

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО**

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ
В ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ
І ЯКОСТІ ФАХОВОЇ ОСВІТИ**

**МАТЕРІАЛИ
Х МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

3 – 7 червня 2019 року



м. Київ – м. Херсон

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

| | | |
|----------------|---------|------------|
| Ільченко М.Ю. | Україна | голова |
| Бардачов Ю.М. | Україна | співголова |
| Бобир М.І. | Україна | співголова |
| Баглюк Г.А. | Україна | співголова |
| Білошенко В.О. | Україна | співголова |
| Ноговіцин О.В. | Україна | співголова |

| | | | |
|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Алієв І.С. | Україна | Михалевич В.М. | Україна |
| Балушок К.Б. | Україна | Мозговий В.Ф. | Україна |
| Бейгельзімер Я.Ю. | Україна | Мозговий О.В. | Україна |
| Биба М.В. | Великобританія | Огородніков В.А. | Україна |
| Гогаєв К.О. | Україна | Орлов Д.В. | Швеція |
| Данильченко Ю.М. | Україна | Петраков Ю.В. | Україна |
| Дия Г. | Польща | Петросян Г.Л. | Вірменія |
| Дмитрієв Д.О. | Україна | Решетов О.В. | Великобританія |
| Добров І.В. | Україна | Розов Ю.Г. | Україна |
| Драгобецький В.В. | Україна | Рудь В.Д. | Україна |
| Кавалла Р. | Німеччина | Савчинський І.Г. | Україна |
| Качан О.Я. | Україна | Савчук П.П. | Україна |
| Кнапинський М. | Польща | Сошко О.І. | Україна |
| Кондратюк Е.В. | Україна | Таріков Г.П. | Білорусь |
| Кривов Г.О. | Україна | Фролов Я.В. | Україна |
| Кулагін Р.Ю. | Німеччина | Чигиринський В.В. | Україна |
| Кухарь В.В. | Україна | Чухліб В.Л. | Україна |
| Лисенко О.М. | Україна | Шалімова Н.Ю. | Україна |
| Матвійчук В.А. | Україна | Штерн М.Б. | Україна |

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

| | |
|------------------|--------------------|
| Тітов В.А. | голова |
| Гожій С.П. | заступник голови |
| Селіверстов І.А. | заступник голови |
| Холявік О.В. | вчений секретар |
| Злочевська Н.К. | технічний секретар |

| | | |
|----------------|------------------|---------------|
| Бойко Ю.П. | Лавріненков А.Д. | Рехта О.С. |
| Борис Р.С. | Лобов О.О. | Русанов С.А. |
| Гараненко Т.Р. | Мельниченко О.М. | Сабол С.Ф. |
| Войтович О.А. | Піманов В.В. | Сохан Д.В. |
| Кліско А.В. | Рачинський В.В. | Сусорова О.А. |
| Тітов А.В. | Ткач В.О. | |

| | |
|--|-----|
| 44. Т.В. Маломуж, В.О. Ткач, О.А. Войтович ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН ЗАСОБАМИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ..... | 120 |
| 45. О.А.Загора, І.А.Селіверстов, С.Р.Селіверстова УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУРНОЇ БАЗИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ СКЛЕРОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОКРИТТІВ..... | 122 |
| 46. І.С. Алієв, В.Л. Калюжний, В.М. Левченко, Л.І. Алієва ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗВОРОТНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ПОРОЖНИСТИХ ВИРОБІВ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ..... | 124 |
| 47. Л.І. Алієва, В.М. Левченко, Х.В. Малій ПОЕТАПНЕ ВИДАВЛЮВАННЯ ПУСТОТІЛИХ ДЕТАЛЕЙ РУХОМИМИ ФОРМОУТВОРЮЮЧИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ | 126 |
| 48. І.С. Алієв, В.М. Левченко, М.Ю. Корденко ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НАПІВМАТРИЦЬ НА ФЕСТОНОУТВОРЕННЯ ПРИ БОКОВОМУ ВИДАВЛЮВАННІ ДЕТАЛЕЙ З ВІДРОСТКАМИ..... | 129 |
| 49. І.С. Алієв, А.Д.Самоглядюв МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОМБІНОВАНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ КОНІЧНИХ ДЕТАЛЕЙ..... | 131 |
| 50. І.С. Алієв, П. Б. Абхарі, О.А. Кузенко ФОРМОУТВОРЕННЯ ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ ЗІ ЗМІННОЮ ТОВЩИНОЮ СТІНКИ В ПРОЦЕСІ КОМБІНОВАНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ... | 134 |
| 51. В. М. Петля, О. С. Бобух, В. В. Андреев МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВОЛОЧІННЯ ДРОТУ У ПП QFORM..... | 137 |
| 52. В.Л. Калюжний, К.К. Таранець ГАРЯЧЕ ВИДАВЛЮВАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ПОРОЖНИСТИХ ВИРОБІВ ІЗ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ..... | 141 |
| 53. Т.Н. Можаровская, В.Н. Можаровский ВЛИЯНИЕ ВИДА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЛЗУЧЕСТИ СТАЛИ 15Х2МФА (Т=550°С) ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ..... | 144 |
| 54. В.В. Кухар, М.М. Нагнібеда ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КУТА ПРУЖИЕНЕННЯ ПРИ БАГАТОПЕРЕХІДНОМУ ГНУТТІ ЛИСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ..... | 147 |
| 55. В.Ю. Клименко, В.Ф. Мозговой, К.Б. Балушок РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРФОРАЦИОННЫХ ОТВЕРСТИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ В ЛОПАТКАХ ГТД..... | 149 |
| 56. В.А. Тітов, А.М. Бенъ ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ДЕФОРМАЦІЇ НА ЯКІСТЬ ТИТАНОВИХ РОБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕСОРА, ОТРИМАНИХ ВИДАВЛЮВАННЯМ..... | 151 |
| 57. М.В. Орлюк, А.Д. Лавріненков, А.А. Шупіченко ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ НАПІВФАБРИКАТУ ГІЛЬЗИ ГРАНАТОМЕТУ ІЗ СПЛАВУ Д16Т..... | 154 |
| 58. Н.К. Злочевська, М.В. Биба, А.Д. Лавріненков, С.В. Ситник, Т.Г. Машталір ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНИХ СХЕМ ДЕФОРМУВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДРІБНОЗЕРНИСТОЇ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛУ | 157 |
| 59. Л.В. Шмельова, А.Д. Супрун, С.М. Єжов ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ НАНОСТРУКТУР, УТВОРЕНИХ ФЕМТОСЕКУНДНИМИ ЛАЗЕРНИМИ ІМПУЛЬСАМИ..... | 159 |

