



Наукові перспективи
Видавнича група

№ 2 (43)

2025

НАУКА і ТЕХНІКА

серія: *право*, серія: *економіка*, серія: *педагогіка*,
серія: *техніка*, серія: *фізико-математичні науки*

СЬОГОДНІ



З Україною

в серці!



Видавнича група «Наукові перспективи»

**Всеукраїнська Асамблея докторів наук із державного
управління**

Асоціація науковців України

«Наука і техніка сьогодні»

*(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія
«Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)*

Випуск № 2(43) 2025

Київ – 2025

Publishing Group «Scientific Perspectives»

Ukrainian Assembly of Doctors of Sciences in Public Administration

Association of Scientists of Ukraine

"Science and technology today"

("Pedagogy" series, "Law" series, "Economics" series, "Physical and mathematical sciences" series, "Technics" series)

Issue № 2(43) 2025

Kyiv – 2025



1479

Резанова В.Г., Чупринка Н.В.*ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ CASE-ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ*

1491

Рибальченко Л.І.*ВИКОРИСТАННЯ BIG DATA ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ У СФЕРІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ*

1502

Росул Р.В., Фордзюн Ю.І, Максютובה О.В.*ІНОВАЦІЙНА КОНЦЕПЦІЯ ВИКЛАДАННЯ ГІГІЄНИ ПРАЦІ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ В ЦИКЛІ ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ СЛУХАЧІВ ГУМАНІТАРНОГО НАПРЯМКУ*

1519

Рутц С.В., Чернецький Є.В.*АЛГОРИТМИ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧІВ ІЗ СУЧАСНИМИ САРТСНА*

1528

Садівнікова Т.М., Росул Р.В., Бродович Ю.Р.*АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗКРОЮВАННЯ-ВИРУБАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ШТУЧНИХ ТА ПРИРОДНИХ ПОЛІМЕРІВ*

1540

Слатвінська В.М., Черевко Є.В.*ТРЕНДИ ТА ФРЕЙМВОРКИ БАГАТОПЛАТФОРМНОЇ РОЗРОБКИ: ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ РОЗРОБКИ*

1553

Стахів В.М., Климкович Д.Б.*СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АКУСТОФЛЮЇДНИХ ЛАБ-ЧИПІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АЛГОРИТМІВ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ*

1570

Стефанов В.О. Держинський І.В.*ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ, СПРИЧИНЕНИХ ВІТРОВИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ НА БАШТОВИЙ КРАН*

1585

Супрун О.О., Імангулова З.А., Санакуєв М.Г.*ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ МАСОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ*

1601

Федорчук А.Л., Сікора Я.Б., Наконечна О.А.*ГЕЙМІФІКАЦІЯ В НАВЧАННІ ВЕБРОЗРОБЦІ: ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ СТУДЕНТІВ ЧЕРЕЗ ІНТЕРАКТИВНІ ЗАВДАННЯ*

1614

Фурдас Ю.М.*ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ КІБЕРЗАГРОЗАМИ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: АНАЛІЗ, МЕТОДОЛОГІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ*

УДК 001.895:378.147:331.45(045)

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-2\(43\)-1528-1539](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-2(43)-1528-1539)

Садовнікова Тетяна Миколаївна старший викладач кафедри інженерії, технологій та професійної освіти, Мукачівський державний університет, м. Мукачево, тел.: (03131) 2-11-09, <https://orcid.org/0009-0002-5743-5999>

Росул Руслан Васильович кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії, технологій та професійної освіти, Мукачівський державний університет, м. Мукачево, тел.: (03131) 2-11-09, <https://orcid.org/0009-0008-6855-4612>

Бродович Юрій Ромаович кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри інженерії, технологій та професійної освіти, Мукачівський державний університет, м. Мукачево, тел.: (03131) 2-11-09, <https://orcid.org/0009-0005-6458-3553>

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗКРОЮВАННЯ-ВИРУБАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ШТУЧНИХ ТА ПРИРОДНИХ ПОЛІМЕРІВ

