

## SUMMARY

The analyses of the most common case of an experiment on stretching of loosely coupled fibers of a textile yarn are given in this research. The research is based on the method of statistical simulation of semi-cycle yarn stretching experiment. The «synthesized» yarn is used as an object of the research. It is characteristic of the yarn to show the most common properties under semi-cycle stretching experiment. It is characteristic of the deformation process and of breaking of the core-spun chemical yarns under the less than critical tightening distance.

УДК 677.024.072

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ УПРУГОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Е.Л. Кулаженко*

Основополагающей в теории механического резания продолжает оставаться задача наиболее полного описания процессов взаимодействия режущих кромок (лезвий) с обрабатываемыми материалами в аналитической форме, в которую непосредственным образом входили бы показатели физико-механических свойств этих материалов и основные технологические параметры управления процессом.

Аналитическое описание процесса резания текстильных материалов в виде отходов химических нитей возможно лишь при выявлении взаимосвязи между следующими группами факторов, влияющих на ход процесса и определяющих его результаты: технологическими требованиями к процессу; деформационно-прочностными свойствами материала; типом и характеристиками режущего инструмента (оснастки) и оборудования; характером и параметрами деформационно-разрушающего воздействия; особенностями силового взаимодействия лезвия с объектом обработки.

Важной задачей является исследование силовых факторов процесса резания, определение влияния основных технологических и конструктивных параметров оборудования на качество обработанной режущим инструментом поверхности (или поверхности реза) и стабильность выполнения технологических операций механического резания.

Разделению материала на части под воздействием лезвийного инструмента предшествует процесс предварительного сжатия до возникновения на кромке ножа разрушающего контактного напряжения  $G_p$  [1].

Момент возникновения  $G_p$  контактного напряжения определяется значением усилия  $P$ , прикладываемого к ножу. При резании упругопластических материалов усилие  $P$ , при котором завершается процесс сжатия и начинается резание, является максимальным или критическим.

Рассмотрим взаимодействие ножа с односторонней заточкой с разрезаемой нитью (рисунок 1). При углублении ножа в нить диаметром  $d_H$  на некоторую величину  $h_{сж}$  на режущей кромке ножа возникает разрушающее контактное напряжение и начинается процесс разрушения нити. На нож действуют следующие силы:  $P_{рез}$  – сила сопротивления разрушению материала под кромкой лезвия;  $P_{обж}$  – сила обжатия материалом, имеющая горизонтальное направление и действующая на боковую грань лезвия.

На наклонную грань ножа действует сила нормального давления  $N$  и силы трения  $T_1$  и  $T_2$ .

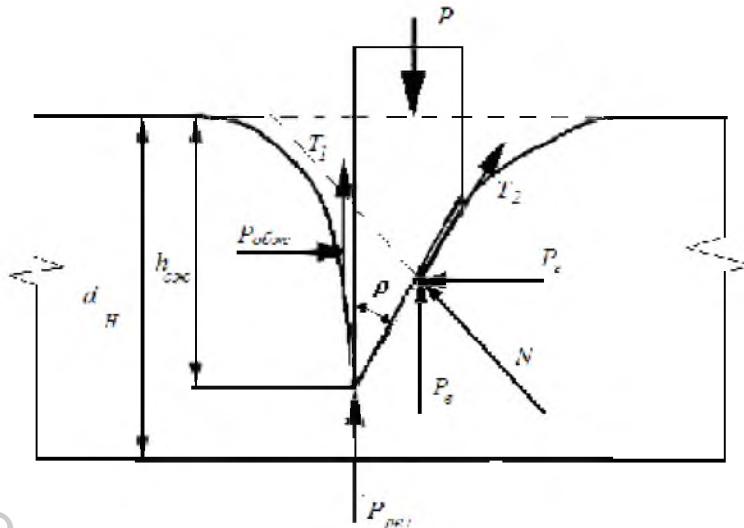


Рисунок 1 - Схема взаимодействия ножа с односторонней заточкой с нитью в процессе резания

Представим силу нормального давления  $N$ , как

$$\begin{cases} P_c = N \cos \beta \\ P_e = N \sin \beta \end{cases} \quad (1)$$

$$N = \frac{P_c \sin \beta + P_e \cos \beta}{\sin 2\beta} \quad (2)$$

На фаске ножа возникает сила трения  $T_2$ , равная:

$$T_2 = Nf, \quad (3)$$

где  $f = \tan \varphi$  – коэффициент трения нити о материал ножа;  
 $\varphi$  – угол трения.

