

## КОЛЮЧО-РІЖУЧІ МЕХАНІЧНІ ОПЕРАЦІЇ В ПІДГОТОВЧИХ ПРОЦЕСАХ ШВЕЙНО-ВЗУТТЄВИХ ВИРОБНИЦТВ

Проведено аналіз процесів руйнування матеріалів в підготовчих процесах швейно-взуттєвих виробництв. Визначено характерні етапи руйнування та діючі зусилля на робочі органи машин та механізмів. Проведено дослідження процесів руйнування в кожній з характерних фаз. Обґрунтовано доцільність розробки загального підходу до визначення процесів руйнування матеріалів незалежно від виду ріжучо-колючих технологічних операцій та робочих інструментів.

Ключові слова: руйнування матеріалів, вирубування, проколювання.

O.S.POLISHCHUK, E.A.MANZIUK

Khmelnitskiy National University, Khmel'nitskiy, Ukraine

### CUT AND THRUST MECHANICAL ACTION IN PREPARATORY PROCESS OF SEWING AND SHOE INDUSTRIES

**Abstract** - Devices with mechanical work tools are fairly common groups of light-equipment industry. Many mechanisms of this group serve tools, which appointment to perform cut and thrust technology operations. Thus there is a violation of the integrity of the material, its local destruction and the following types of operations like piercing, cutting, thrusting, marking, and others.

Working tools destroys material by several phases. The main aspect of this process is the interaction strength of the blade with material and the parameters that characterize the process, cutting force and thus destroying the emerging tensions.

The research allowed to determine the general phase of destruction materials that are used in sewing and shoe industries. The necessity of developing a common approach to determining destruction processes materials regardless of the type of cutting-thrusting technology operations and tools. Determine the main characteristic of processes in each phase of destruction.

Keywords: destruction of materials, cutting, thrusting.

#### Постановка проблеми

Пристрої з механічними робочими інструментами є досить поширеною групою обладнання легкої промисловості. Значна кількість механізмів з цієї групи обслуговують робочі інструменти, які призначені для виконання ріжучо-колючих технологічних операцій. Таким чином відбувається порушення цілісності матеріалу, його місцеве руйнування і виконуються такі види операцій як проколювання, різання, вирубування, маркування та інші. Процес та характер взаємодії робочих інструментів з матеріалами має багато спільного, тому проведені дослідження процесу руйнування можна узагальнити з метою вироблення загальних підходів до моделювання роботи колючо-ріжучих інструментів та проектування робочих органів механічних систем. Звичайно, спектр трикотажних, текстильних тканин, шкіргалантерейних матеріалів досить широкий, і вони суттєво різняться своїми фізико-механічними властивостями та структурою, враховування яких є важливим при виконанні технологічних операцій.

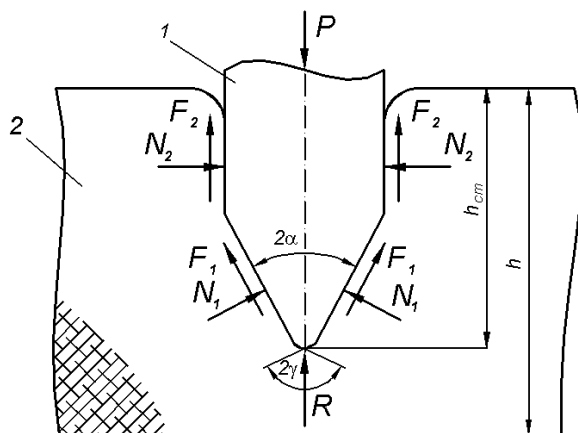


Рис. 1 Схема взаємодії ле́за з матеріалом при вирубуванні:  
1 – рі́зак; 2 – матеріал

Високі експлуатаційні вимоги до працездатності обладнання визначають його розвиток, необхідність поглибленого вивчення механічних властивостей матеріалів, які оброблюються, вивчення особливостей взаємодії робочих органів з пружно-в'язкими матеріалами, до яких відносяться тканини та подібні матеріали. Це призводить до розширення парку обладнання та його спеціалізацію до виконання операцій над вузьким спектром матеріалів, які мають характерні, яскраво виражені властивості, що виявляються під час їхнього руйнування. Процес руйнування є складним та багатоетапним з характерними фазами [1-4]. Ці фази є загальними та проявляються при руйнуванні матеріалів, які використовуються в процесах швейно-взуттєвих виробництв. Однак, характер руйнування в кожній з фаз має суттєві особливості для кожної групи матеріалів, що визначає проектні параметри робочих органів, враховуючи також те, що процес взаємодії ле́за або ві́стря з матеріалом є процесом із змінними параметрами, які мають ймовірнісний характер їх оцінки.