Анотація. В роботі розглянуто удосконалення технології розкроювання деталей виробів з природних і штучних полімерів з одночасним зменшенням енерговитрат, шляхом концептуальної аналітики. Операція вирубування деталей з полімерних деталей є окремим випадком операції різання. Оскільки існують загальні принципи теорії різання, доцільно проаналізувати безпосередньо процес розкроювання-вирубування. Зокрема, закономірності, що характеризують процес різання м'яких шкір, ще мало досліджені. Відомо що, такі характеристики як технологічне зусилля, стійкість інструменту та режими виконання технологічних операцій входять в число основних параметрів, що визначають потужність, габарити і продуктивність виробного пресу. В зв'язку з цим виникає необхідність у визначенні залежності параметрів пресового обладнання від характеристик різання. Взаємодію різак з матеріалом, що розрізається, можна розглядати, як взаємодію двох тіл, одне з яких, різак, має твердість, що значно перевищує твердість іншого – матеріалу, завдяки чому відбувається занурення леза в матеріал. З огляду технічної літератури встановлено, що фізико-механічні властивості природних полімерів не можливо описати постійними математичними значеннями, а технологічне зусилля операцій вирубування та перфорування деталей верху взуття з натуральних шкір залежить від властивостей матеріалу, геометричних параметрів ріжучого інструменту, фізико-механічних властивостей матеріалу

вирубної плити, ступеню зношення вістря леза різачка та швидкості його занурення. Проведене аналітичне дослідження процесу розкроювання (вирубвання) деталей з полімерних матеріалів дає змогу побудувати математичну модель, яка описує даний процес з урахуванням властивостей матеріалу, геометричних параметрів інструменту та матеріалу вирубної плити. Використано скінчено-різницевий метод маркерів та комірок, який дозволяє розрахувати напруження, що діють з боку матеріалу на різак, згідно отриманих аналітичних залежностей. Розроблено програмований метод для дослідження процесу розкроювання матеріалу різачками, що мають різну геометрію, на основі якого розроблено розрахункову програму, що дозволяє візуально спостерігати за процесом занурення різачка в матеріал і тим самим дозволяє визначити зону деформації матеріалу ріжучою кромкою інструменту.

Ключові слова: розкроювання, вирубання, різак, штучні і природні полімери, маркери і комірки, лезо, вістря.

Sadovnikova Tetyana Mikolayivna Senior Lecturer, Department of Engineering, Technology and Vocational Education, Mukachevo State University, Mukachevo, tel.: (03131) 2-11-09, <https://orcid.org/0009-0002-5743-5999>

Rosul Ruslan Vasilyovich Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering, Technology and Professional Education, Mukachevo State University, Mukachevo, tel.: (03131) 2-11-09, <https://orcid.org/0009-0008-6855-4612>

Brodovich Yuriy Romanovich Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer Department of Engineering, Technology and Professional Education Mukachevo State University, Mukachevo, tel.: (03131) 2-11-09, <https://orcid.org/0009-0005-6458-3553>

ANALYTICAL STUDY OF THE PROCESS OF CUTTING AND PUNCHING PARTS FROM ARTIFICIAL AND NATURAL POLYMERS

Annotation. The paper considers the improvement of the technology of cutting parts of products made of natural and artificial polymers with a simultaneous reduction in energy consumption by means of conceptual analysis. The operation of cutting parts from polymer parts is a special case of the cutting operation. Since there are general principles of cutting theory, it is advisable to analyze the cutting and punching process directly. In particular, the regularities characterizing the cutting process of soft leathers have not yet been studied much. It is known that such characteristics as technological force, tool stability and modes of technological

operations are among the main parameters that determine the power, dimensions and productivity of a punching press. In this regard, there is a need to determine the dependence of press equipment parameters on cutting characteristics. In this regard, there is a need to determine the dependence of press equipment parameters on cutting characteristics. The interaction of the cutter with the material to be cut can be considered as the interaction of two bodies, one of which, the cutter, has a hardness that significantly exceeds the hardness of the other, the material, due to which the blade is immersed in the material. A review of the technical literature has shown that the physical and mechanical properties of natural polymers cannot be described by constant mathematical values, and the technological effort of cutting and perforating the parts of the upper of natural leather shoes depends on the properties of the material, the geometric parameters of the cutting tool, the physical and mechanical properties of the material of the cutting plate, the degree of wear of the cutter blade tip and the speed of its immersion. The analytical study of the process of cutting (notching) parts from polymeric materials makes it possible to build a mathematical model that describes this process, taking into account the properties of the material, geometric parameters of the tool and the material of the notch plate. The finite-difference method of markers and cells was used to calculate the stresses acting on the cutter from the material side according to the analytical dependencies obtained. A programmable method was developed to study the process of cutting material with cutters having different geometries, on the basis of which a calculation program was developed that allows visual observation of the process of immersion of the cutter in the material and thereby allows determining the zone of deformation of the material by the cutting edge of the tool.

