

УДК 621.979.073

Бородій Ю.П., к.т.н., доц.  
НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

## АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НОЖІВ ПРИ РІЗАННІ ДРОТУ

Borodiy Y.  
National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine ([borodivvuriv@ukr.net](mailto:borodivvuriv@ukr.net))

### AN ANALYSIS OF THE TENSELY-DEFORMED STATE OF KNIVES IS AT CUTTING OF WIRE

Метою статті є оцінка методом скінчених елементів параметрів процесу різання дроту ножами: зусилля, розподілу напружень в ріжучих кромках ножів. Для моделювання системи нерухомий ніж – дрiт – рухомий ніж був залучений програмний пакет Deform-2d. Розглянуто залежність зусилля різання дроту ножами від переміщення верхнього ножа. Встановлено, що дана залежність носить характер, подібний процесу пробивання отворів при нижчих значеннях зусиль різання. Відмічено співпадіння розподілу напружень в верхньому та нижньому ножах з характером їх зношування, що підтверджує достовірність результатів чисельного моделювання та правильність обраних розрахункових схем. Проведене порівняння результатів чисельного моделювання процесу різання дроту ножами з фрактографічними дослідженнями зношування верхнього рухомого та нижнього нерухомого ножів.

**Ключові слова:** ріжучі кромки, ножі, різання дроту, напружено-деформований стан, зусилля різання.

#### Вступ

Сучасні умови розвитку ринкової економіки характеризуються підвищеним попитом на конкурентно-спроможну промислову продукцію, на технічно досконалі вироби. Це вимагає систематичного і швидкого їх впровадження у виробництво, підвищення продуктивності та якості виробів.

Одним з основних шляхів підвищення продуктивності праці в металообробній промисловості є застосування холодного листового штампування – одного з найбільш прогресивних методів обробки металів тиском. Основною умовою рентабельності роботи штампувальних цехів є висока стійкість штампувального інструменту. Від неї в значній мірі залежать якість та собівартість штампованих виробів. Значну частину операцій обробки тиском складають розділові операції – вирубування, пробивання, різання та інші.

Ріжучі кромки ножів для різання дроту експлуатуються в складних умовах циклічного навантаження з концентрацією напружень на кромках. Ці напруження досягають значних значень, що приводить до зминання, зношування та викришування кромки [1-2]. Визначенню розподілу напружень в ріжучих кромках присвячена значна кількість робіт [3-7]. Для аналізу напружено-деформованого стану (НДС) ріжучих кромки та заготовки використовувались експериментально-розрахункові підходи, які засновані на методі ліній ковзання. При цьому залишається маловивченим, які діють сили та виникають напруження в процесі різання листових матеріалів. З однієї сторони, вважають існування високих розтягуючих напружень в області кромки [2], які призводять до руйнування втомою, з іншої сторони, вказують [7], що на ріжучі кромки діють високі напруження стиску, які приводять до їх зминання. Знання цих даних необхідне для розробки методів підвищення стійкості ріжучих кромки.

**Метою** статті є оцінка методом скінчених елементів параметрів процесу різання дроту ножами: зусилля, розподілу напружень в ріжучих кромках ножів.

Дуже важливим є правильний вибір розрахункової схеми,

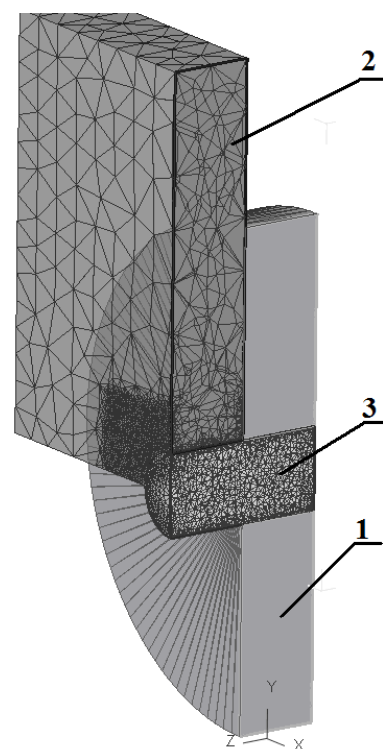


Рис. 1. Розрахункова схема системи нерухомий ніж – дрiт – рухомий ніж:  
1 – нижній (нерухомий) ніж; 2 – верхній (рухомий) ніж; 3 - дрiт

