

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**ТОЧНІСТЬ ТОНКОЛИСТОВИХ ВИРОБІВ
ПРИ ПНЕВМОУДАРНОМУ ШТАМПУВАННІ
РУХОМИМИ СЕРЕДОВИЩАМИ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2022

УДК [621.98.044+621.983.044]::621.7.015
Т64

Автори:

С. Г. Ясько, Є. А. Фролов, В. В. Кухар, О. В. Грушко, І. В. Віштак

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 1 від 2 вересня 2022 р.)

Рецензенти:

Л. Г. Козлов, доктор технічних наук, професор

О. О. Шаповал, доктор технічних наук, доцент

Точність тонколистових виробів при пневмоударному
Т64 штампуванні рухомим середовищами : монографія / С. Г. Ясько,
Є. А. Фролов, В. В. Кухар [та ін.] Вінниця : ВНТУ, 2022. 208 с.
ISBN 978-966-641-899-2

Розглянуто комплексний підхід до забезпечення точності виконання розділових і формоутворюючих операцій шляхом визначення раціональних конструкторсько-технологічних параметрів процесів пневмоударного штампування в умовах багатомітенклатурного виробництва при дискретно-нестабільних програмах випуску. Подано перелік та закономірності впливу основних конструктивно-технологічних параметрів оснащення на показники форми, розмірної точності та шорсткості виробів. Наведено науково-методологічні підходи до визначення граничного ступеня витягування, закономірностей взаємодії між передавальним рідким або еластичним середовищем, тонколистовою заготовкою та робочими елементами оснащення при пневмоударному штампуванні.

УДК [621.98.044+621.983.044]::621.7.015

ISBN 978-966-641-899-2

© С. Ясько, Є. Фролов, В. Кухар,
О. Грушко, І. Віштак, 2022

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 5 |
| Розділ 1 СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ | 10 |
| 1.1. Основні відхилення розмірів листоштампованих деталей та заготовок | 11 |
| 1.2. Поняття про параметри точності | 16 |
| 1.3. Аналіз виробничих похибок..... | 18 |
| 1.4. Аналіз факторів, що впливають на параметри точності | 21 |
| 1.5. Обґрунтування методів досліджень | 32 |
| 1.6. Встановлення мети і завдань дослідження | 36 |
| 1.7. Висновки за розділом..... | 37 |
| Розділ 2 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПНЕВМОУДАРНОГО ШТАМПУВАННЯ ТОНКОЛИСТОВИХ ДЕТАЛЕЙ | 39 |
| 2.1. Особливості технологічної системи при використанні процесів пневмоударного штампування рідиною та еластичним середовищем | 39 |
| 2.2. Обладнання ПУШ і основні технологічні схеми виконання операцій..... | 42 |
| 2.3. Критерії ефективності пробивання-вирубання еластичним середовищем..... | 47 |
| 2.4. Критерії ефективності процесу пневмоударного витягування рідиною | 61 |
| 2.5. Висновки за розділом..... | 66 |
| Розділ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗМІРНОЇ ТОЧНОСТІ ВИРОБІВ ПРИ ВИКОНАННІ РОЗДІЛЮВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ПНЕВМОУДАРНИМ ШТАМПУВАННЯМ..... | 68 |
| 3.1. Технологічні особливості пневмоударного вирібання- пробивання плоских деталей еластичним середовищем | 68 |

| | |
|---|------------|
| 3.2. Аналіз причин виникнення похибок при пневмоударному штампуванні деталей еластичними середовищами та їх класифікація, точність штампування розділювальних операцій..... | 70 |
| 3.3. Дослідження закону розподілу похибок розмірів відштампованих деталей | 97 |
| 3.4. Висновки за розділом..... | 117 |
| Розділ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗМІРНОЇ ТОЧНОСТІ ВИРОБІВ ПРИ ВИКОНАННІ ОПЕРАЦІЙ ВИТЯГУВАННЯ ПНЕВМОУДАРНИМ ШТАМПУВАННЯМ..... | 120 |
| 4.1. Вплив основних конструктивно-технологічних чинників на якість штампування деталей витягуванням..... | 121 |
| 4.2. Вплив основних технологічних факторів на перебіг процесів пневмоударного витягування..... | 130 |
| 4.3. Аналітичне дослідження параметрів точності операцій витягування ПУШ | 149 |
| 4.4. Висновки за розділом..... | 162 |
| Розділ 5 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТОЧНОСТІ ВИРОБІВ ПРИ ПНЕВМОУДАРНОМУ ШТАМПУВАННІ РІДИНОЮ ТА ЕЛАСТИЧНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ..... | 164 |
| 5.1. Технологічне оснащення для ПУШ рідиною | 164 |
| 5.2. Основні вимоги при проектуванні елементів оснащення | 167 |
| 5.3. Технологічне оснащення для вирубання-пробивання ПУШ еластичним середовищем | 172 |
| 5.4. Оцінювання економічної доцільності застосування пневмоударного штампування..... | 182 |
| 5.5. Висновки за розділом..... | 188 |
| ВИСНОВКИ..... | 189 |
| Список використаних джерел | 192 |

ВСТУП

Розумні методи господарювання вимагають впровадження висококоefficientних процесів виробництва металопродукції, заснованих на інноваційних наукомістких технологіях, доцільних при сучасних умовах дрібносерійного і серійного виробництва, при дискретно-нестабільних програмах випуску виробів і частих змінах номенклатури.

Для зниження собівартості та збереження якості тонколистових деталей широко використовують процеси високошвидкісного (імпульсного) штампування. Однак, їх впровадження обмежене специфічними особливостями використовуваних енергоносіїв (бризантні вибухові речовини, порох, горючі газові суміші, електричний розряд): високими змінними витратами в собівартості продукції, специфікою обладнання, труднощами в забезпеченні безпеки життєдіяльності та екологічності, а також автоматизації виробництва. До процесів і устаткування з виробництва тонколистових деталей також ставиться низка вимог, комплексне виконання яких є вельми утрудненим. Це універсальність та можливість прискореного переналагодження штампів і перебудова технологічного процесу під час переходу з однієї номенклатури на іншу, адаптивність і здатність пристосовуватися до технологічних відхилень, автономність керування та здатність функціонування в умовах автоматизованих технологій.