Keywords: cutting, punching, cutter, artificial and natural polymers, markers and cells, blade, point.

Постановка проблеми. Операція вирубання деталей з полімерних деталей є окремим випадком операції різання. Оскільки існують загальні принципи теорії різання, доцільно проаналізувати безпосередньо процес розкрюювання-вирубання.

Зокрема, закономірності, що характеризують процес різання м'яких шкір, ще мало досліджені. Відомо що, такі характеристики як технологічне зусилля, стійкість інструменту та режими виконання технологічних операцій входять в число основних параметрів, що визначають потужність, габарити і продуктивність вирубного пресу. В зв'язку з цим виникає необхідність у визначенні залежності параметрів пресового обладнання від характеристик різання.

Взаємодію різача з матеріалом, що розрізається, можна розглядати, як взаємодію двох тіл, одне з яких, різак, має твердість, що значно перевищує твердість іншого – матеріалу, завдяки чому відбувається занурення леза в

матеріал. З огляду технічної літератури встановлено, що фізико-механічні властивості природних полімерів не можливо описати постійними математичними значеннями, а технологічне зусилля операцій вирубування та перфорування деталей верху взуття з натуральних шкір залежить від властивостей матеріалу, геометричних параметрів ріжучого інструменту, фізико-механічних властивостей матеріалу вирубної плити, ступеню зношення вістря леза різаків та швидкості його занурення.

Таким чином, одним із завдань аналітичних досліджень процесу розкроювання та вирубування деталей природних і штучних полімерів є математичне моделювання протікання даних процесів в режимі малих швидкостей, оскільки враховуючи те, що теоретичні чи експериментальні дані щодо впливу швидкості на фізико-механічні властивості матеріалу в технічній літературі відсутні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження процесу різання та ріжучого інструменту почалося в першій половині ХХ сторіччя, при цьому спочатку вивчали різання та ріжучий інструмент, що застосовувався при обробці металів. Пізніше з'явилися роботи по дослідженню процесу різання дерева, ще пізніше роботи по дослідженню різання м'яких матеріалів, таких як: продуктів харчової промисловості, гуми, шкіри, полімерних матеріалів, картону, та інших не металевих матеріалів. В зв'язку з цим теорія різання не металевих матеріалів запозичила методи дослідження, а також закони різання з теорії обробки металів і деревини. В роботах по дослідженню процесу різання текстоліту, пластмас, формули стійкості та швидкості побудовані за методикою, прийнятою при обробці металів.

Зовсім іншою повинна бути теорія різання матеріалів, що застосовуються для полімерних матеріалів, а саме: натуральної та синтетичної шкіри, текстилю, тощо. Тут необхідно виводити поняття про ріжучу здатність леза різаків та його стійкість, тобто збереження цієї здатності протягом певного періоду часу.

Перші роботи по дослідженню процесу різання шкіри, текстилю, картону, гуми належать Л.Я. Шуранову, Г.Ф. Гебелю, К.М. Платунову, Д.М. Сидорову, С.А. Черкудінову, І.Є. Антонечко, І.В. Можаяву, І.І. Капустіну.

К.М. Платунов і Д.М. Сидоров вперше використали осцилограф при проведенні експериментальних досліджень, визначивши при цьому зусилля, діючі при вирубуванні шкіри. Досліди проводились з різними матеріалами з використанням набору різаків з різними кутами загострення та величиною притуплення.

В цих роботах автори встановили наступне:

1. Найбільший опір виникає при прорізання і прорубуванні матеріалу, тобто при руйнуванні його лицьового прошарку.
2. Встановлений оптимальний кут загострення різаків 15° .
3. Затуплення різаків супроводжується збільшенням зусилля різання.