УДК 621.981.1

В.В. Кухар, М.М. Нагнібеда

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КУТА ПРУЖИЕННЯ ПРИ БАГАТОПЕРЕХІДНОМУ ГНУТТІ ЛИСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ

Сталеві армуючі холодногнуті профілі є поширеною продукцією, що випускається підприємствами, які спеціалізуються на обробці металів тиском. Початковим матеріалом для згинання-прокатування є оцинкована холоднокатана сталь з товщиною смуги від 0,65 до 2,0 мм. Питаннями розробки сортаменту спеціальних гнутих профілів і освоєння виробництва постійно приділяється значна увага з причини ефективності їх застосування [1].

Гнутий профіль отримують при деформуванні заготовки у багатовалкових профілезгинальних станах. Проте, зігнуті деталі після зняття навантаження пружно розгинаються і міняють кут вигину, що характеризується ефектом пружинення [2, 3].

До теперішнього часу немає достовірних відомостей про різницю кута пружинення, який виникає при гнутті заготовок до певного кінцевого кута за один або декілька переходів. Неврахування пружинення приводить до невідповідності кінцевих розмірів профілів і дефектоутворенню у між валковому просторі профілезгинальних станів.

Тому тема роботи, що спрямована на забезпечення регламентованих геометричних характеристик холодногнутих профілів з урахуванням пружинення металу при багатоперехідному згинанні, є актуальною.

Метою роботи є експериментальне дослідження ефекту пружинення та залишкових деформацій у металопродукції в процесах багатоперехідного формування профілів на профілезгинальних станах.

Експериментальні дослідження пружинення при згинанні проводили на сталевих (Ст. 3) заготовках довжиною $L = 60$ мм; товщина листової заготовки – $S = 1$ мм, $S = 1,5$ мм, $S = 2$ мм, а також ширина полиці $B = 20$ мм, $B = 40$ мм, $B = 60$ мм. У якості деформуючого інструменту використовували згинальні штампи (рис.1). Схема деформування наведена на рис. 2.



Рис. 1. Згинальні штампи з кутом підгину заготовки на $\alpha = 72^{\circ}45'$, $\alpha = 109^{\circ}30'$, $\alpha = 91^{\circ}30'$

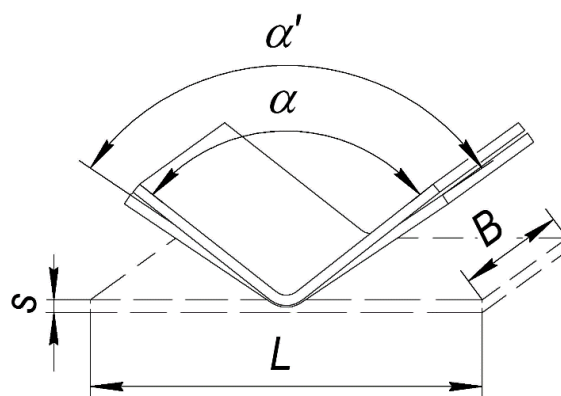


Рис. 2. Схема формування заготовок: L – довжина заготовки, S – товщина заготовки, B – ширина полиці, α – кут підгину штампа, α' – кут після зняття навантаження

Вимірювання виконували після кожної деформації, які проводили дробово, згідно з розробленою методикою. Кожен дослід включав не менше п'яти вимірів. Обробку результатів

цих дослідів проводили на основі загальноприйнятої методики дисперсійного аналізу факторного експерименту відповідно до ДСТУ ГОСТ 8.207:2008 «Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений» [4].