Зазначеним вимогам найбільш повно відповідають процеси високошвидкісного формоутворення на основі технологій і устаткування пневмоударного штампування (ПУШ) рідиною та/або еластичним середовищем з високим рівнем автоматизації. Такі процеси характеризуються значною концентрацією енергії, високими швидкостями деформування матеріалу і тиску в зоні обробки, що позитивно позначається на показниках якості виробів. Це призводить до зниження трудомісткості, скорочення кількості технологічних переходів і, як наслідок, витрат і термінів технологічної підготовки виробництва нових виробів. В якості енергоносія використовується стиснене повітря цехової пневмомережі тиском до 0,63 МПа. В

якості штампувальної рідини використовують звичайні емульсії змазувально-охолоджувальних рідин, а в якості еластичного середовища – поліуретан марки СКУ-ПФЛ-100, НИЦ-ПУ-5 тощо. Однак, практичній реалізації техніко-економічних переваг і позитивних особливостей ПУШ перешкоджає відсутність у спеціальній вітчизняній і світовій літературі достатньою мірою науково обґрунтованих принципів проектування технологічних процесів і практичних рекомендацій щодо здатності забезпечення необхідної якості відштампованих тонколистових деталей складної форми і конфігурації в плані, що отримують витягуванням і вирубуванням-пробиванням.

Дана робота комплексно розглядає питання забезпечення належних показників якості при виконанні розділових і формоутворюючих операцій ПУШ шляхом визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів устаткування та закономірностей формування розмірної точності та шорсткості тонколистових деталей в умовах їх багатомасштабного виробництва при дискретно-нестабільних програмах випуску. У зв'язку з вищевикладеним темою роботи, присвячена вдосконаленню процесів ПУШ шляхом забезпечення виготовлення тонколистових деталей із заданими параметрами розмірної точності та шорсткості поверхонь, є актуальною і має важливе практичне значення.

Метою роботи є забезпечення розмірної точності та шорсткості поверхонь тонколистових деталей, що виготовляють ПУШ рідиною або еластичним середовищем при виконанні розділових і витягувальних операцій на основі результатів експериментальних досліджень та функціональних залежностей, що описують вплив енергосилових і конструктивно-технологічних параметрів процесів і обладнання на показники якості відштампованих деталей.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

- дослідити умови експлуатації пневмоударного обладнання для штампування рідким та еластичним середовищем і встановити вимоги до визначення конструктивно-технологічних параметрів, що забезпечують розмірну точність та шорсткість деталей, що штампують;

- удосконалити технологічну систему ПУШ шляхом доповнення

її елементами нової конструкції оснащення, які забезпечують необхідні показники якості відштампованих деталей, та розширюють технологічні можливості в умовах багатомоделного виробництва;

- встановити основні фактори та характер їх впливу на перебіг процесу ПУШ для технологічних операцій пробивання-вирубівання і витягування;

- встановити основні причини виникнення відхилень розмірів деталей, що отримують ПУШ, та провести на основі статистичного аналізу їх класифікацію для операцій пробивання-вирубівання і витягування;

- дослідити вплив основних конструктивно-технологічних факторів на характеристики точності деталей, що отримані методом ПУШ для операцій витягування та пробивання-вирубівання;

- отримати аналітичні залежності для розрахунку очікуваної величини систематичної складової відхилення розмірів виробів відносно дійсного розміру робочого елемента штампного оснащення, що дозволить розрахувати скомпенсоване значення номінального розміру робочого елемента для забезпечення показників точності виробів при виконанні операцій витягування та пробивання-вирубівання;

- проаналізувати техніко-економічні показники і розробити за результатами дослідження рекомендації з проектування технологічних процесів і оснащення для пробивання-вирубівання та витягування;

- впровадити результати дослідження в умовах діючого виробництва.

Об'єкт дослідження – процеси пневмоударного штампування з використанням рухомих рідких та еластичних передавальних середовищ.

Предмет дослідження – характеристики геометричної форми, точності та шорсткості поверхонь виробів, що отримують при розділових і витягувальних операціях пневмоударним штампуванням, закономірності їх якісної та кількісної зміни в залежності від матеріалу та конструктивно-технологічних параметрів елементів оснащення.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Уточнено для деталей складного профілю з габаритними розмірами до 300 мм і товщиною листового матеріалу 0,5 – 3,0 мм, що отримують ПУШ, перелік та закономірності впливу основних конструктивно-технологічних параметрів оснащення на показники форми, розмірної точності та шорсткості для розділових операцій пробивання-вирубання еластичним середовищем у технологічних схемах з послідовним відокремленням припуску та операцій витягування рідким середовищем при двохударному навантаженні.

2. Вперше встановлені закономірні зв'язки між математичним очікуванням відхилення лінійних розмірів деталей і дійсним розміром робочого елемента штампового оснащення з урахуванням впливу домінуючих конструктивно-технологічних параметрів процесів пневмударного штампування для операцій вирубання-пробивання еластичним середовищем із послідовним відокремленням припуску та витягування рідким середовищем при двохударному навантаженні;

3. Вперше встановлені граничні ступені витягування при пневмударному послідовному подвійному навантаженні для листових матеріалів товщиною 0,5 – 3,0 мм з алюмінієвих, мідних, титанових сплавів та електротехнічних і конструкційних сталей, а також їх вплив на показники якості виробів в залежності від форми, конструкції та відносної маси бойка;

4. Вдосконалені науково-методологічні підходи до визначення закономірностей взаємодії між передавальним рідким або еластичним середовищем, тонколистовою заготовкою та робочими елементами оснащення при ПУШ, що дозволило підвищити ефективність процесів вирубання-пробивання та витягування та збільшити номенклатуру виробів, яку можна виготовити ПУШ.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному: розроблені технологічні схеми процесів і оснащення для ПУШ витягуванням рідким середовищем та вирубання-пробивання еластичним середовищем, які дозволяють виготовляти тонколистові деталі, включно і складної форми із заданими параметрами точності та якості поверхні в умовах багатомономенклатурного виробництва при дискретно-нестабільних програмах випуску виробів; в результаті теоретичних і експериментальних досліджень з встановлення

параметрів точності ПУШ тонколистових деталей, були розроблені методичні та практичні рекомендації по вдосконаленню пневмоударного обладнання та проектування технологічних процесів і оснащення для штампування витягуванням, вирубуванням-пробиванням, яке не поступається точністю штампуванню в інструментальних штампах, а в ряді випадків і перевершують їх; Визначена область ефективного застосування запропонованих технологічних і технічних рішень, а також визначена техніко-економічна ефективність застосування ПУШ в багатомініклатурному виробництві.