В даних дослідженнях вперше розглянута система "різак-матеріал", а результати отриманні авторами та методика проведення експерименту використовувались в подальших дослідженнях. Однак, авторами не враховувалась зносостійкість леза різачка, в результаті чого, на наш погляд, отримане значення оптимального кута загострення дещо занижене.

В подальшому у вивченні проблеми різання матеріалів належать роботи вчених Ю.П. Зибіна, В.П. Зибіна, В.С. Лебедева, І.І. Архіпова, В.Н. Гарбарука, В.І. Толочко, А.І. Комісарова, В.П. Корнілова, К.П. Васильєва, М.І. Чобітько, Г.П. Базюка та інших [1]. Роботи цих авторів присвячені вивченню процесу різання методом вирубання. В основному дані роботи проводились в напрямках вивчення деформації матеріалів, знаходження зусиль різання, знаходження оптимальних параметрів ріжучого інструменту, а також економного використання матеріалів.

Г. П. Базюк розглядає взаємодію інструменту з матеріалом при вирубванні настилу з кількох шарів за допомогою діаграми зміни зусиль (рис. 1.), що відповідають зануренню різачка в матеріал [2]. На ділянці АВ (рис. 1.), що наближено рівний $0,3-0,35h$, відбувається деформація матеріалу під дією леза інструмента, в результаті чого верхні полотна настилу прогинаються. Аналогічна картина спостерігається і при різанні одного прошарку, коли волокна, що розташовані в верхній частині матеріалу, деформуючись, ущільнюються. Автор стверджує, що опір матеріалу зануренню різачка незначний, і по суті ріст зусилля P не спостерігається, в той час як відносна деформація стискання матеріалу під вершиною леза досить значна.

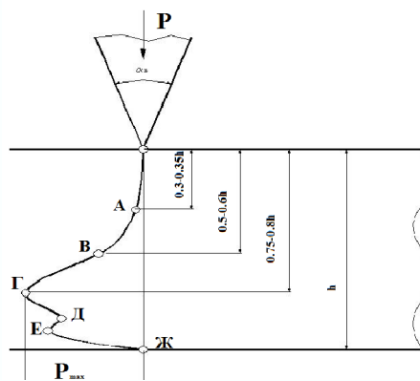


Рис. 1 Схема взаємодії різачка з матеріалом

В даній роботі розглянута взаємодія різачка з матеріалом на прикладі діаграми вдавлювання інструменту, що підтверджує відмінність фізико-механічних властивостей полімерних матеріалів по товщині, але, як і попередні дослідники, автор не розглядає взаємодію вістря леза різачка з матеріалом вирубної плити.

В роботі В.С. Марголін розглядає процес різання м'якої шкіри, як пружнов'язкого конструктивного матеріалу, а основний вплив на зусилля чинить величина затуплення, форма леза і площа контакту різачка зі шкірою. Автор стверджує, що реологічні властивості м'яких шкір обґрунтовують зменшення її деформації і опору при збільшенні швидкості процесу. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що величина деформації стискання в момент розриву лицьового прошарку зменшується зі збільшенням швидкості процесу. До зниження діючого зусилля також призводить незначна неточність виготовлення різачка та його перекид. Матеріал вирубної плити суттєво впливає на характеристику зусилля при деформації. Автор встановив, що вирубання на м'яких плитах без амортизатора на ударнику зменшує пікові зусилля та кількість неповних вирубів деталей і є найбільш економічним варіантом, а реологічні властивості м'яких шкір обґрунтовують зменшення в 1,2...1,4 рази зусиль вирубання (при швидкостях 50-100 мм/с) порівняно зі статичними зусиллями. Тобто, на відміну від попередніх дослідників, автор стверджує про зниження зусилля при збільшенні швидкості.