#### Формулювання цілі статті

Проведення дослідження процесів руйнування технологічних матеріалів швейно-взуттєвих виробництв для ріжучо-колючих технологічних операцій широкого спектру робочих органів машин та механізмів. Розробка загальних підходів визначення процесів руйнування та їх характерних особливостей.

#### Виклад основного матеріалу

Процес руйнування робочим органом матеріалу проходить за декілька фаз. Головним аспектом цього процесу є силова взаємодія ле́за з матеріалом та параметри, які характеризують цей процес, сила

різання та виникаючі при цьому руйнуючі напруження.

Розглянемо процес руйнування матеріалу на прикладі вирубування різакком. Загалом форма загострення леза різакка може бути будь-яка. Опишемо загальну форму (рис. 1), яку може набувати лезо різакка. Це дозволить в подальшому адаптувати дослідження до конкретної форми, яка буде частковим випадком загального дослідження. Крім того, ці дослідження можна поширити на випадки проколювання матеріалів та різання.

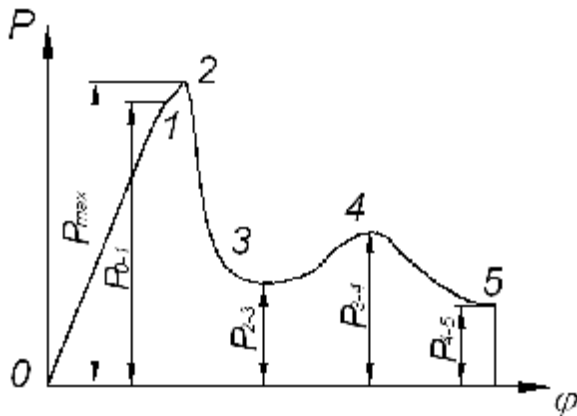


Рис. 2 Загальний графік зміни зусилля

Загальний вид зусилля вирубування, який відображає фази руйнування матеріалу поданий на рис.2.

При вирубуванні лезо різакка стискує матеріал на початковій фазі, що відповідає ділянці 0-1 (див. рис. 2). Величина зусилля, яке діє на вістря

$$R = E_{cm} e_{cm} d, \quad (1)$$

де  $E_{cm}$  – модуль пружності при стискуванні матеріалу, залежить від його властивостей;

$e_{cm}$  – деформація матеріалу при стискуванні його лезом різакка;

$d$  – ширина ріжучої грані.

Зазначимо, що ця залежність для матеріалів, які використовуються в швейно-взуттєвих виробництвах, має загальний характер. Співвідношення між зусиллям стискування та деформацією має нелінійний характер, однак, в першому наближенні цю залежність можна вважати близькою до лінійної. Як показано на рис.1 вістря леза має затуплення, яке характеризується кутом  $2g$  та з часом набуває форми радіуса  $r$ . Якщо використовується голка або шило то це форма сфери, у різакка циліндрична форма. У будь-якого загостреного елемента кінчик вістря можна вписати в фігуру певного радіуса. При затупленні інструмента радіус вістря збільшується і при перевищенні його початкового значення в три рази, вважають інструмент затупленим [3]. Для розрахунків приймають ширину ріжучої грані  $d = 2r$ .

Після стиснення матеріалу в фазі 1-2 відбувається прорубування, проколювання матеріалу, тобто його безпосереднє руйнування. Лезо різакка входить в матеріал на величину  $h_{cm}$ , на ріжучій грані створюється руйнуюче контактне напруження  $S_{kp}$  та відбувається руйнування матеріалу шляхом входження леза в матеріал з подальшим його стисненням. Ця фаза характеризується найбільшим значенням зусилля, яке діє на різак зі сторони матеріалу та набуває найбільшого значення в точці 2 (див. рис. 2). Розрізняють сили обтискування  $P_{об}$ , які виникають від розширення матеріалу клином різакка, та сили опору стискуванню  $P$  нахиленою гранню леза. Ці сили є проекціями нормалі  $N_1$  (див. рис. 1).