від якої залежать чисельні значення величин, що визначаються, а також достовірність їх визначення. В цьому випадку для моделювання системи нерухомий ніж – дріт – рухомий ніж (рис.1) був залучений програмний

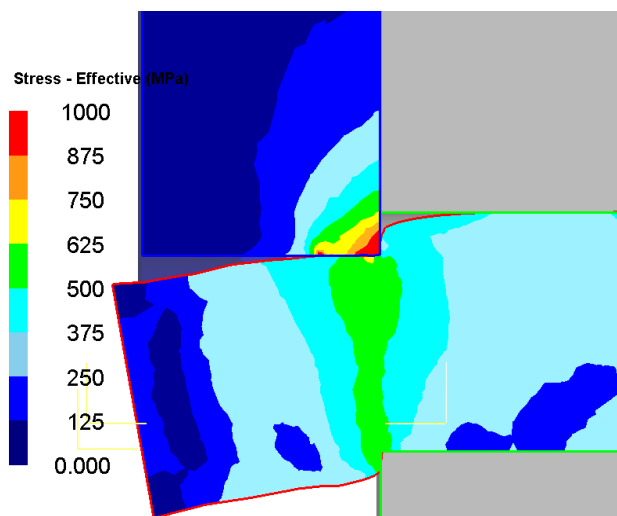


Рис. 2. Розподіл інтенсивності напружень  $\sigma_e$  (МПа) при різанні дроту

пакет Deform-2d. Параметрами для дослідження різання дроту ножами виступають: діаметр дроту, рівний 1 мм; коефіцієнт тертя, рівний 0,1; фізико-механічні властивості матеріалу та параметри скінчено-елементної сітки. На кінцевій стадії процесу розділення, коли відбувається руйнування матеріалу, при використанні для моделювання методу скінчених елементів (МСЕ) необхідне введення критерію руйнування. На кінцевій стадії процесу розділення використовували критерій руйнування normalized Cockcroft-Latham, який передбачений в програмному пакеті Deform-2d.

На рис. 2 представлений розподіл інтенсивності напружень  $\sigma_e$  (МПа) при різанні дроту.

На рис. 3 показана залежність зусилля різання дроту діаметром 1 мм від переміщення верхнього ножа, отримана в результаті чисельного моделювання процесу різання дроту.

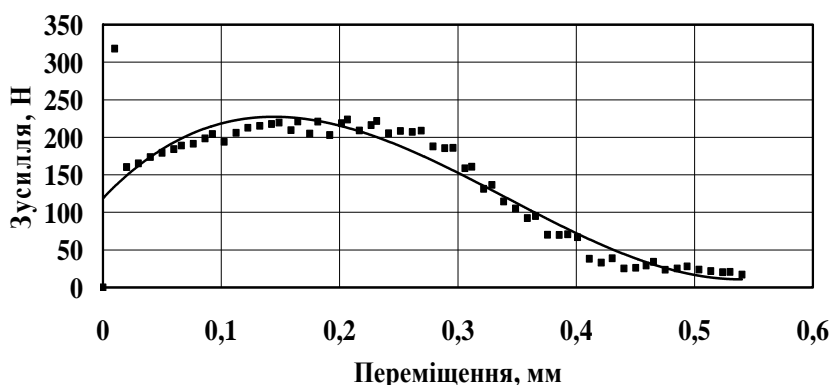


Рис. 3. Залежність зусилля різання дроту від переміщення верхнього ножа (діаметр дроту 1 мм, коефіцієнт тертя 0,1)

Вона носить характер, подібний процесу пробивання отворів при нижчих значеннях зусиль різання. На рис. 4 представлена залежність зусилля на нижньому ножі від переміщення верхнього ножа (діаметр дроту 1 мм, коефіцієнт тертя 0,1).

