

ПРОЦЕСС ОТДЕЛЕНИЯ ФРАГМЕНТА МЯГКОЙ ДЕТАЛИ

Г.М. Драпак, В.И. Онофрийчук
Технологический университет Подолья
(г. Хмельницкий, Украина)

При осуществлении поштучного отделения от пачки мягких плоских деталей легкой промышленности имеет место ряд отрицательных явлений, которые препятствуют осуществлению процесса.

По нашему мнению, эти явления возникают, в подавляющем большинстве, вследствие специфических свойств названных деталей, а именно: сложности контура, невысокой жесткости, высокой воздухопроницаемости, сцепления, электростатического взаимодействия между деталями и т.п.

В связи с этим, проведение автоматизации процесса поштучного отделения деталей требует подробного исследования силового взаимодействия между деталями с учетом особенностей материалов, расположения пачки в пространстве, типа захватного устройства, направления отделения и т.п..

Процесс поштучного отделения детали от пачки принято определять [1] как полное разделение крайней и следующей за ней деталей пачки, при котором происходит разрушение всех связей между ними. После этого крайняя деталь занимает новое, четко определенное в пространстве положение, а следующая остается в начальном положении с полным сохранением начальной ориентации. При этом и сам процесс отделения также следует рассматривать, как определенный набор более простых подпроцессов [1,2].

По нашему мнению, работу, необходимую для отделения крайней детали от пачки, следует разделить на две составных:

$$A_{\text{отд}} = A_{\text{отд}}^I + A_{\text{отд}}^{II}, \quad (1)$$

где $A_{\text{отд}}^I$ – работа, израсходованная на преодоление сил взаимодействия двух соседних деталей,

$A_{\text{отд}}^{II}$ – работа, израсходованная на транспортирование (в границах действия отделяющего движения) отделенной части детали.

Работа, которая расходуется непосредственно на разделение, состоит из суммы элементарных работ, израсходованных на разделение каждого фрагмента детали:

$$A_{\text{отд}}^I = \sum_{i=1}^n A_{\text{отд},i}^I, \quad (2)$$

где $A_{\text{отд},i}^I$ – работа, израсходованная на отделение i -того фрагмента детали,

n – количество фрагментов детали.

Работа же, направленная на отделение i -того фрагмента детали от пачки может быть определена следующим образом:

$$A_{\text{отд},i}^I = \int_0^{h_{\text{отд}}} F_{\text{отд},i} \cdot dh, \quad (3)$$

где $F_{\text{отд},i}$ – мгновенное значение силы, которую необходимо приложить при отделении i -того фрагмента детали от пачки.

Работа, которую необходимо израсходовать на транспортирование уже отделенной части детали в границах действия отделяющего движения захватного органа определяется следующим образом:

$$A_{\text{отд}}^{\text{II}} = \int_0^{l'_{\text{mp}}} F'_m \cdot dl, \quad (4)$$

где F'_m – мгновенное значение силы, которую необходимо приложить для осуществления транспортирования детали в процессе ее отделения,

l'_{mp} – путь, пройденный захватным устройством для осуществления полного отделения детали.

Рассматривая постепенное отделение детали сложной формы при её периферийном захвате, на наш взгляд, возникает необходимость дифференциации исследуемого объекта на фрагменты простой формы, так как исследовать поведение отдельного простого фрагмента, а также взаимодействие соседних фрагментов между собой, значительно проще, чем всей детали в целом.

Одним из вариантов дифференциации может быть последовательная разбивка детали вдоль оси OX на полосы, ширина которых l_i соразмерна с толщиной отделяемой детали h , а длина b_i определяется шириной детали в данном сечении (рис. 1). В таком случае возможно допущение, что каждая такая полоса в плоскости XOY может рассматриваться как балка постоянной жесткости, нагруженная силой со стороны отделенной части и заземленная со стороны неотделенной части детали.

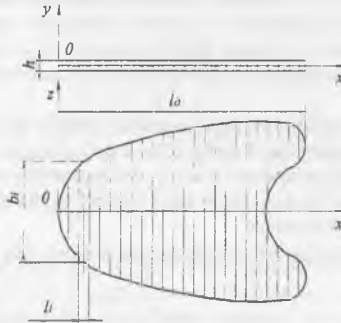


Рисунок1 - Схема разбивки детали на фрагменты

Учитывая величину соотношения между длиной и шириной полос (фрагментов), целиком возможно также предположение об их прямоугольной форме, а значит, площадь их определяется как простое произведение b_i и l_i .