На першій фазі 0-1 матеріал ще не розділений різакком, тому на цьому етапі силу  $N_1$  не можна вважати силою обтискування, тому що вона створюється стискуванням та деформацією матеріалу у вертикальній площині а сили обтискування на ці фази не існує, тому що матеріал не розділений. Під час руйнування (фаза 1-2) сила обтискування з'являється, як наслідок дії розділеного матеріалу на лезо. Звичайно, сили стискування та обтискування позначені умовно з метою розділення дії сил на різак у вертикальних та горизонтальних площинах та кращого розуміння процесу.

Поверхневі шари матеріалу знаходяться під дією розтягуючих напружень, які виникають внаслідок того, що лезо стискує матеріал, однак не розділяє його. Величина зони дії розтягуючих напружень в матеріалі по відношенню до загального об'єму зони стискання є досить незначною і знаходиться в поверхневих шарах матеріалу, який безпосередньо контактує з лезом. На цьому етапі немає відносного переміщення леза по всій довжині його грані відносно матеріалу, так як матеріал ще не розділений. При розтягуванні лезом поверхневих шарів матеріал відносно леза переміщується нерівномірно. Відсутнє переміщення в зоні контакту вістря леза і з'являється та збільшується по довжині грані. Виникаючу при цьому силу тертя будемо вважати характерною для початкового етапу стискування.

При попередньому стискуванні дію сил зі сторони матеріалу на лезо визначимо таким чином:

$$P = R/d + 2N_1 \sin a + 2P_p + F_{тр.см.}, \quad (2)$$

де  $P_p$  – сила дії розтягнутого матеріалу на лезо,

$F_{тр.см.}$  – сила тертя початкового етапу стискування.

В подальшому упродовж процесу розділення матеріалу відбувається зміна сил обтискування та стискування, що зумовлено руйнуванням матеріалу та релаксацією напружень. Сили розтягування поверхневих шарів матеріалу зумовлюють швидку релаксацію напружень стиснутого матеріалу поблизу зон контактування з гранями леза. Це дозволяє зменшити величину стискання та густину матеріалу поблизу леза. Нехай існує граничний шар матеріалу 1 (рис. 3), який в певний момент часу розмежовує зони розділеного (зруйнованого) матеріалу та цілісного шару. Нижче граничного шару на похилій площині різакка діють сили стискування, вище – сили стискування та обтискування. На вертикальній площині діють сили

обтискування. Виходячи з цього можна визначити дію сили  $P$  на різак.

На цьому етапі в переважній більшості дія елементарних сил зі сторони матеріалу здійснюється на його лезо

$$P = R/d + 2N_1 \sin a + 2fN_1 \cos a + 2P_p, \quad (3)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя між матеріалом та різак.

Вище граничного шару елементарна сила

$$N_1 = P_{cm} / \sin a + P_{об} / \cos a. \quad (4)$$

$$P_{об} = E_{cm} e_p, \quad (5)$$

де  $e_p$  – деформація матеріалу при його розширенні.

$$P_{cm} = E_{cm} e_{cm}. \quad (6)$$

Максимальна величина абсолютного стиснення матеріалу при його розширенні визначається як половина ширини різак за умови його нерухомості.

В зоні нижче граничного шару

$$N_1 = P_{cm} / \sin a. \quad (7)$$

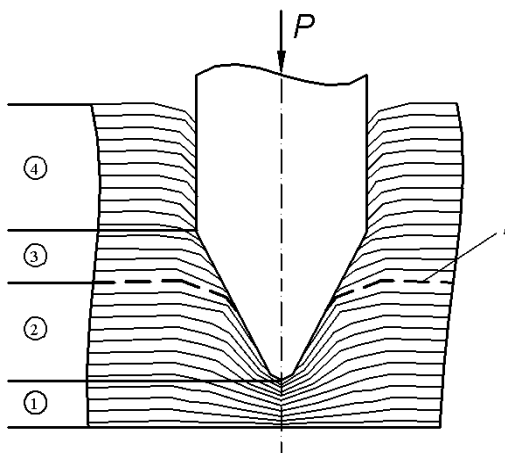


Рис. 3 Схема розподілу шарів матеріалу при вирубуванні: 1 – граничний шар матеріалу; 1 – зона максимального стискування; 2 – зона стискування; 3 – зона дії сил стискування та обтискування; 4 – зона дії сил обтискування