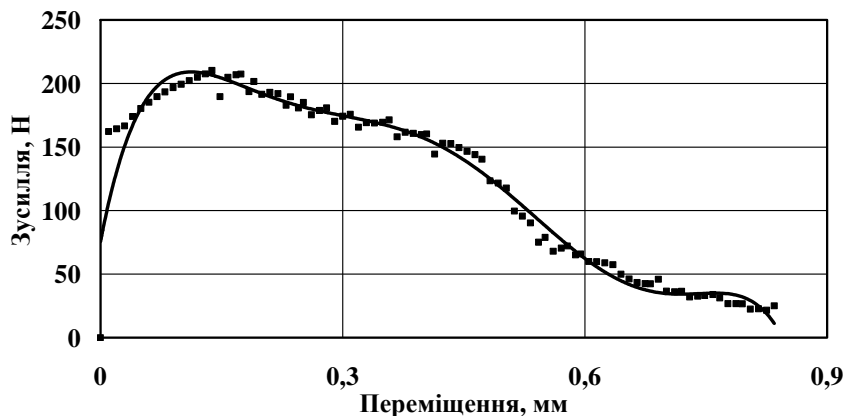


Рис. 4. Залежність зусилля на нижньому ножі від переміщення верхнього ножа (діаметр дроту 1 мм, коефіцієнт тертя 0,1)

На рис. 5 представлена залежність інтенсивності напружень  $\sigma_e$  на нижньому ножі від переміщення верхнього ножа при різанні дроту діаметром 1 мм, коефіцієнт тертя 0,1.

На рис. 6 наведено порівняння результатів чисельного моделювання процесу різання дроту ножами (а) з фрактографічними дослідженнями (б) зношування нижнього нерухомого ножа, виготовленого із сталі ШХ15 з покриттям нітридом хрому (HV 947) після 16 тис. штампоударів.

На рис. 7 наведено порівняння результатів чисель-

ного моделювання процесу різання дроту ножами (а) з фрактографічними дослідженнями (б) зношування верхнього рухомого (зразок 2 – верхній ніж, виготовлений із сталі ШХ15 з загартуванням до HV 706...733), що працював 12 тис. штампоударів.

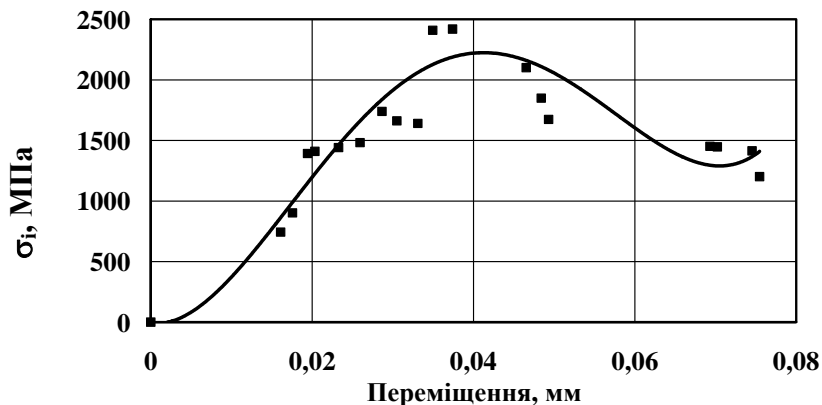


Рис. 5. Залежність інтенсивності напружень  $\sigma_i$  на нижньому ножі від переміщення верхнього ножа при різанні дроту діаметром 1 мм, коефіцієнт тертя 0,1