О. С. Поліщук в своїй дисертаційній роботі [3] приділяє увагу вивченню впливу швидкості розкроювання-вирубання на технологічне зусилля та чистоту торцевої поверхні деталі. Для порівняння було проведено вирубання деталі на пресі ПВГ-8-2-0 (швидкість вирубання до 0,5 м/с) та на розробленому пресовому обладнанні з лінійним електромагнітним двигуном (ЛЕМД), який забезпечує швидкісне вирубання (швидкість вирубання до 5 м/с.). В результаті експериментальних досліджень автором встановлено, що при швидкісному вирубанні на пресовому обладнанні з ЛЕМД різак ріже матеріал на всю його товщину, в результаті чого торцева поверхня отримується рівною і гладкою. При вирубанні на пресі ПВГ-8-2-0 спостерігається випереджаючий розрив матеріалу перед різачком. В результаті поверхня розриву отримується шорсткою. Автор робить висновок, що при швидкісному вирубанні отримується більш краща чистота торцевої поверхні деталі.

На основі проведеного огляду робіт по різанню можна зробити висновок про те, що вченими практично не проводилося експериментальних робіт по розкрою-вирубання полімерних матеріалів при швидкостях переміщення робочого органу в діапазоні 5...50 м/с та вище, а аналітичні прогнози стосовно впливу швидкості на зусилля вирубання досить суперечливі. Також огляд робіт по різанню показав, що вченими практично не проводилось дослідження впливу матеріалу вирубної плити на технологічне зусилля операцій вирубання, але в роботах стверджується, що при вирубанні м'яких шкір такий вплив достатньо суттєвий. В приведених фізичних моделях відсутній етап взаємодії різачка з матеріалом вирубної плити. Відсутні також рекомендації, щодо раціонального періоду експлуатації різачка, до його заміни або загострення, в залежності від кута його загострення та матеріалу плити.

Мета статті. Метою досліджень є удосконалення технології розкроювання деталей виробів з природніх і штучних полімерів з одночасним зменшенням енерговитрат, шляхом концептуальної аналітики.

Виклад основного матеріалу. При зануренні різачка в матеріал, останній чинить опір, для подолання якого необхідно прикласти до різачка зовнішню силу. Внаслідок опору різанню матеріал певним чином впливає на різак. Тому різак отримує навантаження, що розподілене по площинах дотику матеріалу і гранях різачка, а також на перехідній його поверхні, тобто на вістрі леза. Навантаження на перехідній поверхні виникає внаслідок того, що різак має певний радіус закруглення, яке буде присутнє навіть відразу після загострення різачка, а з першими зануренням різачка в матеріал та вирубну плиту відбувається відламування кінчика вістря різачка нескінченно малих розмірів. На рис. 2. представлено фотознімок леза різачка, що ілюструє наявність дефектів на його перехідній поверхні

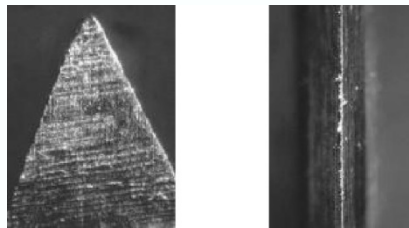


Рис. 2 Фотознімок геометрії вістря леза різачка після загострення

На рис.3. зображена ймовірна епюра розподілення навантаження $\square_{ст}$ на різак, при його зануренні на глибину t . Замінімо це розподілене навантаження зосередженими силами N_1, N_2 , що діють відповідно на праву та ліву грані леза довжиною l , а також силою P , що прикладена до вістря леза різачка. Внаслідок ковзання граней леза різачка по матеріалу виникають також сили тертя F_1, F_2 .

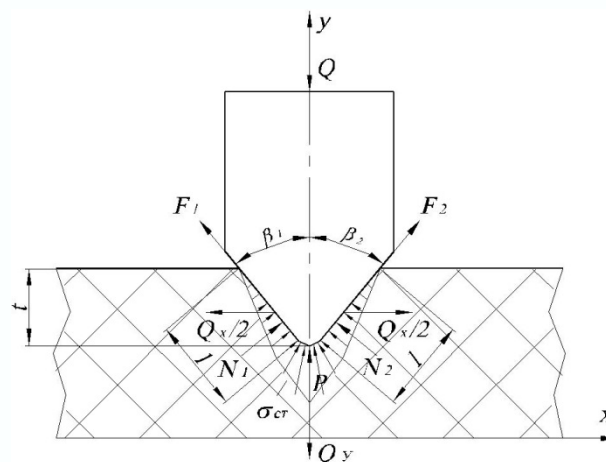


Рис. 3 Схема фізичної взаємодії леза різачка з матеріалом, що обробляється

Щоб подолати ці сили та здійснити процес різання, до інструменту необхідно прикласти зусилля Q , що діє в напрямку різання і за величиною більше рівнодійної всіх сил, що діють з боку матеріалу на різак.