ВИСНОВКИ

У дослідженні розв'язане важливе науково-практичне завдання з забезпечення необхідних показників якості, а саме розмірної точності та шорсткості тонколистових виробів, що виготовляють із застосуванням процесів ПУШ, при зменшенні трудомісткості виготовлення виробів, металомісткості оснащення, скороченні часу і витрат на технологічну підготовку виробництва за рахунок визначення раціональних конструкторсько-технологічних параметрів процесів і модернізації обладнання для умов багатоменклатурного виробництва при дискретно-нестабільних програмах випуску виробів.

Відповідно до поставленої мети і завдань в роботі отримані наступні результати:

1. На основі аналізу технічної літератури і виробничого досвіду запропоновані нові схеми виконання технологічних операцій пневмоударного листового штампування, що дозволило розробити і виготовити комплект штампового оснащення для проведення комплексних досліджень можливостей процесу з досягнення показників точності при виробництві тонколистових деталей. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що точність деталей, що виготовляють методом ПУШ, при виконанні розділових операцій знаходиться в межах 7 – 14 квалітетів при шорсткості поверхні зрізання в межах $Ra = 0,3 - 0,6$ мкм для низькоміцних та $Ra = 0,6 - 1,0$ мкм для високоміцних матеріалів, а формотворчих операцій в межах 8 – 15 квалітетів, що відповідає традиційним методам інструментального штампування.

2. Визначені основні конструктивно-технологічні фактори та характер їх впливу на параметри розмірної точності виробів, які отримують при роздільних і формотворчих операціях ПУШ, розроблено їх класифікацію залежно від характеру і ступеня впливу на процес ПУШ.

3. Встановлено, що на параметри розмірної точності штампованих деталей, домінуючий вплив справляють: геометричні розміри і товщина матеріалу; властивості міцності і пластичності матеріалу; маса бойка; зношування робочих елементів штампів; для роздільних операцій конфігурація торця бойка (бойок з скошеним або нескошеним торцем); для формоутворюючих конструкція бойка (суцільний або складений).

4. Вперше для операцій витягування та пробивання-вирубівання ПУШ запропоновані аналітичні залежності, які дозволяють з урахуванням особливостей процесу ПУШ і конструктивно-технологічних факторів розрахувати очікувану величину систематичної складової відхилення розмірів виробів відносно дійсного розміру робочого елемента штампового оснащення, а також виходячи з вимог до точності виробів розрахувати скомпенсоване значення номінального розміру робочого елемента.

5. Отримано аналітичні залежності для розрахунку виконавчих розмірів робочих елементів штампового оснащення з урахуванням особливостей процесу ПУШ і впливу конструктивно-технологічних факторів, що забезпечують задану точність штампування.

6. Встановлено, що використання двохударного навантаження підвищує граничний ступінь витягування при виконанні формотворчих операцій на 10 – 15 %, а також знижує радіальні напруження і відповідно зменшуються радіальні деформації до 20 %.

7. Встановлено, що при роздільних операціях ПУШ: спостерігається збільшення розсіювання розмірів деталей відповідно зі збільшенням розміру партії і монотонне зміщення центру групування в міру зношування робочих елементів штампів; процес ПУШ залишається статистично стійким за розсіюванням, тобто дисперсія випадкових похибок в часі змінюється незначно, а середнє значення розсіювання закономірно змінюється в часі; перешліфовування робочих елементів штампів впливає на розсіювання розмірів деталей і знаходиться в прямій залежності від товщини матеріалу, відповідно відбувається і зміщення центру групування. При цьому на відхилення розмірів суттєво впливають геометричні розміри відштампованих

деталей. Так зі збільшенням розмірів деталей з $\varnothing 30$ мм до $\varnothing 90$ мм положення центру групування дійсних відхилень у миттєвих вибірках зміщується на 110 %.

8. Встановлено, що розподіл похибок розмірів відштампованих деталей, при виконанні розділових операцій ПУШ є композицією розподілу похибок за законом рівної ймовірності і нормальним законом; при виконанні формотворчих операцій розподіл похибок підпорядковується нормальному закону.

9. Розроблені практичні рекомендації з проектування технологічних процесів і оснащення для операцій ПУШ пробивання-вирубубвання та витягування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зубчанинов В. Г. Устойчивость и пластичность. Т. 2. Пластичность. Москва: Физматлит, 2008. 336 с.
2. Handbook of residual stress and deformation of steel. G. Totten, M. Howes, T. Inoue. Materials Park, Ohio : ASM International, 2002. 499 p.
3. Погорелов В. И. Строительная механика тонкостенных конструкций. Санкт-Петербург.: БХВ-Петербург, 2007. 518 с.
4. Амосов А. А. Техническая теория тонких упругих оболочек. Москва: МГСУ: Издательство АСВ, 2009. 301 с.
5. Михайленко Ф. П. Стойкость разделительных штампов. Москва: Машиностроение, 1986.
6. Kibe Y., Okada Y., Mitsui K. Machining accuracy for shearing process of thin-sheet metals. Development of initial tool position adjustment system (International Journal of Machine Tools & Manufacture 47: Elsevier), 2007. pp 1728–1737.
7. Tekiner Z., Nalbant M., Gurun H. An experimental study for the effect of different clearances on burr, smooth-sheared and blanking force on aluminium sheet metal (Materials and Design 27: Elsevier), 2006. pp. 1134–1138.
8. Wang X. Z. Tool wear prediction modelling for sheet metal stamping die in automotive manufacture. PhD Dissertation, Swinburne University of Technology. 2011. 165 p.
9. Шаров А. А., Громова Е. Г., Моисеев В. К. и др. Обеспечение взаимозаменяемости при сборке изделий из маложестких деталей за счет стесненного изгиба эластомером. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2015. № 10 (183). С. 37 – 40.
10. Барвинок В. А., Федотова И. Ю., Федотов Ю. В. и др. Стойкость режущих кромок вырубного инструмента при раскрое листовых деталей давлением полиуретана. Симпозиум с международным участием «Самолетостроение России. Проблемы и перспективы». 2012. С. 63 – 65.