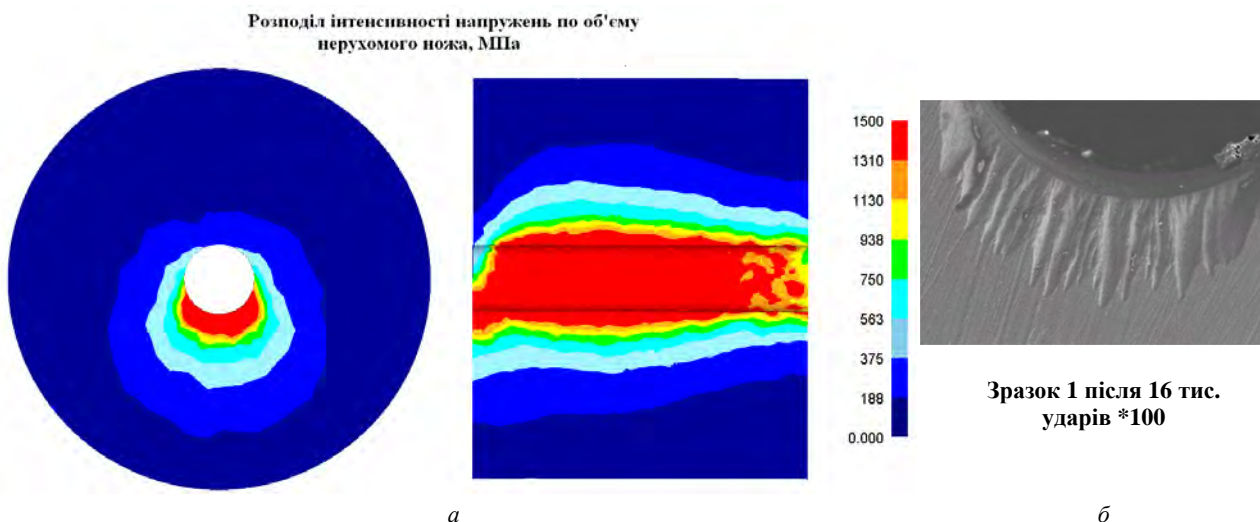


Рис. 6. Порівняння результатів чисельного моделювання процесу різання дроту ножами (а) з фрактографічними дослідженнями (б) зношування нижнього нерухомого ножа, виготовленого із сталі ШХ15 з покриттям нітридом хрому (HV 947) після 16 тис. штампоударів

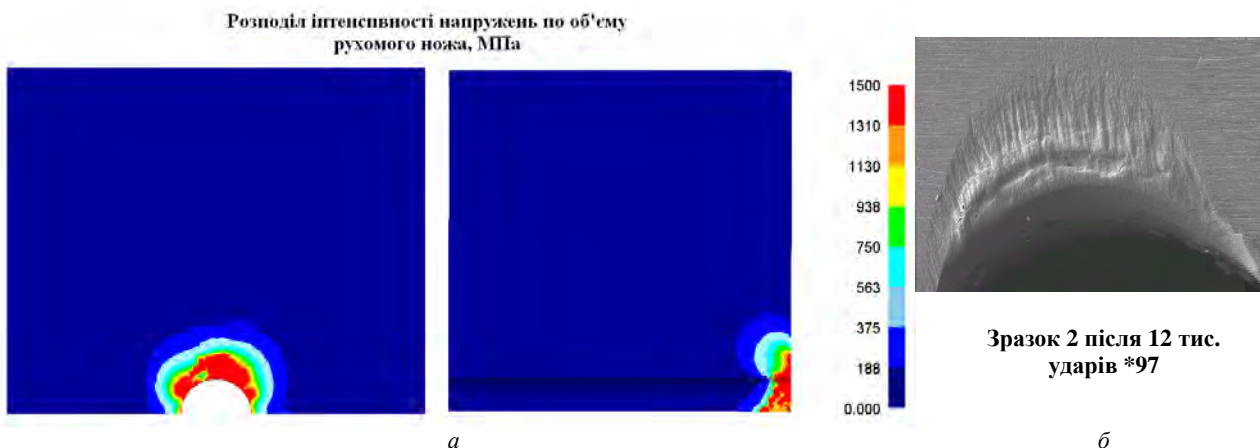


Рис. 7. Порівняння результатів чисельного моделювання процесу різання дроту ножами (а) з фрактографічними дослідженнями (б) зношування верхнього рухомого (зразок 2 – верхній ніж, виготовлений із сталі ШХ15 з загартуванням до HV 706...733), що працював 12 тис. штампоударів