Руководствуясь принципом Даламбера для системы материальных точек, запишем уравнения равновесия для фрагмента постоянной жесткости, с учетом сил, которые действуют в процессе отделения детали от пачки (5).

$$\bar{F}_{\text{вз},i} + \bar{F}_{\text{отд},i} + \bar{R}_i^i = 0, \quad (5)$$

где $\bar{F}_{\text{вз},i}$ - сила, с которой взаимодействуют между собою фрагменты деталей, которые разделяются; \bar{R}_i^i - главный вектор сил инерции системы.

Так как в данном случае рассматривается нормальное направление отделения детали, то величина силовых факторов, которые действуют исключительно в тангенциальном направлении, приближается к нулю и, по нашему мнению, учитывать их не следует. Таким образом, сила взаимодействия будет состоять из таких элементов (6):

$$\bar{F}_{\text{вз},i} = \bar{F}_{\text{ау},i} + \bar{F}_{\text{е},i} + \bar{F}_{\text{н.зч},i} + \bar{F}_{\text{нс},i} + \bar{F}_{\text{кр.зч},i} + \bar{F}_{\text{р},i} \quad (6)$$

где $\bar{F}_{\text{ау},i}$ - сила, которая возникает вследствие явления аутогезии между деталями из одинаковых материалов; $\bar{F}_{\text{е},i}$ - сила, которая возникает вследствие электростатического взаимодействия между соседними деталями; $\bar{F}_{\text{н.зч},i}$ - сила поверхностного сцепления между деталями; $\bar{F}_{\text{нс},i}$ - сила присасывания между деталями; $\bar{F}_{\text{кр.зч},i}$ - сила сцепления между краями деталей; $\bar{F}_{\text{р},i}$ - сила реакции со стороны дополнительных средств для удержания уровня пачки.

Поскольку все перечисленные составные силы взаимодействия действуют по площади или периметру фрагмента, то силу взаимодействия можно рассматривать как нагрузку $q_{\text{вз}}$, равномерно распределенную по длине балки, которая рассматривается. Исключения составляют первый и последний фрагмент детали, где, соответственно, в начале и в конце балки прибавляется сосредоточенная нагрузка от сил, которые действуют по передней и задней кромкам детали.

Прибавив силу веса фрагмента детали G_i , направленную вертикально вниз и силу инерции R_i^l , направленную в сторону, противоположную направлению отделения, получим общую картину распределения силовых факторов, возникающих в процессе отделения фрагмента детали от пачки, расположенной под углом φ к вертикали (рис 2, а). Будем считать, что указанные силы приложены к мгновенному центру масс фрагмента C_i .

Учитывая то, что рассматриваемый фрагмент детали не является абсолютно жестким, силу его инерции представим также в виде равномерно распределенной по длине нагрузки q_i , которая спроецирована на ось y и направлена в ту же сторону, что и сила взаимодействия между деталями. Силу веса также спроецируем на ось y и представим в виде распределенной нагрузки q_g .

Введем величину q , которая есть алгебраической суммой указанных нагрузок:

$$q = q_i \cdot \cos \frac{\pi}{4} + q_g \cdot \sin \varphi + q_{\text{вз}} \quad (7)$$

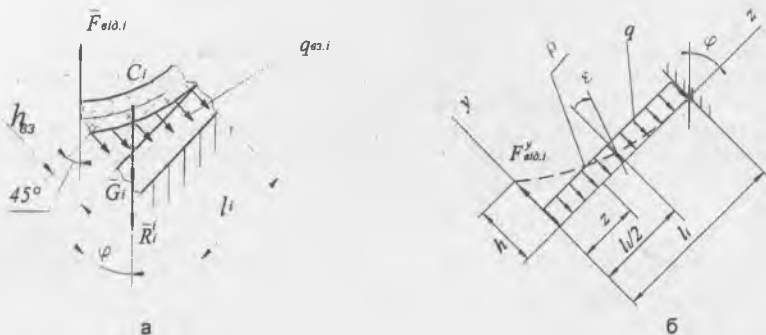


Рисунок 2 - Процесс разделения фрагментов двух соседних деталей:

а - силовые факторы процесса; б - расчётная схема процесса.

Таким образом, рассматривая фрагмент постоянной жесткости в плоскости отделивающего движения, которая перпендикулярна поверхности пачки, возможно его представление в виде консольной балки. В таком случае, решение задачи возможно методом непосредственного интегрирования. Расчетная схема подпроцесса отделения фрагмента постоянной жесткости будет иметь вид, представленный на рис. 2, б. Здесь ρ - радиус кривизны согнутой балки; h - прогиб свободного конца консольной балки; l_i - длина балки; ε - угол поворота сечения посреди пролета балки; z - координата сечения балки, которая рассматривается в данный момент; φ - угол наклона поверхности пачки (см. рис. 2, а).