Результуюча сила різання:

$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \quad (1)$$

де Q_x, Q_y – відповідно горизонтальна та вертикальна складові сили різання, Н.

Для визначення зусилля різання спроектуємо всі сили на вісі координат. При найсприятливішій умові роботи інструменту ($\beta = \beta_1 = \beta_2$ і $f = f_1 = f_2$) проекція всіх сил на вісь x :

$$\sum P_x = 0; Q_x = 0$$

Система знаходиться в рівновазі за наступної умови:

$$\begin{aligned} \sum P_y = 0; -Q_y + P + N_1 \cdot \sin\beta_1 + F_1 \cdot \cos\beta_1 + N_2 \cdot \sin\beta_2 + F_2 \cdot \cos\beta_2 = \\ = -Q_y + P + 2 \cdot (N \cdot \sin\beta + F \cdot \cos\beta) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Тоді умова різання із залежності (3):

$$Q_y > P + 2 \cdot (N \cdot \sin\beta + F \cdot \cos\beta) \quad (4)$$

Згідно даних методів розрахунку технологічне зусилля визначається як добуток ряду коефіцієнтів, що визначаються експериментальним шляхом і лежать в досить широких межах. Тому виникає необхідність розглянути взаємодію різаків з матеріалом та розробити математичну модель процесу різання натуральних шкір з урахуванням їх в'язкопружних властивостей, геометричних параметрів та величини зношення вістря леза різаків, а також матеріалу вирубної плити.

Моделювання процесу обтікання матеріалом клиновидного інструменту за допомогою методів маркерів і комірок

Метод маркерів і комірок являє собою чисельний підхід для розрахунку динаміки несталіх течій в'язкої нестисливої рідини в порожнині литтєвої прес-форми [4], для визначення плину металу при його об'ємному деформуванні [5], а також для вирішення ряду інших технічних задач. У ньому використовується кінцево-різницева схема для рішення рівнянь, що описують той чи інший процес.

Метод комірок є різновидом сіткових методів. Методам кінцевих різностей присвячена велика кількість наукової літератури, у яких докладно

розглянуті питання теорії та побудови різницевих схем, методи рішення систем алгебраїчних рівнянь і т.п.

У методі маркерів і комірок всі диференціальні рівняння та граничні умови записуються в кінцевих різностях на сітці фіксованих комірок, що покриває весь переріз матеріалу, в області занурення інструменту. Час також розбивається на кінцеве число інтервалів.

Як зазначалось раніше весь переріз матеріалу, в області занурення інструменту розбивається на деяке число часових кроків. Обчислення на кожному кроці здійснюються за наступною схемою:

а) на початку часового етапу використовуються всі необхідні дані про комірки та координати маркерів або з початкових умов, або з результату обчислень попереднього етапу;

б) розв'язуються основні рівняння з заданими граничними умовами для області, що містить маркери, тобто визначаються швидкості і напруження у кожній розрахунковій комірці;

в) здійснюється черговий крок за часом і всі обчислення повторюються знову вже для нової області – і так далі.

Диференціальні рівняння руху і граничні умови записуються на сітці прямокутних комірок розміром $h \times h_1$, що покриває весь переріз матеріалу.

Вигляд сітки встановлюється в залежності від геометричних параметрів різача та його ріжучої кромки. Типова комірка представлена на рис.4.

Для кожного вузла сітки, що знаходиться в області занурення, визначаються три незалежні змінні u, ϑ, σ .