11. Subramonian S. Improvement of Punch and Die Life and Part Quality in Blanking of Miniature Parts. Front Cover. Ohio State University, 2013. 155 p.
12. Михаленко Ф. П., Ляпин Ю. И. Количественная оценка качества деталей, получаемых при разделительных операциях листовой штамповки. Технология производства, научная организация труда и управления. НИИМАШ. 1971. Вып. 8. С. 20 – 27.
13. Михаленко Ф. П., Дурандин М. М. Об оценке качества деталей при разделительных операциях. Вестник машиностроения. 1971. № 8. С. 62 – 65.
14. Umaras E., Tsuzuki M. Research on the factors of influence in the dimensional and form precision of stamping processes. ABCM Symposium Series in Mechatronics, Vol. 5. Section IV – Industrial Informatics, Discrete and Hybrid Systems , 2012. P. 694 – 703.
15. H. Makich. Etude théorique et expérimentale de l'usure des outils de découpe: influence sur la qualité des pièces découpées. (Ph.D. Thesis) University of Franche-Comté: Besançon. 2011. 231 p.
16. ГОСТ 24642-81. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. 1981.
17. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики, обозначения. Издание с Изменением № 1, 2006.
18. Donglai W., Zhenshan C. and Jun C. “Optimization and tolerance prediction of sheet metal forming process using response surface model”. Computational Materials Science, Vol. 2, No. 42, 2008. pp. 228–233.
19. Neugebauer R., Bouzakis D. K., Denkena B. et al. Velocity effects in metal forming and machining processes. CIRP Annals – Manufacturing Technology 60: Elsevier. 2011. pp. 627–650.
20. Барвинок В. А., Федотова И. Ю., Федотов Ю. В. и др. Повышение качества изготовления деталей с элементами сложного геометрического контура при вырубке-пробивке давлением полиуретана. Симпозиум с международным участием «Самолетостроение России. Проблемы и перспективы». 2012. С. 65-66.

21. Громова Е. Г., Масленникова А. С. Исследование процесса штамповки деталей летательных аппаратов давлением эластичной среды. Актуальные проблемы космонавтики. 2016. С. 431 – 432.
22. Вайнтрауб Д. А. Исследование точности операций вырубки и гибки деталей: дис. ... канд. техн. наук. Вайнтрауб Давид Абрамович. Ленинград: 1956. 132с.
23. Moghadam M., Villa M., Moreau P., Dubois A., Dubar L., Nielsen C.V., Bay N. Analysis of lubricant performance in punching and blanking. Tribology International. Vol. 141, 2020. 105949.
24. Демиденко Е. И. Исследование процесса пробивки-вырубки на быстроходном прессе-автомате: автореф. дис....канд. техн. наук. Демиденко Евгений Иванович. Горький, 1961. 22 с.
25. Винник П. М., Иванов К.М. Влияние точности установки на стойкость инструмента в процессе врубки-пробивки. Металлообработка. 2013. № 1 (73). С. 17 – 23.
26. Горелик Б. В. Манаенков И. В. Повышение стойкости режущих элементов штампов методом вакуумно-плазменного упрочнения. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. 2005. № 6. С. 19 – 32.
27. Горнов Ю. Н. Исследование влияния технологических факторов на стойкость штампов для вырубки-пробивки слоистых пластмасс: дис. ... канд. техн. наук. Горнов Юрий Николаевич. Горький, 1973. 198 с.
28. Lauwers B., Kruth J.-P., Eeraerts W.. Wear Behaviour and Tool Life of Wire-EDM-ed and Ground Carbide Punches. CIRP Annals. Volume 54, Issue 1. 2005, pp. 163 – 166.
29. S. Subramonian, T. Altan, B. Ciocirlan, C. Campbell . Optimum selection of variable punch-die clearance to improve tool life in blanking non-symmetric shapes. International Journal of Machine Tools and Manufacture. Vol. 75. 2013. P. 63 – 71.
30. Moghadam M., Villa M., Moreau P., Dubois A., Dubar L., Nielsen C. V., Bay N. Analysis of lubricant performance in punching and blanking. Tribology International, Volume 141, 2020. 105949.

31. Babu S. S. M., Berry S., Ward M., Krzyzanowski M. Numerical investigation of key stamping process parameters influencing tool life and wear. *Procedia Manufacturing*, Volume 15, 2018, pp. 427 – 435.
32. Ильин Л. Н., Семенов И. Е. *Технология листовой штамповки*. М.: Дрофа, 2009. 475 с.
33. Мовшович А. Я. Система универсально-сборных штампов для листовой штамповки. Москва : Машиностроение, 1977. 176 с.
34. Сажин Е. Г. Исследование точности штамповки листовых деталей в универсально-сборных штампах: дис....канд. техн. наук. Сажин Евгений Григорьевич. Минск, 1974.
35. Мансуров И. З., Подрабинник И. М. Специальные кузнечно-прессовые машины и автоматизированные комплексы кузнечно-штампового производства: справочник. Москва : Машиностроение, 1990. 344 с.
36. Singh U. P., “Design study of the geometry of a punching/blanking tool”. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 4, No. 33, 1992. pp. 331 – 345.
37. Северденко В. П., Кособуцкий В. С. Листовая штамповка с ультразвуком. Минск: Наука и техника, 1975. 191 с.
38. DIN 6930-2. Stamped steel parts – Part 2: General tolerances. Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN), 2011 Edition. 17 p.
39. Ефимов Н. А., Федотов Ю. В., Ефимов Е. А. Исследование точности листовых деталей, вырезаемых полиуретаном в открытом объеме. *Вестник Самарской государственной академии путей сообщения: Научно-технический журнал*. Самара : СамГАПС, 2005. вып. 3. С. 15 – 20.
40. Романовский В. П. Допуски и зазоры в вырезных штампах и исследование процесса резания листовых материалов. *Труды Гипромаша*. 1966. Книга VI. С. 36 – 65.
41. Бронин Г. К. Определение некоторых параметров процесса удара по жидкости, находящейся в замкнутом объеме. *Кузнечно-штамповочное производство*. 1971. № 11. С. 60 – 63.
42. Вайнтрауб Д. А. О влиянии зазора на стойкость разделительных штампов. *Кузнечно-штамповочное производство*. 1968. № 6. С. 22 – 23.