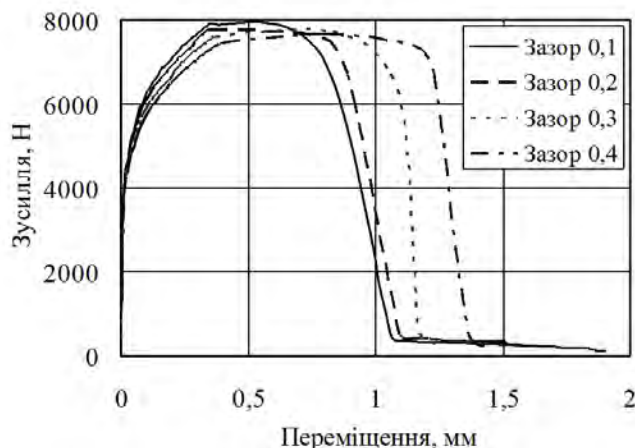


Рис. 8. Залежність зусилля пробивання круглим пуансоном діаметром 9 мм листової сталі Ст 3 товщиною 3 мм (при різних значеннях зазору між пуансоном та матрицею) від переміщення пуансону

Необхідно відмітити співпадіння розподілу напружень в верхньому та нижньому ножах з характером їх зношування, що повністю підтверджує достовірність результатів чисельного моделювання та правильність обраних розрахункових схем.

Також в програмному пакеті Deform-2d проведено моделювання процесу пробивання круглим пуансоном діаметром 9 мм листової сталі Ст 3 товщиною 3 мм (при різних значеннях зазору між пуансоном та матрицею) з визначенням зміни зусилля від переміщення пуансону (рис. 8) [8].

Це дало можливість провести порівняння залежностей зусилля різання дроту (див. рис. 3) та зусилля пробивання отворів від переміщення інструменту.

#### Висновки

- 1) Для моделювання процесу різання дроту (система нерухомий ніж – дріт – рухомий ніж) був залучений програмний пакет Deform-2d.
- 2) Параметрами для дослідження процесу різання дроту ножами виступали: діаметр дроту, коефіцієнт тертя, фізико-механічні властивості матеріалу та параметри скінчено-елементної сітки.
- 3) Залежність зусилля різання дроту від переміщення верхнього ножа, отримана в результаті чисельного моделювання процесу різання дроту, носить характер, подібний процесу пробивання отворів при нижчих значеннях зусиль різання.
- 4) Відмічене співпадіння розподілу напружень в верхньому та нижньому ножах з характером їх зношування, що повністю підтверджує достовірність результатів чисельного моделювання та правильність обраних розрахункових схем.

**Анотація.** Целью статьи является оценка методом конечных элементов параметров процесса резания проволоки ножами: усилие, распределение напряжений в режущих кромках ножей. Для моделирования системы неподвижный нож - проволока - подвижный нож был привлечен программный пакет Deform-2d. Рассмотрена зависимость усилия резки проволоки ножами от перемещения верхнего ножа. Установлено, что данная зависимость носит характер, подобный процессу пробивки отверстий при более низких значениях усилий резки. Отмечено совпадение распределения напряжений в верхнем и нижнем ножах с характером их изнашивания, что подтверждает достоверность результатов численного моделирования и правильность выбранных расчетных схем. Проведено сравнение результатов численного моделирования процесса резки проволоки ножами с фрактографическими исследованиями изнашивания верхнего подвижного и нижнего неподвижного ножей.

**Ключевые слова:** режущие кромки, ножи, резка проволоки, напряженно-деформированное состояние, усилие резки.

**Abstract. Purpose.** The aim of the article is an estimation by the method of complete elements of parameters of process of cutting of wire by knives: effort, to distribution of tensions in the cutting edges of knives.

**Design/methodology/approach.** For the design of the system a bedknife is a wire - a movable knife was attracted programmatic package of Deform-2d. Dependence of effort of cutting of wire is considered by knives from moving of overhead knife.

**Findings.** It is set that this dependence takes character, similar to the holing process of opening at more subzero values of cutting efforts. The marked coincidence of distribution of tensions is in overhead and lower knives with character of their wear that validates and rightness of select calculation charts results of numeral design. Conducted comparison of results of numeral design of process of cutting of wire by knives with fractography researches of wear of overhead movable and lower bedknife.