Выбрав начало координат на левом (свободном) конце балки, направим положительную ось y вверх, положительную ось z вправо. В таком случае положительное направление прогибов h будет вверх, а положительное направление угла поворота сечения ε будет отвечать его повороту против часовой стрелки.

Определим величину проекции отделивающего усилия F_{oid}^y .

Использував приближенное дифференциальное уравнение оси изогнутой балки [3], и проведя необходимые математические преобразования, получим систему из трех уравнений (8), которые позволят определить необходимые нам неизвестные.

$$\begin{cases} h = \frac{l_i^2}{\rho}, \\ h = \frac{q}{EJ} \left(\frac{l_i^3}{6} - \frac{l_i^4}{8} \right) + \frac{F_{oid}^y}{EJ} \left(\frac{l_i^3}{3} - \frac{l_i^2}{2} \right), \\ \rho = \frac{EJ}{F_{oid}^y \cdot l_i - \frac{q l_i^2}{2}}. \end{cases} \quad (8)$$

В результате решения системы было получено выражение (9), которое связывает длину участка, который отделяется в данный момент времени, с его жесткостью EJ , нагрузкой на нее q и прогибом свободного конца h , который в нашем случае равняется расстоянию, на котором действуют силы взаимодействия между соседними деталями $h_{э3}$. Из этого выражения числовым методом на участке, который охватывает диапазон жесткостей деталей, которые используются для изготовления верха обуви, было получено выражение для определения искомой величины l_i (10).

Кроме того, была получена зависимость (11) проекции силы отделения F_{oid}^y от длины участка l_i .

$$EJ = \frac{q l_i^4 (10 - 7 l_i)}{4 h (4 l_i + 3)} \quad (9)$$

$$l_i = 0.1089 \cdot 4 \sqrt{\frac{EJ \cdot 10^4 \cdot h_{э3}}{q}} \quad (10)$$

$$F_{oid}^y = 3q l_i \frac{12 - l_i}{12 + 16 \cdot l_i} \quad (11)$$

Пользуясь выражением (10) можно проследить зависимость длины участка детали, которая будет находиться в стадии отделения, от ее жесткости EJ и величины распределенной нагрузки q при постоянном значении $h_{э3}$, которое зависит от физических и геометрических параметров детали и способа ее раскроя (рис.3).

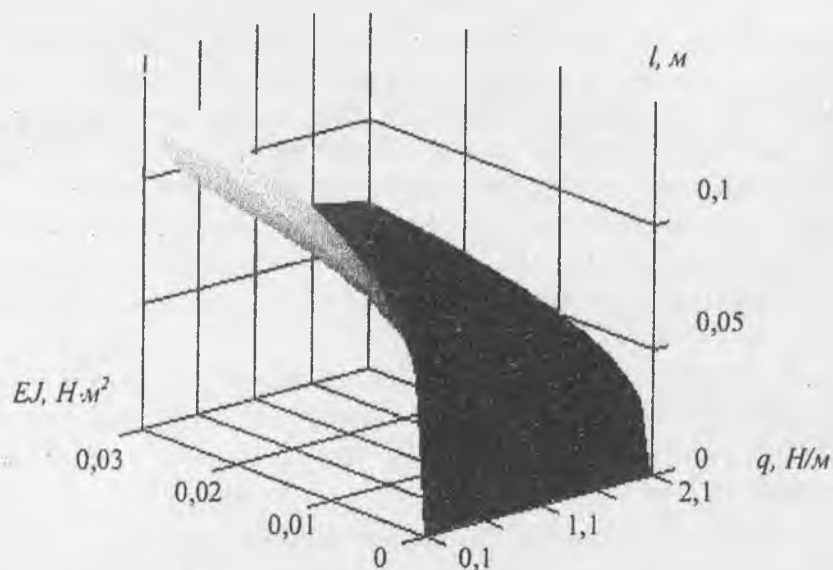


Рисунок 3 - График зависимости длины отделяемого фрагмента от жёсткости детали EJ и величины распределённой нагрузки q .

