

УДК 621.98.044

Фролов Є. А.
Ясько С. Г.

ОЦІНКА ФАКТОРІВ ВПЛИВУ ВИРОБНИЧИХ ПОХИБОК НА ТОЧНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОПЕРАЦІЯХ ПРОБИВАННЯ-ВИРУБУВАННЯ РУХОМИМИ СЕРЕДОВИЩАМИ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Найважливішим завданням в сучасних умовах є випуск якісних виробів при одночасному скороченні металоємності, енергоємності та трудомісткості виробництва. Особливо це актуально для листоштампувального виробництва при дискретно-нестабільних програмах випуску продукції при номенклатурі, яка часто змінюється.

Цим вимогам повною мірою відповідає пневмоударний метод штампування рухомими середовищами (рідина, поліуретан) [1]. Перевагою цього методу є екологічність, безпечність, широкі технологічні можливості, низькі енергетичні та матеріальні витрати висока універсальність і мобільність.

У той же час реалізація техніко-економічних переваг і позитивних особливостей цього методу при розділових операціях (пробивання-вирубка) перешкоджає невелика кількість наукових досліджень щодо можливості забезпечення необхідної точності. Відомо, що відхилення фактичних параметрів точності штампованих деталей від заданих є наслідком виробничих похибок [2–4]. До основних причин, що викликають виробничі похибки відносяться: похибки обладнання, похибки штампового оснащення [5] і технологічні особливості самого методу штампування [6, 7].

Однак, слід зазначити, що причини виникнення виробничих похибок, їх характер і ступінь впливу в процесі пневмоударного штампування має свою специфіку, пов'язану з особливостями застосовуваної технології (відсутність жорсткого пуансона або матриці і високошвидкісне деформування [8]), при якому різко скорочується частка випадкових похибок, підвищується ступінь їх впливу систематичного характеру, що надалі дозволяє керувати якістю штампування. Через недостатню кількість статистичних досліджень з забезпечення точнісних параметрів штампованих деталей при розділових операціях неможливо оцінити результуючу точність в залежності від комплексного впливу основних технологічних факторів.

Мета роботи – оцінити та визначити ступінь впливу виробничих похибок на параметри точності штампованих деталей методом пневмоударного формоутворення рухомими середовищами при операціях пробивання-вирубку тонколистового матеріалу.

В основу прийнятої методики дослідження покладено статистичний метод, що базується на застосуванні законів математичної статистики і теорії ймовірностей.

Виробничі похибки за своєю суттю є величинами випадковими, підпорядкованими загальним законам теорії ймовірностей і математичної статистики, через що вивчення виробничих похибок слід вести саме статистичними методами аналізу експериментальних даних [9, 10], при цьому передбачаються наступні етапи дослідження: виявлення впливу на точність процесу основних факторів (геометричних розмірів деталей, форми, товщини матеріалу, зношування інструменту (штампа)).

Під час досліджень визначались середні значення величин відхилень розмірів отриманих деталей у вибірках з партій обсягом 50–100 шт. (середні значення вибірки). Розміри відштампованих деталей вимірювалися на інструментальному мікроскопі УІМ-21ПК, величина задирок – мікрометром і оптиметром, що забезпечило точність вимірів 0,2 мкм, відхилення від площини за допомогою індикаторів на плитах для повірки. Як заготовки для дослідження застосовувався листовий матеріал марок: сталь 08кп, сталь 12Х18Н10Т.

Для забезпечення постійно діючих випадкових факторів на розсіювання розмірів деталей вирубування-пробивання проводилось при одному встановленні технологічного оснащення.

Відповідно до викладеної вище методики були проведені експериментальні дослідження з виявлення впливу зношування ріжучого інструменту (матриць і пуансонів) на точнісні характеристики процесу вирубання-пробивання деталей у виробничих виробничих умовах розмірами \varnothing 30, 50, 70, 90 мм.

Матриці і копір-пуанسونи були виготовлені зі сталі У8А з наступною термообробкою до твердості HRC 56–62.

Результати досліджень наведено у табл. 1–3.

