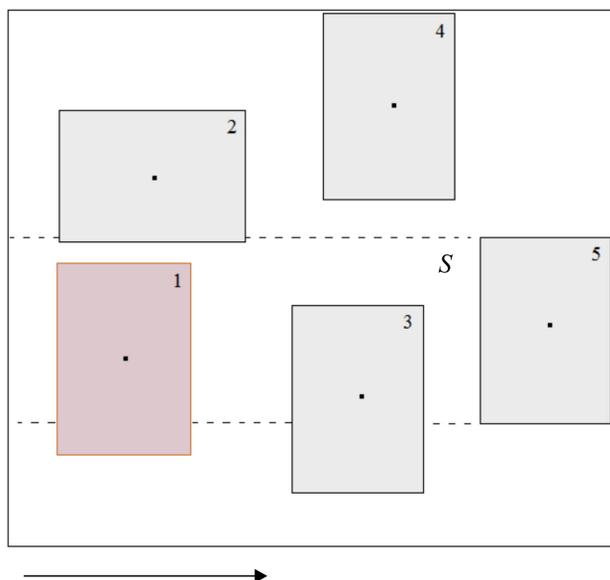


Рис. 3. Применение центров масс для определения порядка обработки

На рис. 3 наглядно показан принцип проверки на допустимость обработки контура с номером 5. Допустим, что контур с номером 1 уже обработан. Пространство S , образуемое левым краем листа и контуром 5 (выделено пунктиром), содержит центр масс необработанного контура с номером 3. Проведя аналогичные проверки для всех контуров, окажется, что допустимыми для обработки в данный момент являются только контуры с номерами 2 и 3.

Благодаря этому правилу исключается возможность образования острова материала обработкой нескольких деталей простой формы.

Для исключения возникновения второго случая образования острова материала введем дополнительное условие предшествования: если при обработке i -го контура c_i , принадлежащего множеству C , существует такой j -й контур c_j , принадлежащий множеству C , и $i \neq j$, что контур c_j располагается в невыпуклой части контура c_i , то контур c_j должен быть обработан раньше контура c_i .

Реализовать такой подход разумно на выпуклых оболочках деталей, а для исключения спорных граничных случаев стоит проверять на принадлежность выпуклой оболочки только центров масс других деталей. Рассмотрим такой подход для случая, когда на карте раскроя присутствуют большая деталь невыпуклой формы и несколько деталей меньшей площади (рис. 4).

На рис. 4 видно, что выпуклая оболочка массивной детали содержит центры масс остальных деталей, поэтому деталь с номером 3 будет обработана в последнюю очередь.

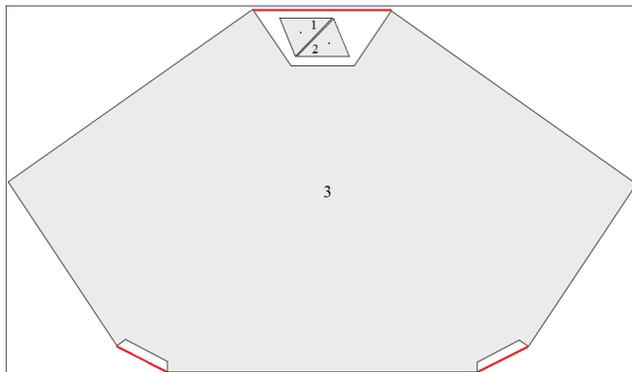


Рис. 4. Применение выпуклой оболочки для определения порядка резки

Объединив описанные правила, можно сформулировать алгоритм формирования технологически правильной последовательности обработки контуров, состоящий из нескольких шагов (рис. 5).

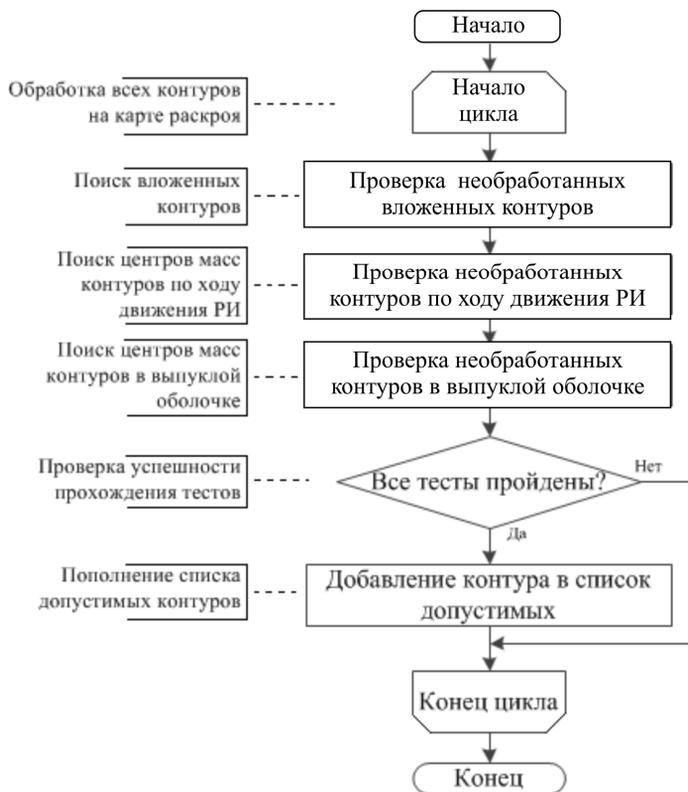


Рис. 5. Схема алгоритма формирования последовательности обработки

Таким образом, в данной работе предложен алгоритм, позволяющий отсекаать заведомо некорректные или небезопасные варианты маршрута РИ благодаря введенному набору правил. Алгоритм имеет сложность $O(n^3)$ по времени. Данный подход реализован в программном комплексе ITAS Nesting, разрабатываемом на кафедре «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета [3].

Список литературы

1. Петунин А.А. Методологические и теоретические основы автоматизации и проектирования раскроя листовых материалов на машинах с числовым программным управлением: дис. ... д-ра техн. наук. – Уфа, 2009. – 348 с.
2. Макачук Н.В. Исследование и разработка математического и программного обеспечения подсистемы САПР лазерной резки листового материала: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2003. – 156 с.
3. Мурзакаев Р.Т., Шилов В.С., Брюханова А.А. Программный комплекс фигурного раскроя материала ITAS Nesting // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2015. – № 13. – С. 15–25.

Получено 08.09.2016

Приступов Виталий Сергеевич – магистрант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», электротехнический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: aerolisk@gmail.com.