Під час швидкого деформування пружно-в'язкого матеріалу відбувається значна концентрація напружень біля ріжучої грані леза різак. Опір матеріалу динамічному впливу пов'язаний з швидкістю розповсюдження в ньому напружень та деформацій. В пружно-в'язких матеріалах швидкість розповсюдження досить мала, тому при великих швидкостях виникаючі напруження концентруються поблизу вістря леза. Взаємодія леза та матеріалу супроводжується стискуванням, розтягом, зсувом, які діють сумісно, однак з різною величиною впливають на напруження, які безпосередньо руйнують матеріал. Прийнято вважати руйнування матеріалу при швидкостях руху леза до 0,3 м/с статичним, динамічним – більше 0,3 м/с [1]. Динамічне руйнування характеризується збільшенням впливу ряду факторів, які присутні при статичному різанні, а також появи нових. Це зниження сили сухого тертя, збільшення опору матеріалу руху леза, значного зменшення кута різання, локалізація напружень поблизу ріжучої грані леза, зниження міри попереднього стискування матеріалу, зменшення

деформованого об'єму матеріалу, руйнування матеріалу відбувається раніше ніж при статичному, покращується чистота зрізу. Особливо звертає на себе увагу суттєве зменшення зусилля руйнування. Внаслідок концентрації руйнуючих напружень поблизу руйнуючої грані леза, руйнування матеріалу на більш ранніх етапах, виникає зона практично недеформованого матеріалу поряд із зонами попереднього стиснення та руйнування у порівнянні з статичним руйнуванням.

Співвідношення впливу різних видів деформації на руйнуюче напруження залежить від властивостей, структури матеріалу, форми руйнуючого інструмента, виду та режиму руйнування і змінюється в процесі. Так, руйнування волокнистих матеріалів здійснюється здебільшого їх повздовжнім розтягом [2]. При руйнуванні може мати місце утворення тріщини в матеріалі, яка утворюється в зоні безпосереднього контакту грані вістря з матеріалом під дією сили тиску різак. Це можна спостерігати при певних умовах руйнування шкіри, картону.

В третій фазі 2-3 лезо прорізає матеріал і значення сили  $P$  різко падає.

На четвертому етапі 3-4 кінцева частина леза проходить матеріал. Розширення кінцевою частиною леза матеріалу дещо збільшує зусилля проходження матеріалу. Будемо вважати, що на матеріал діє кінцева частина леза а сила  $N_1$  визначається залежністю (4)

$$P = 2N_1 \sin a + 2fN_1 \cos a. \quad (8)$$

П'ята фаза 4-5 характеризується певною релаксацією внутрішніх напружень матеріалу, завершенням розширення зони розділення та проходження вертикальної частини різак або іншого розділювального робочого органу.

Елементарну силу обтискування прорубаного матеріалу на вертикальну частину різак визначимо таким чином

$$N_2 = E_{cm} e_p. \quad (9)$$

Сила обтискування при такому виді руйнування як проколювання, наприклад швейною голкою, яка спричинює тертя матеріалу досить сильно нагріває голку та може призвести до плавлення синтетичних матеріалів.

Під час розсунення розділеного матеріалу визначимо дії сил на грані леза взявши одну грань леза рис. 4.

На рисунку зображено в проміжному стані положення грані різачка, в якому на грань діє елементарна сила  $dN_1$ . Деформацію матеріалу визначимо в вертикальному та в горизонтальному напрямках прийнявши до уваги стиснення в зоні дії грані лека.

Деформація в вертикальному напрямку

$$e_{cv} = \frac{y}{m}, \quad (10)$$

де  $m$  – висота робочої грані лека.

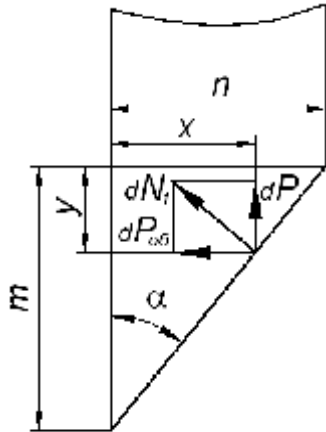


Рис. 4. Взаємодія грані лека з матеріалом

Деформація в горизонтальному напрямку

$$e_{cz} = \frac{x}{n}, \quad (11)$$

де  $n$  – ширина робочої грані лека.