Подставив выражение (10) в соотношение (11) и учтя угол наклона линии действия отделяющего усилия к уровню пачки, получим формулу для определения мгновенного значения усилия, необходимого для отделения фрагмента детали от пачки:

$$F_{\text{отд.1}} = 0,462 \cdot q \cdot \sqrt[4]{\frac{EJ \cdot 10^4 \cdot h_{\text{вз}}}{q}} \cdot \frac{12 - 0,1089 \cdot \sqrt[4]{\frac{EJ \cdot 10^4 \cdot h_{\text{вз}}}{q}}}{12 + 1,7424 \cdot \sqrt[4]{\frac{EJ \cdot 10^4 \cdot h_{\text{вз}}}{q}}} \quad (12)$$

Подставив в выражение (12) значение жесткости и распределенной погрузки, получим графическую зависимость (рис. 4).

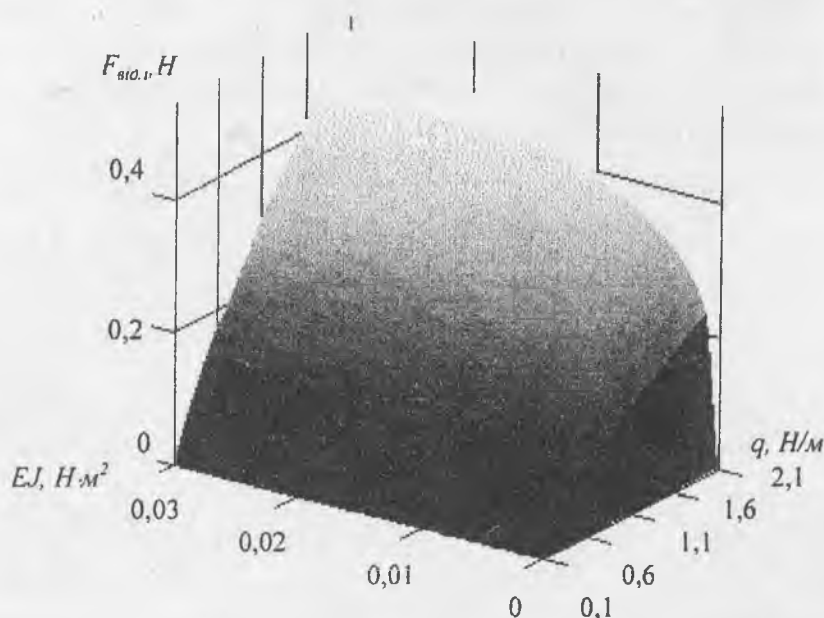


Рис. 4 График зависимости мгновенного значения усилия, необходимого для отделения фрагмента детали от жёсткости детали EJ и величины распределённой нагрузки q .

Проанализировав указанную графическую зависимость, можно видеть, что мгновенное значение усилия, необходимого для отделения некоторого фрагмента детали резко возрастает в диапазоне жёсткостей от 0 до $0,01 \text{ Н}\cdot\text{м}^2$, после чего зависимость становится более пологой. Влияние же распределенной нагрузки является более равномерным и плавно возрастает на протяжении всего диапазона.

Таким образом, можно сделать вывод, что на величину отделяющего усилия, наряду с силами взаимодействия между деталями, решающее влияние имеет также жёсткость фрагмента отделяемой детали. Поэтому, при разработке схемы отделения детали, необходимо учитывать её геометрические и физические свойства, которые влияют на усилие, необходимое для разделения двух деталей.

Список использованных источников

1. Ганулич Л.А. Роботизированная технология швейных изделий. – М.: «Легпромбытиздат», 1990 – 200 с.
2. Раелисон Ги Людовик, Пискорский Г.А. Условия поштучного захвата из стопы плоских мягких деталей верха обуви. – Изв. Вузов. Технол. легкой промышленности. 1990, №3, с. 109-110.
3. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.

Аннотация

Статья посвящена автоматизации процесса манипулирования деталями верха обуви при их сборке в заготовку. Получены зависимости для определения мгновенного значения усилия, необходимого для разделения фрагментов двух соседних деталей пачки в процессе манипулирования. Результаты исследований могут быть использованы для расчета конструктивных параметров разных типов захватных органов, а также для определения режимов их работы.

Summary

G.M. Drapak, V.I. Onofriychuck. Process of separation of a piece of a soft part. The article is dedicated to automation of process of handling parts of top of footwear at their assembly in bar. The relations for definition of an instantaneous value of an effort indispensable for separation of pieces of two adjacent parts of a member during handling are obtained. The results of researches can be used for calculation of design data of miscellaneous types of capturing organs, and also for definition of modes of their activity.