Выразим силу  $N$  через угол трения:

$$N = \sqrt{P_c^2 + P_e^2} \cos \varphi. \quad (4)$$

На вертикальную грань ножа действует сила трения  $T_1$ , равная:

$$T_1 = Nf. \quad (5)$$

Вертикальная составляющая силы трения  $T_2$  равна:

$$T_2' = T_2 \cos \beta. \quad (6)$$

Подставив в уравнение (6) значение силы  $N$  (2) и силы трения  $T_2$  (3), получим:

$$T_2' = \left( \frac{P_c \sin \beta + P_e \cos \beta}{\sin 2\beta} \right) f \cos \beta \quad (7)$$

$$\text{или } T_2' = \frac{f}{\sin 2\beta} (0.5P_e \sin 2\beta + P_e \cos^2 \beta). \quad (8)$$

В момент начала резания сила резания  $P$ , приложенная к ножу, равна:

$$P = P_{рез} + P_e + T_1 + T_2'. \quad (9)$$

Определим каждую из составляющих уравнения (9):

$$P_{рез} = G_P \delta d_H \text{ или } P_{рез} = E \frac{h_{сж}}{d_H} \delta d_H = E h_{сж} \delta, \quad (10)$$

где  $E \approx 6700 \text{ Н/м}^2$  – модуль упругости нити (6500-7000 Н/м<sup>2</sup>)

$\delta \approx (0.5 \div 1.5) 10^{-3}$ , м

$h_{сж} \approx (0.3 \div 0.5) d_H$ .

Вертикальная составляющая  $P_v$  является сжимающей силой и равна:

$$P_v = G_{сж} F_{сж} = E \varepsilon h_{сж} \delta \text{ или } P_v = E \frac{h_{сж}^2}{d_H} \delta. \quad (11)$$

Сила трения  $T_1$  определяется по формуле (5) и равна:

$$T_1 = \sqrt{P_z^2 + P_v^2} \cos \varphi, \quad (12)$$

$$\text{где } P_z = P_{см} = G F_{см} \text{ или } P_z = \frac{E}{2(1+\mu)} h_{сж} \delta \cos \beta$$

$\mu \approx (0,6 \div 0,7)$  - коэффициент Пуассона,

$G$  – модуль сдвига (Н/м<sup>2</sup>).

Тогда

$$T_1 = \sqrt{\left( \frac{E h_{сж} \delta \cos \beta}{2(1+\mu)} \right)^2 + \left( \frac{E h_{сж}^2 \delta}{d_H} \right)^2} \cos \varphi. \quad (13)$$

Угол трения  $\varphi$  определяется как  $\varphi = \arctg f$ ,  $f \approx 0,2 \div 0,21$ , тогда  $\varphi = 6^\circ$ ,  $\cos \varphi = 0,995$ .

Вертикальная составляющая силы трения  $T_2$  определяется по формуле (8) и равна:

$$T_2' = \frac{f}{\sin 2\beta} \left( \frac{0,25 E h_{сж} \delta \cos \beta \sin 2\beta}{1+\mu} + \frac{E h_{сж}^2 \delta \cos^2 \beta}{d_H} \right) \quad (14)$$

$$\text{или } T_2' = f \left( \frac{0,25 E h_{сж} \delta \cos \beta}{1+\mu} + \frac{E h_{сж}^2 \delta \cos^2 \beta}{\sin 2\beta} \right) \quad (15)$$

$$T_2' = f E h_{сж} \delta \cos \beta \left( \frac{0,25}{1+\mu} + \frac{h_{сж} \cos \beta}{\sin 2\beta} \right) = f E h_{сж} \delta \cos \beta \left( 0,145 + \frac{h_{сж}}{2 \sin \beta} \right)$$

$$\text{или } T_2' = f E h_{сж} \delta \left( \frac{0,3 \sin \beta + h_{сж}}{2 \operatorname{tg} \beta} \right). \quad (16)$$

Результирующая сила  $P$  равна:

$$P = E h_{сж} \delta + \frac{E h_{сж}^2 \delta}{d_H} + \sqrt{\left( \frac{E h_{сж} \delta \cos \beta}{2(1+\mu)} \right)^2 + \left( \frac{E h_{сж}^2 \delta}{d_H} \right)^2} \cos \varphi + f E h_{сж} \delta \left( \frac{0,3 \sin \beta + h_{сж}}{2 \operatorname{tg} \beta} \right) \quad (17)$$

При двухсторонней заточке ножа (рисунок 2)

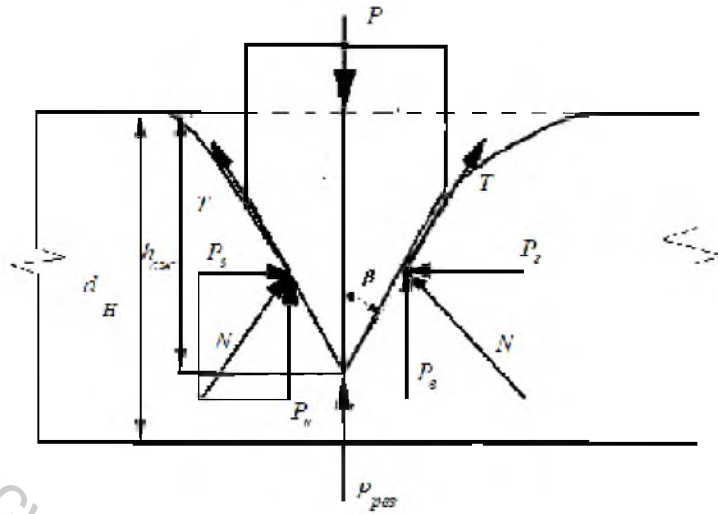


Рисунок 2 – Схема взаимодействия ножа с двухсторонней заточкой с нитью в процессе резания