Елементарна сила стискування по довжині лека  $l$  з врахуванням  $x = y \operatorname{tg} \alpha$

$$P_l = E_c \int_0^n \frac{y}{m} dx = E_c y \frac{n}{m} = E_c y \operatorname{tg} \alpha. \quad (12)$$

Відповідно елементарна сила обтискування по довжині лека

$$P_{obl} = E_c \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (13)$$

Проектування робочих органів, які призначені для руйнування матеріалів необхідно здійснювати враховуючи фізико-механічні властивості матеріалів. Яскравим прикладом впливу структури матеріалу на зусилля руйнування є дослідження зусилля проколювання різної кількості шарів матеріалу [3]. При проколюванні голкою одного шару бортової парусини та чотирьох шарів зусилля проколювання збільшилося в 9,74 рази, сукна сірошинельного 5,64 рази, костюмного трикотажу не змінилося. Враховуючи геометричні параметри голки та структуру матеріалів, можна припустити що ущільнення матеріалу суттєво впливає на зусилля проколювання. Зважаючи на це одним із напрямків покращення процесу проколювання є зменшення кута загострення голки. Інший робочий орган – різак, також використовують для руйнування матеріалу, вирубування певних елементів крою. Кут загострення лека різачка приймають від  $50^\circ$  до  $25^\circ$  [4]. Якщо кут загострення лека менше  $15^\circ$ , лека різачка швидко зношується, в зв'язку з тим, що лека контактує із плитою на якій розташований матеріал. Зважаючи на це, зменшення зусилля руйнування матеріалу не завжди є метою проектування робочих органів, визначається з рахуванням технологічних вимог, властивостей матеріалів руйнування, надійністю роботи обладнання та інших факторів. Проте сам процес руйнування матеріалу є загальним та містить цілком конкретні фази. Кожна з фаз може мати переважаюче значення в конкретних виробничих умовах роботи спроектованого обладнання.

#### Висновки

Проведені дослідження дозволили визначити загальні фази руйнування матеріалів, які використовуються в швейно-взуттєвих виробництвах. Обґрунтовано доцільність розробки загального підходу до визначення процесів руйнування матеріалів незалежно від виду ріжучо-колючих технологічних операцій та робочих інструментів. Визначено основні характерні процеси в кожній фазі руйнування. Перспективним видається розробка загальних підходів до процесів руйнування технологічних матеріалів, які використовуються в легкій промисловості з фазовим розподіленням та конкретизацією домінуючих фаз, які характерні для робочих органів.

#### Література

1. Базюк Г.П. Резание и режущий инструмент в швейном производстве. – М.: «Легкая индустрия», 1980. – 192с.
2. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчёта режущих аппаратов. – М.: Машиностроение, 1975. – 311с.
3. Гарбарук В.Н. Расчет и конструирование основных механизмов швейных машин. – Л.: Машиностроение, 1977. – 232с.
4. PROF, JNG. VLADIMIR MOTEJL, CSc Stroje a zřaizeni, v oděvní výrobě, Prala 1984 SNTL – Nakladatelství technické literatury.

#### References

1. Bazyuk H.P. Rezanye y rezhushchyy ynstrument v shveynom proyzvodstve. – М.: «Lehkaya yndustryya», 1980. – 192s.
2. Reznyk N.E. Teoryya rezanya lezvyem y osnovy raschëta rezhushchyykh apparatov. – М.: Mashynostroeny, 1975. – 311s.
3. Harbaruk V.N. Raschet y konstruyrovanye osnovnykh mekhanyzmov shveynykh mashyn. – L.: Mashynostro-enye, 1977. – 232s.
4. PROF, JNG. VLADIMIR MOTEJL, CSc Stroje a zřaizeni, v oděvní výrobě, Prala 1984 SNTL – Nakladatelství technické literatury.

Рецензія/Peer review : 8.3.2013 р. Надрукована/Printed : 18.6.2013 р.  
Рецензент: д. т. н., проф. Сорокатий Р.В.