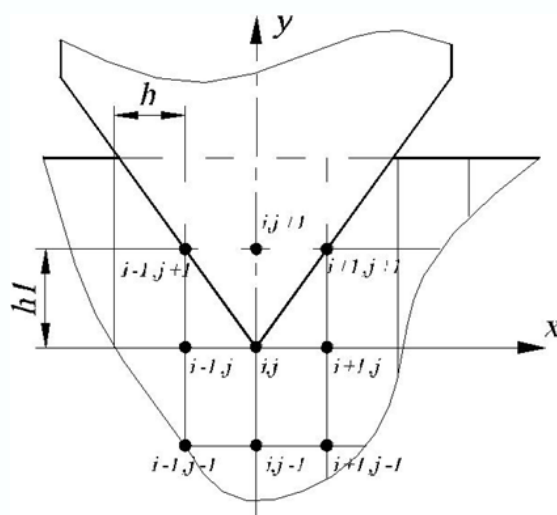


Рис. 4 Схема сітки фіксованих комірок перерізу матеріалу в області занурення різача в матеріал

Використовуючи праці [5], а також прийняті раніше позначення $u = \vartheta_x$ і $\vartheta = \vartheta_y$, запишемо диференційні рівняння руху (5), що описують процес

занурення різака в матеріал, у кінцево-різницевій формі, замінюючи диференційні оператори їхніми різницевиими аналогами:

$$\begin{aligned} \rho \cdot \left\{ U_{i,j} \cdot \frac{U_{i,j} - U_{i-1,j}}{h} + \vartheta_{i,j} \cdot \frac{U_{i,j} - U_{i-1,j}}{h_1} \right\} \\ = \frac{\sigma_{i,j} - \sigma_{1-i,j}}{h} + \mu \left\{ \frac{U_{i+1,j} - 2 \cdot U_{i,j} + U_{i-1,j}}{h^2} + \frac{U_{i+1,j} - 2 \cdot U_{i,j} + U_{i-1,j}}{h^2} \right\} \\ \rho \cdot \left\{ U_{i,j} \cdot \frac{\vartheta_{i,j} - \vartheta_{i-1,j}}{h} + \vartheta_{i,j} \cdot \frac{\vartheta_{i,j} - \vartheta_{i-1,j}}{h_1} \right\} = \frac{\sigma_{i,j} - \sigma_{1-i,j}}{h} + \mu \left\{ \frac{\vartheta_{i+1,j} - 2 \cdot \vartheta_{i,j} + \vartheta_{i-1,j}}{h^2} + \right. \\ \left. \frac{\vartheta_{i+1,j} - 2 \cdot \vartheta_{i,j} + \vartheta_{i-1,j}}{h^2} \right\} \end{aligned} \quad (5)$$

В результаті комп'ютерного моделювання, отримано також якісну картину протікання процесу різання. На рис.5. представлено картину занурення різака в матеріал, на 50 % його товщини, для різаків з кутом загострення 25° , 35° ... 55° .

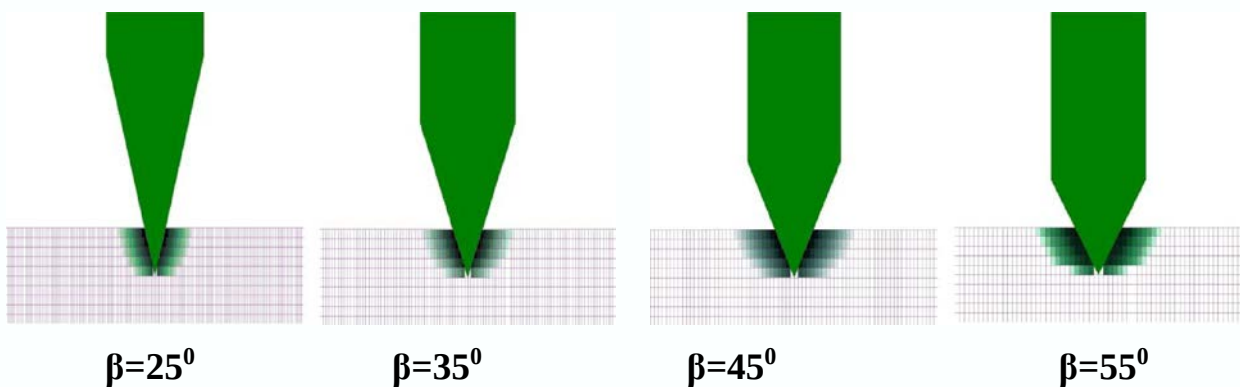


Рис. 5 Картина занурення різака в матеріал на 50% його товщини

Мінімальне значення кута загострення різака було обране таким, що дорівнює оптимальному значенні встановленому попередніми дослідниками. Максимальне – з міркувань зносостійкості різака, а також як максимальне значення, що зустрічається в технічній літературі. Дискретність кроку в 10° дозволяє чітко відстежити різницю в якісній картині (рис. 5.) процесу занурення різака в матеріал.