$$P = P_{рез} + 2P_v + 2T'$$

$$\text{или } P = Eh_{сэж} \delta + \frac{2Eh_{сэж}^2 \delta}{d_H} + fEh_{сэж} \left( \frac{0,3 \sin \beta + h_{сэж}}{\operatorname{tg} \beta} \right) \quad (18)$$

Полученные зависимости (17) и (18) применимы для описания статического взаимодействия лезвия с нитью. Для динамического взаимодействия необходимо учесть эффект «трансформации» угла резания  $\beta$ . Соотношение между углом заточки  $\beta$  и углом резания при известных линейных скоростях подачи  $V_{под}$  и скорости резания  $V_{рез}$  определяется [2] по формуле

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{\sqrt{1 + \frac{V_{рез}^2}{V_{под}^2}}} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (19)$$

Тогда формула (17) и (18) принимают вид для односторонней заточки:

$$P = Eh_{сэж} \delta + \frac{Eh_{сэж}^2 \delta}{d_H} + \sqrt{\left( \frac{Eh_{сэж} \delta \cos \alpha}{2(1 + \mu)} \right)^2 + \left( \frac{Eh_{сэж}^2 \delta}{d_H} \right)^2} \cos \varphi + fEh_{сэж} \left( \frac{0,3 \sin \alpha + h_{сэж}}{2 \operatorname{tg} \alpha} \right) \quad (20)$$

для двухсторонней заточки:

$$P = Eh_{сэж} \delta + \frac{2Eh_{сэж}^2 \delta}{d_H} + fEh_{сэж} \left( \frac{0,3 \sin \alpha + h_{сэж}}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \quad (21)$$

При резании нитей в несколько сложений, объединенных в жгут, сила резания возрастает. Зависимость силы резания от толщины жгута согласно формуле (20) представлена на рисунке 3.

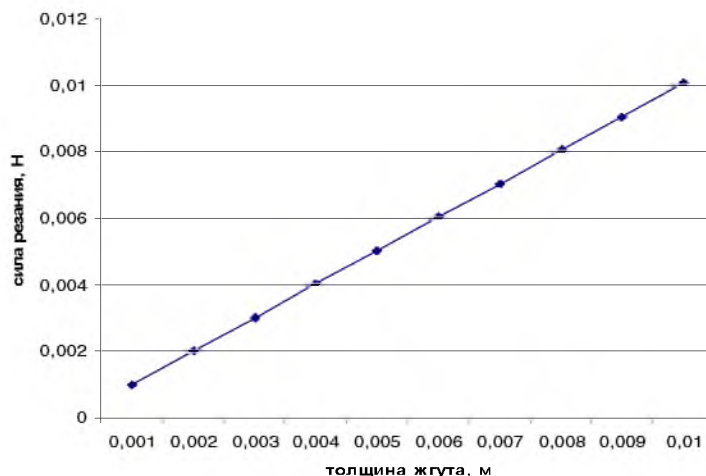


Рисунок 3 – Зависимость сил резания от толщины жгута

#### ВЫВОДЫ

Произведен анализ физической сущности и основных закономерностей механического резания с позиции оценки особенностей кинематики и силового взаимодействия материала с лезвием.

Получены расчетные аналитические выражения и математические модели для определения кинематических и силовых показателей процесса резания упругопластичных материалов с учетом особенностей их свойств.

#### Список использованных источников

1. Резник, Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н. Е. Резник. — Москва : Машиностроение, 1975. — 311 с.
2. Савостицкий, А. В. Технология швейных изделий / А. В. Савостицкий, Е. Х. Меликов, И. А. Куликова. — Москва : Легкая индустрия, 1971. — 597 с.

#### SUMMARY

The physical essence and the basic regularities of mechanical cutting from a position of an estimation of kinematics features and of power interaction of a material with an edge are analyzed in the article. The calculated analytical expressions and mathematical models for definition of kinematic and power indicators of cutting process of textile materials taking into account features of their properties are described.

УДК 677.024.072

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ЧАСТИЦ В НАКОПИТЕЛЬНОМ БУНКЕРЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Е.Л. Кулаженко, В.И. Ольшанский.**  
**Работа выполнена под руководством**  
**д.т.н., профессора Когана А.Г.**

Существуют три основных метода получения волокнистых холстов: аэродинамический, механический, гидродинамический (бумагоделательный). Как показывает практика, наиболее приемлемым способом производства многослойных текстильных материалов является механический способ