43. Федотов Ю. В., Моисеев В. К., Шумков А. П. и др. Исследование механизма разделения листовых материалов при различных способах вырубki деталей полиуретаном . Известия СИЦ РАН. 2010. № т.12, №4(2). С. 449-457.
44. Haas E. Schnittschlagdanfung und Standmen-generhohung. Industrie-Anzeiger. 1971. 93. No. 76. pp. 1911 – 1912.
45. Seidenberg H. Messung des Kantenverschiebes an Scheidwerkzeugen. Werkstatttechnik. 1967, vol. 57. No. 8. pp. 384 – 390.
46. Фотеев Н. К. Высокостойкие штампы. Москва: Машиностроение, 1970. 278 с.
47. Громова Е. Г., Еськина Е. В., Масленникова А. С. Моделирование процесса разделительной штамповки деталей давлением полиуретана. Актуальные проблемы российской космонавтики. 2015. С. 474 – 475.
48. Мовшович А. Я., Резниченко Н. К., Буденый М. М. Переналаживаемые штампы на основе композиционных материалов для разделительных операций листовой штамповки. Монография. Харьков: УИПА, 2013. 135с.
49. Hernandez J. J., Franco P., Estrems M., Faura F. Modelling and experimental analysis of the effects on tool wear on form errors in stainless steel blanking. Journal of Materials Processing Technology, vol. 180, 2006. pp.143–150.
50. Зубцов М. Е. Листовая штамповка. Ленинград: Машиностроение, 1980. 340 с.
51. Зубцов М. Е. Точность штамповки-вырубki средне- и крупногабаритных тонколистовых деталей. Кузнечно-штамповочное производство. 1968. № 9. С. 28 – 32.
52. Григорьев Л. Л. Исследование точности отверстий, полученных штамповкой по элементам на координатно-револьверных пресах. Известия ВУЗов. Приборостроение. 1967. Т. 10, № 3. С. 116 – 119.
53. Смирнов Г. В. Повышение качества штампованных деталей приборов. Пути повышения качества и точности при листовой и объемной штамповке. ЛДНТП. 1977. С. 41 – 43.

54. Farzin M., Javani H.R., Mashayekhi M., Hambli R., Analysis of blanking process using various damage criteria. *Journal of materials processing technology*, 177-1 (2006) pp. 287–290.
55. Чистяков А. В. Теоретические основы операций вырубки-пробивки : дис. ... канд. техн. наук. Чистяков Андрей Владимирович. Тула, 2001. 119 с
56. Шенкар В. С. Исследование точности вырубки-пробивки статорных листов малых электрических машин: дис. ... канд. техн. наук. Ленинград, 1970.
57. Дорин В. И. Точная штамповка деталей оптико-механических приборов. Москва: Оборонгиз, 1958. 459 с.
58. Шишков Б. И. Точная штамповка в машиностроении. Москва: Машгиз, 1960. 271 с.
59. Шварцбург Б. И., Чернис Н. Е. Точность сборки универсально-сборных приспособлений. Москва: Комитет стандартов, 1968. 92 с.
60. Романовский В. П. Мовшович А. Я., Долгов В. А. Исследование стойкости режущих элементов универсально-сборных штампов для вырубки-пробивки. *Кузнечно-штамповочное производство*. 1970. № 6. С. 16 – 19.
61. Романовский В. П. Показатели износа и стойкость вырубных и пробивных штампов. *Вестник машиностроения*. 1974. № 9. С. 67 – 71.
62. Lange K., Dohmen H. G. *Präzisions umformtechnik*. Springer: Berlin. 1990. 365 p.
63. Lange K. *Handbook of metal forming*. New-York: McGraw-Hill. 1985. 563 p.
64. Вада Кадзуо. Точность деталей, полученных вырубкой. *Пурэсу гидзюцу*, 1989. 17. № 10. С. 87 – 92.
65. Макино Икюю. Исследование качества поверхности среза. *Пурэсу гидзюцу*. 1975. № 5. С. 93 – 98.
66. Фукусима Акио. Исследование точности вырубленных деталей. *Киндзюку пурэсу*. 1977. № 8. С. 6 – 18.
67. Bates E. W. Determining optimum punch to die clearances. *Sheet Metal Industries*. 1978, 55, No. 3. pp. 334 – 336.