Проаналізувавши якісну картину процесу занурення різака в матеріал та визначивши зону інтенсивної деформації волокон матеріалу, що орієнтовно дорівнює подвійній товщині різака t , можна зробити наступний висновок: при розташуванні перфораційних просікачів на відстані меншій за зону інтенсивної деформації волокон матеріалу можливе виникнення випереджаючої тріщини не в напрямку різання, а під деяким кутом, що неодмінно призводить

до погіршення якості виконання операції перфорування та зменшення міцності шкіри в результаті концентрації напружень в даній зоні. З рис. 5. видно, що зі збільшенням кута загострення різак збільшується зона інтенсивної деформації матеріалу. Це слід враховувати при виборі геометрії та розташування перфораційних просікачів в перфораційній матриці на етапі конструювання деталей з полімерних матеріалів з метою запобігання передчасного зменшення міцності, а також погіршення зовнішнього вигляду.

Висновки.

1. Проведене аналітичне дослідження процесу розкроювання (вирубання) деталей з полімерних матеріалів дає змогу побудувати математичну модель, яка описує даний процес з урахуванням властивостей матеріалу, геометричних параметрів інструменту та матеріалу вирубної плити.

2. Використано скінчено-різницевий метод маркерів та комірок, який дозволяє розрахувати напруження, що діють з боку матеріалу на різак, згідно отриманих аналітичних залежностей. Розроблено програмований метод для дослідження процесу розкроювання матеріалу різакми, що мають різну геометрію, на основі якого розроблено розрахункову програму, що дозволяє візуально спостерігати за процесом занурення різак в матеріал і тим самим дозволяє визначити зону деформації матеріалу ріжучою кромкою інструменту.

3. Удосконалено технологію розкроювання деталей виробів з природніх і штучних полімерів з одночасним зменшенням енерговитрат, шляхом концептуальної аналітики.

Перспективи подальших розробок. В подальших роботах передбачається розширити концепцію аналогій для устаткування, швидкісних режимів, матеріалу різаків, проаналізувати сприйняття матеріалу до впровадження інновації і після.

Література:

1. Єрмаков А.С. Обладнання швейних підприємств. – Х.: ПрофОсвВидат, 2002. – 178 с.
2. Базюк Б. Г. Різання і ріжучий інструмент в швейному виробництві – К.: Легка індустрія, 1980. – 192 с. 45.
3. Поліщук О.С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.10 / КНУТД. – К., 2001. – 155 с. 73.
4. Синюк О. М. Вдосконалення прес-форм для лиття деталей взуття: Дис. канд. техн. наук: 05.05.10 / КНУТД. – К., 2002. – 157с. 76.
5. Самарський А.А. Вступ в числові методи: Навч. посібник для вузів. – 2-е вид. – К.: Наука, 1987. – 288 с.

References:

1. Yermakov, A.S. (2002). *Obladnannia shveinykh pidpriemstv [Equipment of sewing enterprises]*. Kh.: ProfOsvVydat [in Ukrainian].

2. Baziuk, B.G. (1980). *Rizannya i rizhuchyy instrument v shveynomu yrobnytvi* [Cutting and cutting tools in sewing and manufacturing]. K.: Light Industry [in Ukrainian].
3. Polishchuk, O. S. (2001). Pidvyshchennya efektyvnosti zastosuvannya presovoho obladdnannya v lehkiy promyslovosti [Increasing the efficiency of the use of pressing equipment in light industry]. *Kandydats'ka dysertatsiia* [Candidate's dissertation]. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
4. Sinyuk, O. M. (2002). Vdoskonalennya pres-form dlya lyttya detaley vzuttya [Improvement of molds for casting shoe parts]. *Kandydats'ka dysertatsiia* [Candidate's dissertation]. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
5. Samarsky, A.A. (1987). *Vstup v chyslovi metody* [Introduction to numerical methods] (2nd ed., rev.). K.: Nauka [in Ukrainian].



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>