**Originality/value.** The work is devoted to defining the distribution of stresses in the blades cutting edge for cutting wire, analysis of the stress-strain state of the cutting edges of knives. This knowledge is needed to develop methods for improving the stability of cutting edges.

**Keywords:** cutting edges, knives, cutting of wire, tensely-deformed state, cutting effort.

**Бібліографічний список використаної літератури**

1. *Леник К.С.* О механизме изнашивания и разрушения рабочих частей вырубных штампов при штамповке высоколегированной электротехнической стали/ Леник К.С., Фукс-Рабинович Г.С., Кузнецов А.Н.// Кузнечно-штамповочное производство. – 1988. - № 12. – С. 15-17.
2. *Степанский Л.Г.* Усталостная прочность режущих кромок вырубных и пробивных пуансонов и матриц/ Степанский Л.Г., Чемерис Е.И.// Кузнечно-штамповочное производство. – 1992. - № 8. – С. 7-8.
3. *Хмара С.М.* К определению напряжений на режущих кромках вырезных твердосплавных матриц/ Хмара С.М., Смолянинов В.П., Коломойцев А.А., Рудь В.И.// Кузнечно-штамповочное производство. – 1966. - № 6. – С. 22-24.
4. *Хмара С.М.* О причинах выкрашивания твердосплавных вырезных матриц/ Хмара С.М., Смолянинов В.П., Коломойцев А.А.// Кузнечно-штамповочное производство. – 1965. - № 8. – С. 21-23.
5. *Лисин А.Г.* Определение напряжений на режущей кромке штампа методом линий скольжения/ Лисин А.Г.// Кузнечно-штамповочное производство. – 1964. - № 3. – С. 20-22.
6. *Михаленко Ф.П.* Закономерности распределения интенсивности напряжений и деформаций по поясам смятия при вырубке-пробивке/ Михаленко Ф.П., Гулиев А.И.// Кузнечно-штамповочное производство. – 1988. - № 12. – С. 17-19.
7. *Дьоміна Н.А.* Наукове обґрунтування конструювання робочих деталей розділових штампів/ Дьоміна Н.А., Євстратов В.О., Ткачук М.А.// Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Х.: – 2011. - № 45. – С. 13-22.
8. *Бородій Ю.П.* Підвищення стійкості розділових штампів комбінованим поверхневим зміцненням/ Бородій Ю.П. // : Дис. канд. наук: 05.03.05 - 2013.

**References**

1. *Lenik K.S., Fuchs-Rabinovich G.S., Kuznetsov A.N.* On the mechanism of wear and destruction of the working parts of cutting dies at stamping high-electrical steel. Forging and stamping production, 1988, no 12, pp. 15-17.
2. *Stepansky L.G., Chemeris E.I.* Fatigue strength of the cutting edge blanking and punching punches and dies. Forging and stamping production, 1992, no 8, pp. 7-8.
3. *Hmara S.M., Smoljaninov V.P., Kolomoitsev A.A., Rud V.I.* Determination of stresses on the cutting edges of cut carbide matrix. Forging and stamping production, 1966, no 6, pp. 22-24.
4. *Hmara S.M., Smoljaninov V.P., Kolomoitsev A.A.* The reasons for the chipping of cut carbide matrix. Forging and stamping production, 1965, no 8, pp. 21-23.
5. *Lisin A.G.* Determination of stress on the cutting edge of the stamp by slip lines. Forging and stamping production, 1964, no 3, pp. 20-22.
6. *Mikhalenko F.P., Guliyev A.I.* Patterns of distribution of the intensity of the stresses and strains on the girdle collapse at the cutting-punching. Forging and stamping production, 1988, no 12, pp. 17-19.
7. *Demina N.A., Evstratov V.A., Tkachuk M.A.* Scientific substantiation construction job details punctuation stamps Journal of the National Technical University "KhPI", Kharkiv, 2011, no 45, pp. 13-22.
8. *Borodiy Y.P.* Increase of firmness of dividing stamps to the combined superficial strengthening: Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences after speciality 05.03.05. Kyiv. 2013.

Подана до редакції 03.12.2014