68. Hopfmann K. Pzazisionsteile aus Blech. Tech + Miinden. 1971. No. 16. pp. 118 – 120.
69. Rechel B. Das stanzen von Lochern hinsichtlich Lochungs ver haltnis und ther moelektrieseher Auswirkung auf kuhlschmierung, Stanzbarkeit, Schneidspalt und werkzeugwerschlieb. Blech. 1969, vol. 16. No. 9. pp. 432 – 443.
70. Seidenberg H. Pressen-und Werkzeugeinflusse auf den Kantenverschleis Beim Schneiden von Feiblech. Werkstatt technik. 1968, vol. 58, No. 3. pp. 125 – 129.
71. Spizig J. S. Rasch zu wechselnde werkzeuge fur Pressen. Werkstatt und Betrieb.1970. vol. 103. No. 17. p. 531.
72. Stauberg M. Vereinfarung beim Bankon Schnittwerkzeugen. Wertstatts-technik. 1959. vol. 59. No. 9. pp. 431 – 433.
73. Buhler H., Seidenberg H. Werkzeug kerschleib und Yrathole beim Schneiden von Feiblech. Stahlund Sisen. 1966. No. 25. pp. 1677 – 1688.
74. Аоку Синэо. Уменьшение заусенцев при вырубке. Пурэсу гидзюцу. 1977. Т. 15. № 12. С. 4.
75. Mekarū Shunei, Maeda Teizo. Исследование стойкости штампов при вырубке нержавеющей стали. Journal of the Japan Society for Technology of Plasticity. 1978, vol. 19, No. 207. pp. 316 – 324.
76. Ozaki Tatsuo, Yamasaki Susumu. Вырубка и пробивка в штампах со скошенными кромками. – Journal of the Japan Society for Technology of Plasticity. 1975. vol. 16. No. 172. pp. 385 – 392.
77. Hugo H. R. Punch and die cleances. American Machinist. 1969, 113, No. 10. pp. 163 – 164.
78. Marejka P. Welche Schueidspalt geometrie beim Lochen nich rostender Blech. Maschinenmarkt. 1979, 85, No. 72. pp. 1413 – 1414.
79. Ludwick S. J. Precision presswork medisprecision steel. Tooling and Production. 1968, vol. 34, No.7. pp. 78 – 79.
80. Гиндин В. Б. Технология штамповки деталей повышенной точности. ЛДНТП, 1977. 8 с.
81. Grunbaum M., Breitling J., Altan T. Influence of high cutting speeds on the quality of blanked parts. ERC report N°5-96-19, University of Stuttgart, Allemagne. 1996. 114 p.

82. Северденко В. П., Костюкович С. С., Цитович Б. В., Шустер Я. Б. Взаимосвязь качества поверхности среза и точности отверстий пробитых в гетинаксе. Кузнечно-штамповочное производство. 1971. №2. С. 12 – 15.
83. Комаров А. Д., Моисеев В. К., Киров Ф. В. Штамповка трубчатых деталей эластичной средой на пневмогидравлической установке. Кузнечно-штамповочное производство. 1976. №2. С. 31 – 32.
84. Комаров А. Д. Экономия металла при штамповке полиуретаном. Куйбышев, 1986. 120 с.
85. Рябых А. А. Точность деталей вырезаемых эластичной средой. Москва: Кузнечно-штамповочное производство, 1975. №2. С. 20 – 22.
86. Ходырев В. А. Проектирование, изготовление и эксплуатация штампов с полиуретаном. Пермь: Кн. изд-во, 1975.
87. Томилов М. Ф. Повышение эффективности процесса формообразования деталей из листа эластичной средой в жесткой матрице. Дисс. канд. техн. наук. Воронеж, 1999. 194 с.
88. Блинов М. А. Вытяжка полиуретаном полусферы из труднодеформируемой стали. Кузнечно-штамповочное производство. 1991. №6. С. 14 – 15.
89. Блинов М. А. Энергосберегающий способ вытяжки полиуретаном. Кузнечно-штамповочное производство. 1990. №5. С. 29 – 30.
90. Кутырев А. С. и др. Технологические приемы обеспечения требований по точности к кузовным деталям. Кузнечно-штамповочное производство. 1991. №5. С. 16 – 17.
91. Сизов Е. С., Бабурин М. А. Штамповка листовых деталей сложной формы пластично-эластичными средами. Кузнечно-штамповочное производство. 1994. №8. С. 9 – 11.
92. Глушечков В. А. Технология и оборудование специальных видов листовой штамповки. Самара: Изд-во СГАУ, 2013. 174 с.
93. Бебрис А. А., Плеханов В. М., Маялков А. И. Расчетные методы и технология процессов вытяжки деталей сложной формы эластичным пуансоном. Рига: НИИНТИ и пропаганды, 1980. 34 с.

94. Шагунов А. В., Шереметов В. Е., Томилов М. Ф. Разработка технологии вытяжки эластичной средой деталей из листа. Кузнечно-штамповочное производство. 1998. №3. С. 20 – 23.
95. Дель Д. Г., Шагунов А. В. Компьютерное проектирование операций отбортовки и гибки-формовки эластичной средой. Авиационная промышленность. 1997. №7. С. 42–45.
96. Исаченков Е. И. Штамповка резиной и жидкостью. Москва: Машиностроение, 1967. 367 с.
97. Анучин М. А., Антоненков О. Д. Штамповка взрывом. Москва: Машиностроение, 1972. 247 с.
98. Здор Г. Н., Исаевич Л. А., Качанов И. В. Технологии высокоскоростного деформирования металлов. Минск: БНТУ, 2010. 456 с.
99. Степанов В. Г., Шавров И. А. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов. Ленинград: Машиностроение, 1975. 280 с.
100. Бычков С. А. Концепция применения и реализации импульсных технологий листовой штамповки в условиях опытного и серийного производства транспортных самолетов: дис. в форме научного доклада ... доктора техн. наук: Харьков: ХАИ, 1991. 55 с.
101. Кривцов В. С., Борисевич В. К. Состояние и перспективы применения импульсных источников энергии для технологических процессов обработки металлов. Авиационно-космическая техника и технология: тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». Вып. 11/47. Харьков, 2007. С. 10 – 18.
102. Кривцов В. С., Сабелькин В. П. Концепция создания технологических процессов изготовления деталей летательных аппаратов с использованием взрыва. Проблемы горения, баллистики и механики соударений: тез. докл. 2-ой Укр. научн.-практ. конф. 10 – 15 июня 1996 г. Одесса: ОГУ. С. 23.
103. Тараненко М. Е. Электрогидравлическая штамповка: теория, оборудование, техпроцессы. Харьков : ХАИ, 2011. 272 с.