Таблиця 1

Відхилення розмірів відштампованих деталей X , мкм

№ виборки	Діаметр деталей, мм									
	30	50	70	90	30	50	90	50	90	
	Сталь 08кп, $S = 2$ мм				Сталь 08кп, $S = 3$ мм			12X18H10T, $S = 1,5$ мм		
1	15	30	37	38	28	37	45	17	29	
2	16	30	39	39	26	38	45	16	27	
3	16	30	38	39	31	38	51	19	30	
4	16	32	39	42	31	38	52	20	31	
5	24	32	45	46	33	39	55	20	31	
6	26	34	44	47	35	39	56	24	30	

Таблиця 2

Величина задирок на відштампованих деталях, мкм

Матеріал	Товщина матеріалу	Кількість відштампованих деталей, тис. шт.					
		1	2	4	6	8	10
		Висота задирок, мкм					
Сталь 12X18H10T	1,5	35	58	90	129	–	–
Сталь 08кп	2	20	38	52	89	116	144
	3	60	78	104	132	164	194

Таблиця 3

Шорсткість поверхні зрізання відштампованих деталей

Матеріал	Товщина	параметр шорсткості, R_a	
		поясок	скол
Сталь 08кп	2	3,2...6,3 (кл. 5-4)	6,3...10,8 (кл. 3-4)
	3	6,3...8,4 (кл. 5-4)	8,4...12,8 (кл. 3-4)
12X18H9T	1,5	0,9...2,3 (кл. 6-7)	1,6...6,3 (кл. 4-6)

Аналіз даних з вищенаведених таблиць показав, що з ростом кількості відштампованих деталей відбувається збільшення відхилень розмірів від їх номінальних значень. Це збільшення пов'язане з зношуванням робочих елементів (копир-пуансонів і матриць).

При цьому розміри копир-пуансонів зменшуються, а розміри матриць збільшуються. Абсолютні ж величини відхилень не залежать від виду операцій, їх величини як при вирубці, так і при пробиванні, практично однакові в кожній з узятих вибірок.

Слід зазначити, що процес пневмоударного штампування при виконанні розділових операцій принципово відрізняється від виготовлення деталей в спеціальних штампах, при якому відхилення розмірів при вирубці збільшуються, а при пробиванні отворів – зменшуються як за спрямованістю, так і за величиною. При виконанні пробивних операцій в спеціальних штампах відхилення розмірів на 20 ... 30 % більше ніж при вирубванні [7].

На рис. 1–2 представлені залежності величини задирок від кількості відштампованих деталей.

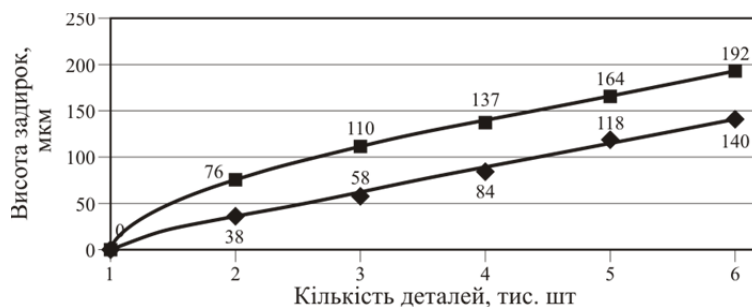


Рис. 1. Висота задирок при штампуванні деталей зі сталі 08кп:
1 – $S = 2,0$ мм; 2 – $S = 3,0$ мм

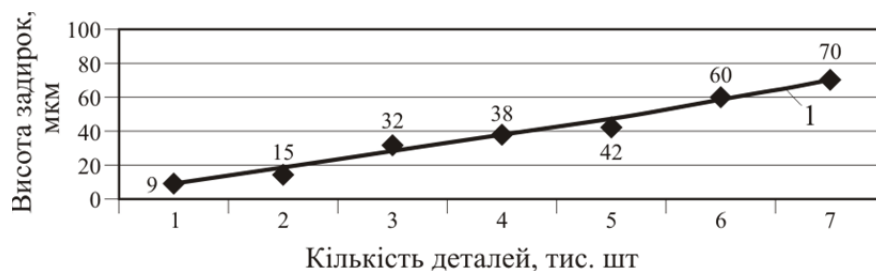


Рис. 2. Висота задирок при штампуванні деталей:
1 – сталь 12Х18Н10Т, $S = 1,5$ мм

При штампуванні партій деталей в межах 10000 шт. ці залежності можна вважати лінійними.

Шорсткість поверхні зрізання відштампованих деталей перебуває для сталі товщиною 2 ... 3 мм в межах 3,2 ... 3,4 (на пояску) і 6,3 ... 12,8 (на відколі) і в кількісному відношенні не залежить від числа відштампованих деталей.

Товщина матеріалу, що штампується істотно впливає на характер і шорсткість поверхні зрізання.

Інші параметри точності, такі як площинність, відхилення від паралельності в процесі пневмоударного штампування не зазнають значних змін і за своєю величиною знаходяться в межах: кут відколу 3...5°, прогин деталі – (0,01 ... 0,04) мм.

Одним з основних факторів, що визначає знос копір-пуансонів в умовах пневмоударного штампування, який має домінуючий вплив на параметри точності деталей, є правильний вибір матеріалу для його виготовлення.