Після обробки експериментальної інформації були побудовані графічні залежності, що характеризують зміну кута пружинення дослідних зразків при гнутті. Приклад типового експериментального графіка наведений на рис. 3.

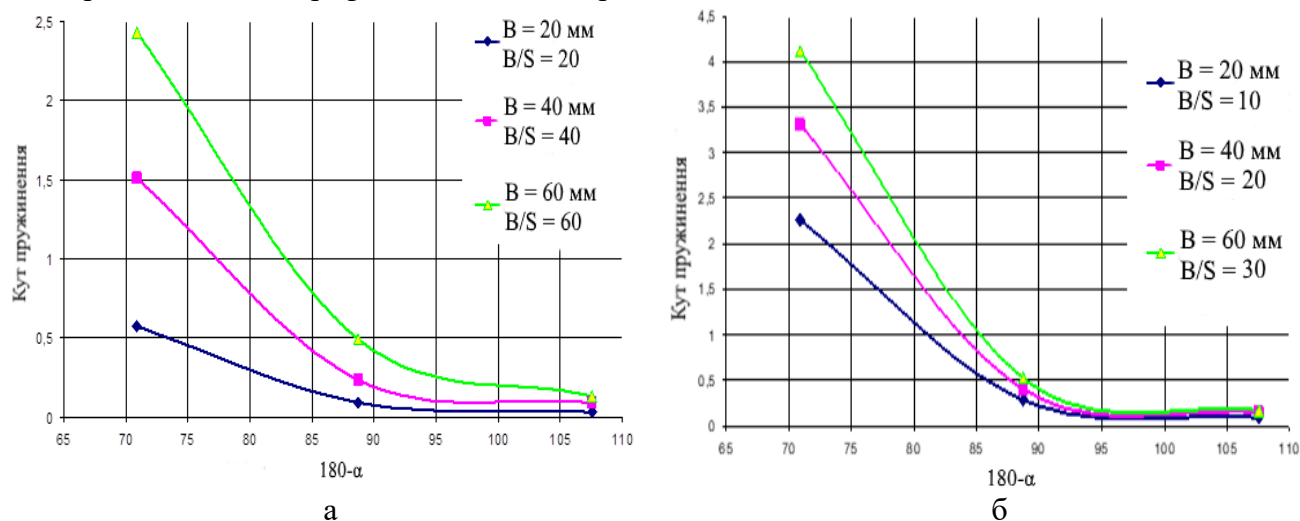


Рис. 3. Залежність зміни кута пружинення від кута згинання при багатоперехідному гнутті:
 а – результати для товщини заготовки $S = 1$ мм,
 б – результати для товщини заготовки $S = 2$ мм

За результатами проведеної роботи можна зробити такі висновки:

1. У результаті виконаного аналізу досліджень на багато валкових станах встановлено, що приймально-здавальні характеристики гнутих профілів суттєво залежать від властивостей їх матеріалу, форми калібрів, при цьому розрахунку та прогнозуванні кінцевої форми гнутого профілю приділяється недостатньо уваги. Встановлено, що для отримання точного розрахунку калібрів необхідно враховувати пружинення на технологічних проходах.

2. Розроблено методику експериментальних досліджень для кута пружинення при багатоперехідному гнутті. Показана доцільність використання методів прямих замірів геометричних розмірів заготовок після згинання на різні кути із врахуванням товщини та ширини заготовки.

3. Після експериментального дослідження та аналізу отриманих графіків можна зробити висновок, що кут пружинення істотно зменшується зі зростанням кількості підгинів, та суттєво залежить від товщини та ширини полиці, що піддається згинанню.

Список використаних джерел

1. Применение гнутых профилей проката: справочник / И. С. Тришевский, Г. В. Донец, М. Е. Докторов и др. – М.: Металлургия, 1975. – 421 с.
2. Banabic D. Sheet Metal Forming Processes, Constitutive Modeling and Numerical Simulation / D. Banabic. – Berlin: Springer-Verlag, 2010. – 318 p
3. Nandanwar P. S. Analysis of spring back defect in right angle bending process in sheet metal forming / P. S. Nandanwar, P.S. Bajaj, P.D. Patil // Pratibha: International Journal of Science, Spirituality, Business and Technology. – Vol. 3, No. 1. – 2014. – P. 18–22.
4. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения: ДСТУ ГОСТ 8.207:2008. – [Чинний від 2008- 10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 8 с. – (Державний стандарт України).

Наукове видання

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ
В ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ
І ЯКОСТІ ФАХОВОЇ ОСВІТИ**

Матеріали
X Міжнародної науково-технічної конференції

За технічною редакцією проф. В.А. Тітова

Художнє оформлення А.Д. Лавріненков

Редактори О.В. Холявік
А.Д. Лавріненков

Комп'ютерна верстка А.Д. Лавріненков