104. Чачин В. Н., Шамарин Ю. Е., Журавский А. Ю. и др. Листовая штамповка с использованием импульсных загрузок. Киев: УМК ВО, 1989. 108 с.
105. Чачин В. Н., Богоявленский К. Н. Состояние и пути развития некоторых импульсных методов. Кузнечно-штамповочное производство. 1980. № 6. С. 23 – 25.
106. Бычков С. А., Сухов В. В. Формообразование элементов трубопровода типа наконечников и переходников. Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Харьк. авиац. ин-та. – Харьков, 1996. С. 20 – 21.
107. Брагин А. П., Мацукин Ю. Г. Элементы конструкций пресс-пушек для гидродинамической штамповки. Импульсная обработка металлов давлением: сб. науч. тр. Харьк. авиац. ин-та. Вып. 1. Харьков., 1970. С. 80 – 83.
108. Фролов Е. А., Усанин В. П., Аулов А. Е., Иванов О. Е. Технология и оборудование для обработки сложнорельефных тонколистовых деталей энергией детонирующих газовых смесей. Тез. докл. II отрасл. конф. «Прогрессивные виды универсально-сборной переналаживаемой оснастки». Харьков, 1987. С. 42.
109. Петраковский В. С. Оценка штампуемости материалов при гидроударной вытяжке листового металла. Импульсные методы обработки металлов. Минск: Наука и техника. 1977. С. 123 – 131.
110. Поляк С. М. Формообразование оболочек с криволинейной образующей внутренним давлением жидкой и газовой среды. Штамповка эластичной, жидкой, газовой средой и силовым полем. Труды Моск. авиац. ин-та. 1972. Вып. 238. С. 42 – 46.
111. Фролов Е. А. Показатели качества современных технологических систем импульсного формообразования сложно-рельефных деталей. Технологические системы. Киев, 2002. № 6. С. 23 – 26.
112. Фролов Е. А., Петраковский В. С., Мовшович И. Я., Журавлевский А. Ю. Штамповка импульсная ударная листовых деталей сложных форм. Москва: Изд. ЦНИТИ, 1987. 214 с.

113. Фролов Е. А., Манаенков И. В., Тимофеев С. С., Дякова Т. В. Пути повышения качества технологической системы пневмоударной штамповки листовых деталей. Удосконалення будівельних колій та перевантажувальних машин: зб. наук. пр. Укр. держ. академії залізн. трансп. Вып. 88. Харків, 2008. С. 166 – 172.
114. Фролов Е. А. Научные основы пневмоударной штамповки сложнорельефных тонколистовых деталей. Дисс. ... докт. техн. наук., Краматорск, 2003. 370 с.
115. Frolov E. A., Yasko S. G., Kravchenko S. I. Definition of the influence of technological and constructive parameters of technical systems on energy-power characteristics of pneumatic-shock forming. Aerospace technic and technology. 2016. №3 (130). pp. 23 – 29.
116. Зорик В. Я. Системно-структурное моделирование технологии листовой штамповки подвижными средами. Импульсная обработка металлов давлением: сб. науч. тр. Харьк. авиац. ун-та. Харьков, 1997. С. 80 – 83.
117. Мовшович А. Я., Кузнецова Л. Г., Фролов Е. А., Манаенков И. В. Технологические предпосылки получения высокоточных деталей вытяжкой из листа методом пневмоударной штамповки. Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: темат. зб. наук. пр. ДДМА. Краматорськ, 2009. С. 352 – 356.
118. Манаенков И. В. Исследование точности разделительных операций пневмоударной штамповки тонколистовых деталей. Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. НТУ «ХПИ». Вип. 2. Харків, 2009. С. 86 – 89.
119. Мовшович А. Я., Буденный М. М., Манаенков И. В. Распределение погрешностей при выполнении разделительных операций пневмоударной штамповкой. Технологии в машиностроении: сб. науч. тр. Нац. технич. ун-та «ХПИ». Вып. 34. Харьков, 2008. С. 41 – 44.
120. Журавский А. Ю., Петраковский В. С., Юревич С. В. Точность формы и размеров деталей сложной конфигурации при гидроударной штамповке. Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 3. Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2016. С. 70 – 75.

121. Здор Г. Н., Журавский А. Ю., Петраковский В. С. Влияние энергетических параметров ударных прессов на стабильность формы деталей при тонколистовой штамповке. Современные методы и технологии создания и обработки материалов. Сб. мат. межд. научно-техн. конф. Минск: ГНУ "Физико-технический институт НАН Беларуси", 2010. Кн. 3: Технологические процессы обработки материалов давлением. Безопасность и надежность магистральных трубопроводов и сосудов высокого давления. С. 21 – 24.
122. Петровский В. С., Журавский А. Ю. Обеспечение точной геометрии и качества поверхности сверхпроводящих ниобиевых резонаторов.. Современные методы и технологии создания и обработки материалов. Сб. науч. тр. В 3 кн. 2014. Кн. 3: Обработка металлов давлением. Физико-технический институт НАН Беларуси. С. 156 – 162.
123. Falconnet E., Chambert J., Makich H., Monteil G. Prediction of abrasive punch wear in copper alloy thin sheet blanking. *Wear*, 338 (2015), pp. 144–154.
124. Зорик В. Я., Нестеренко В. А., Третьяк В. В. Технологическая модель листовых деталей сложной пространственной формы, изготавливаемых взрывной штамповкой. Обработка материалов давлением импульсными нагрузками: сб. науч. тр. Харьк. авиац. ин-та. Харьков, 1988. С. 25 – 34.
125. Наумович Т. М. Исследование и разработка методик расчета технологических процессов обработки материалов на гидроударных установках: дис. ... канд. техн. наук. Наумович Тамара Митрофановна. Минск, 1981. 135 с.
126. Gromova E. G., Eskina E. V. Research of the parts pressing process using the elastic media pressure. *Key Engineering Materials*. 2016. Vol. 684. pp. 273 – 277.
127. Фролов Е. А., Кравченко С. И., Носенко О. Г., Ясько С. Г. Повышение степени витягування тонколистових деталей при пневмоударній штамповці жидкістю Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. Харків: НТУ «ХПІ», 2014. №5 (1048), С. 105 – 110.