На рис. 3 показана зміна зношування копір-пуансона в залежності від числа відштампованих деталей.

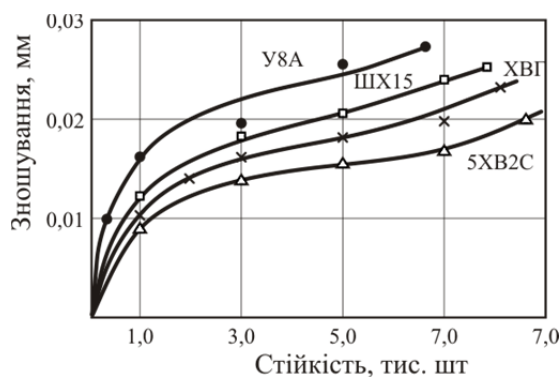


Рис. 3. Зміна зношування копір-пуансона (до перешліфування) в залежності від кількості відштампованих деталей $\varnothing 50$ мм при штампуванні зі сталі 08кп товщиною 3 мм

З рисунка видно, що зношування копір-пуансона при штампуванні деталі діаметром $\varnothing 50$ мм і товщиною $S = 3$ мм зі сталі 08кп при виготовленні його зі сталі 5XB2С вище в порівнянні зі сталлю У8А.

В процесі виконання розділових операцій методом пневмоударного штампування виникають не тільки похибки лінійних розмірів деталей, але і похибки форми, пов'язані з вигином деталей в процесі штампування.

Отримані результати зведені до табл. 4.

Таблиця 4

Вплив товщини металу і геометричних розмірів на вигин деталі при вирубванні

Товщина металу, мм	Вигин деталі, мм				Величина проби, шт.
	$D = 30$ мм	$D = 50$ мм	$D = 70$ мм	$D = 90$ мм	
1,0	0,210	0,30	0,380	0,430	175
1,5	0,095	0,10	0,200	0,240	175
2,0	0,072	0,09	0,092	0,110	175
3,0	0,047	0,06	0,062	0,068	175

Аналіз побудованих за результатами дослідження графіків дозволив встановити, що вирішальний вплив на вигин деталей при роботі без притискання і гострих ріжучих кромок справляє товщина матеріалу і лінійні розміри деталей, що штампуються (рис. 4).

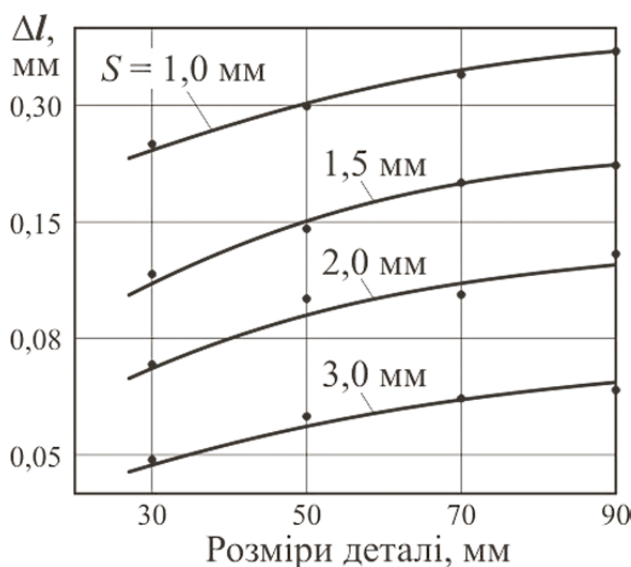


Рис. 4. Вплив товщини матеріалу і геометричних розмірів на вигин деталі при вирубванні