128. Ясько С. Г. О степени влияния конструктивно-технологических факторов на процесс пневмоударной витягивания. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2018. вып. 79., С. 31– 37.
129. Фролов Е. А., Мовшович А. Я. и др. Пневмоударная и статикодинамическая штамповка сложнорельефных листовых деталей упругими средами: монография. Харьков: УкрГАЗТ, Краматорск: ДГМА, 2010. 287 с.
130. Фролов Е. А., Манаенков И. В. Особенности пневмоударной штамповки сложнорельефных деталей. Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Вып. 3(54). Харьков, 2008. С. 101 – 109.
131. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке: справочное издание. 6-е изд., перераб. и доп. Ленинград, Машиностроение, 1979. 520 с.
132. Романовский В. П. Сопротивление срезу при вырубке-пробивке толстолистовых материалов. Вестник машиностроения. 1973. № 7. С. 60 – 62.
133. Комаров А. Д., Киселев В. А., Балычкова Е. М. Влияние технологических факторов на точность и качество деталей, вырезанных эластичной средой. Повышение эффективности кузнечно-штампового производства. Тезисы докладов республиканской конференции. Кишинев, 1977. С. 6–9.
134. Баранов Н. Ф. О механизме разделения металла при резке эластичной средой. Кузнечно-штамповое производство. 1981. № 3. С. 24–26.
135. Тимощенко В. А., Богоев В. С., Разделение листового металла эластичными средами. (ред. Токи А. В.). Кишинев: Штиинца, 1988. 106 с.
136. Кокорин В. Н. Титов Ю. А., Таловеров В. Н., Федорова Л. В. Специальные способы обработки металлов давлением. Ульяновск: УлГТУ, 2006. 36 с.

137. Фролов Е. А., Манаенков И. В., Дякова Т. В. Оценка качественных показателей деталей из листа при операциях пробивки – вырубки эластичной средой на пневмоударном оборудовании. Збірник наукових праць УДАЗТ. Харків: Українська державна академія залізничного транспорту. 2008. Вип. 99. С. 250–256.
138. Анищенко А. С., Кухарь В. В., Присяжный А. Г., Глазко В. В., Ясько С. Г. Исследование упругой деформации эластичных элементов штамповой оснастки. Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 1 (46). ПолтНТУ, 2016. С. 4 – 13.
139. Фролов Е. А., Ясько С. Г., Агарков В. В., Кравченко С. И. Совершенствование процессов разделения листового материала эластичной средой. Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії, № 30(1306), 2018. С 89 – 93.
140. Фролов Е. А., Ясько С. Г., Анализ причин возникновения погрешностей при пневмоударной штамповке деталей эластичными средами и их классификация. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2016. вып. 74. С. 143 – 150.
141. Фролов Е. А. Ясько С. Г., Кравченко С. И. Исследование влияния остаточных напряжений на точность штамповки листовых деталей при разделительных операциях. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Вып. 78. Харьков, 2017. С. 96–101.
142. Манаенков И. В. Резниченко Н. К., Фролов Е. А. Повышение точности и качества рабочих поверхностей деталей методом пневмоударной штамповки. Машиностроение: зб. наук. пр. Укр. інж.-пед. акад. Харків: УПА. 2012. № 9. С. 142 – 147.
143. Ковалев В. Г. Разработка методики определения и конструкторско-технологического обеспечения заданной точности размеров деталей, изготовленных вытяжкой и отбортовкой из листовых заготовок : дис... д.т.н. Ковалев Виктор Григорьевич. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Москва, 1995. – 302 с.

144. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. Москва: Высш. шк., 2003. 479 с.
145. Ясько С. Г. Анализ закономерностей распределения погрешностей размеров деталей при разделительных операциях пневмоударной штамповки эластичной средой. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2018. вып. 80. С. 105 – 110.
146. Frolov E. A., Yasko S. G., Kravchenko S. I., O. H. Nosenko. To the question of manufacturing high-quality perforated detail made of fiberglass by stamping. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2016. Вып. № 71. С. 93 – 99.
147. Фролов Е. А., Ясько С. Г., Кравченко С. И. Исследование разнотолщинности при пневмоударной вытяжке с калибровкой без прижима листовой заготовки Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2017. вып. 77. С. 68 – 71.
148. Фролов Є. А., Ясько С. Г., Мороз Н. Н., Саленко Ю. С. Дослідження впливу зусилля притискання заготовки на якість процесу витягування високошвидкісним штампуванням. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. Харків: НТУ «ХПІ», 2017. №35(1257). С. 68 – 72.
149. Фролов Е. А., Ясько С. Г., Кравченко С. И. Технологические возможности пневмоударной штамповки вытяжкой тонколистовых деталей. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Харьков, 2018. № 81. С. 45–51.
150. Мошин Е. Н. Технология штамповки крупногабаритных деталей Москва: Машиностроение, 1973. 240 с.
151. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва: Наука, 1976. 282 с.

152. Налимов В. В. Теория эксперимента. Москва: Наука, 1997. 207 с.
153. Фролов Е. А., Носенко О. Г., Ясько С. Г., Кравченко С. И. Основные направления совершенствования технологии глубокой вытяжки коррозионностойких хромоникелевых сталей. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ", 2016. вып. 74. С. 137 – 142.
154. Фролов Е. А., Драгобецький В. В. Ясько С. Г. Визначення впливу технологічних чинників на процес інтенсифікації пневмоударного штампування витягуванням і точність штампованих деталей. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Харьков, 2019. №89. С. 109–116.

Наукове видання

**Ясько Станіслав Георгійович
Фролов Євгеній Андрійович
Кухар Володимир Валентинович
Грушко Олександр Володимирович
Віштак Інна Вікторівна**

**ТОЧНІСТЬ ТОНКОЛИСТОВИХ ВИРОБІВ
ПРИ ПНЕВМОУДАРНОМУ ШТАМПУВАННІ
РУХОМИМИ СЕРЕДОВИЩАМИ**

Монографія

Оригінал-макет підготовлено І. Віштак

Підписано до друку 15.09.2022 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Ум. др. арк. 12,01.
Наклад 24 пр. Зам. № В2022-06.

Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114
Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua
email: irvc.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.,
21021, м. Вінниця, вул. Порики, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.