Ці величини пов'язані між собою по відношенню до стріли прогину деталі зворотною залежністю. Зі збільшенням геометричних розмірів, при одній і тій же товщині матеріалу, відхилення від площинності збільшуються і, навпаки, зі збільшенням товщини матеріалу при інших рівних умовах неплоскостність зменшується.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень встановлено, що на параметри точності розділових операцій (пробивання, вирубвання) методом пневмоударного штампування рухомими середовищами домінуючого впливу справляють: зношування робочих елементів штампів, геометричні розміри і товщина матеріалу деталей, міцність і пластичні властивості матеріалу заготовок. Також кількісно визначено ступінь їх впливу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пневмоударная и статикодинамическая штамповка сложнорельефных листовых деталей упругими средами [Текст] : монография / [Фролов Е. А., Мовшович А. Я., Манаенков И. В. и др.]. – Х. : УкрГАЗТ, Краматорск : ДГМА, 2010. – 287 с.
2. Бородачев Л. А. Основные вопросы теории точности производства [Текст] / Л. А. Бородачев. – М. : Издательство АН СССР, 1950. – 416 с.
3. Вада Кадзуо. Точность деталей, полученных вырубкой [Текст] / Вада Кадзуо. – Пурэсу гидзюцу, 1999. – 17. – № 10. – С. 87–92.
4. Кузнецов К. А. Погрешности обработки при вырубке и зачистке [Текст] / К. А. Кузнецов // Известия ВУЗов. Т. VI. Приборостроение. – 1963. – № 6. – С. 142–144.
5. Михаленко Ф. П. Износ режущих кромок при вырубке-пробивке электротехнической стали [Текст] / Ф. П. Михаленко // Кузнечно-штамповочное производство. – 1966. – № 1. – С. 20–23.
6. Михаленко Ф. П. Количественная оценка качества деталей, получаемых при разделительных операциях листовой штамповки [Текст] / Ф. П. Михаленко, Ю. И. Ляпин // Технология производства, научная организация труда и управления. НИИМАШ. – 1971. – Вып. 8. – С. 20–27.
7. Михаленко Ф. П. Об оценке качества деталей при разделительных операциях [Текст] / Ф. П. Михаленко, М. М. Дурандин // Вестник машиностроения. – 1971.
8. Мовшович А. Я. Исследование сопротивления срезу при штамповке листового материала [Текст] / А. Я. Мовшович, В. А. Долгов, Е. И. Заярненко // Технология и организация производства. – 1975. – № 2. – С. 28–30.
9. Чеченов Н. А. Методы исследования процессов обработки металлов давлением / Н. А. Чеченов, А. Б. Кудрин, П. И. Полухин. – М. : Металлургия, 1977. – 312 с.
10. Карманов Ф. И. Статистические методы обработки экспериментальных данных / Ф. И. Карманов, В. А. Острейковский. – Абрис, 2012. – 208 с.

REFERENCES

1. Pnevmoударnaja i statikodinamicheseskaja shtampovka slozhnorel'efnyh listovyh detalej uprugimi sredami [Tekst] : monografija / [Frolov E. A., Movshovich A. Ja., Manaenkov I. V. i dr.]. – H. : UkrGAZHT, Kramatorsk : DGMA, 2010. – 287 s.
2. Borodachev L. A. Osnovnye voprosy teorii tochnosti proizvodstva [Tekst] / L. A. Borodachev. – M. : Izdatel'stvo AN SSSR, 1950. – 416 s.
3. Vada Kadzuo. Tochnost' detalej, poluchennyh vyrubkoj [Tekst] / Vada Kadzuo. – Purjesu gidzjucu, 1999. – 17. – № 10. – S. 87–92.
4. Kuznecov K. A. Pogreshnosti obrabotki pri vyrubke i zachistke [Tekst] / K. A. Kuznecov // Izvestija VUZov. T. VI. Priborostroenie. – 1963. – № 6. – S. 142–144.
5. Mihalenko F. P. Iznos rezhushhih kromok pri vyrubke-probivke jelektrotehnicheskoi stali [Tekst] / F. P. Mihalenko // Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo. – 1966. – № 1. – S. 20–23.
6. Mihalenko F. P. Kolichestvennaja ocenka kachestva detalej, poluchaemyh pri razdelitel'nyh operacijah listovoj shtampovki [Tekst] / F. P. Mihalenko, Ju. I. Ljapin // Tehnologija proizvodstva, nauchnaja organizacija truda i upravlenija. NIIMASH. – 1971. – Vyp. 8. – S. 20–27.
7. Mihalenko F. P. Ob ocenke kachestva detalej pri razdelitel'nyh operacijah [Tekst] / F. P. Mihalenko, M. M. Durandin // Vestnik mashinostroenija. – 1971.
8. Movshovich A. Ja. Issledovanie soprotivleniju srezu pri shtampovke listovogo materiala [Tekst] / A. Ja. Movshovich, V. A. Dolgov, E. I. Zajarnenko // Tehnologija i organizacija proizvodstva. – 1975. – № 2. – S. 28–30.
9. Chechenov N. A. Metody issledovanija procesov obrabotki metalov davleniem / N. A. Chechenov, A. B. Kudrin, P. I. Poluhin. – M. : Metallurgija, 1977. – 312 s.
10. Karmanov F. I. Statisticheskie metody obrabotki jeksperimental'nyh dannyh / F. I. Karmanov, V. A. Ostrejkovskij. – Abris, 2012. – 208 s.

Фролов Е. А. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. ПолтНТУ;

Ясько С. Г. – ст. викл. ПолтНТУ.

ПолтНТУ – Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава.

E-mail: frolov.poltntu@gmail.com; s.g.yasko@gmail.com.

Стаття надійшла до редакції 18.11.2017 р.