



**Вимірювання фізико-механічних
параметрів речовин**

Прийнято 16.05.2025. Прорецензовано 30.05.2025. Опубліковано 27.06.2025.

УДК 620, 621.7

DOI: 10.31471/1993-9981-2025-1(54)-37-46

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ДЕФЕКТІВ ГНУТИХ ПРОФІЛІВ**Курандо О. І.***

Аспірант

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

61002, вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

<https://orcid.org/0009-0008-6687-3126>e-mail: oleksii.kurando@infiz.khpi.edu.ua**Северін О. Ю.**

Аспірант

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

61002, вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

<https://orcid.org/0009-0008-6942-2355>e-mail: oleksandr.sievierin@infiz.khpi.edu.ua**Плеснецов С. Ю.**

Доктор технічних наук, доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

61002, вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-8428-5426>e-mail: serhii.pliesnetsov@khpi.edu.ua**Плеснецов Ю. О.**

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

61002, вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-4782-263X>e-mail: yurii.pliesnetsov@khpi.edu.ua**Комар А. В.**

ТОВ "СОФТСЕРВ ДАЙНАМІКС"

82482, вул. Франка, 27, м. Моршин, Львівська обл., Україна

<https://orcid.org/0009-0009-1754-0410>e-mail: 0xporky@gmail.com

Запропоноване посилання: Курандо, О., Северін, О., Плеснецов, С. & Плеснецов, Ю. (2025). Аналіз причин виникнення дефектів гнутих профілів. *Методи та прилади контролю якості*, 1(54), 37-46. doi: 10.31471/1993-9981-2025-1(54)-37-46

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Анотація. У статті розглянуто актуальну проблему забезпечення якості гнутих профілів, які широко використовуються у різних галузях промисловості. Проаналізовано основні типи дефектів, що виникають у процесі профілювання, такі як геометричні відхилення, втрата стійкості, пошкодження поверхні, зміни механічних властивостей тощо. Визначено ключові фактори, що спричиняють появу цих дефектів, включаючи неоптимальні режими та схеми формоутворення, нестабільність властивостей матеріалу та неточності налаштування обладнання. Особливу увагу приділено огляду сучасних наукових досліджень та розробок, спрямованих на вирішення проблем дефектоутворення та підвищення точності процесу профілювання. Розглянуто підходи, що базуються на впровадженні систем моніторингу параметрів процесу та якості готової продукції, оптимізації технологічних режимів, а також застосуванні інтелектуальних систем управління на основі машинного навчання та цифрових двійників. Особливий акцент зроблено на застосуванні методів штучного інтелекту та машинного навчання для прогнозування поведінки матеріалу в процесі прокатки, оптимізації технологічних параметрів та мінімізації дефектів. Детально розглянуто приклади використання нейронних мереж різних архітектур (зокрема згорткових та рекурентних) для точного передбачення кінцевої геометрії профілю та величини пружного повернення. Проаналізовано можливості застосування еволюційних алгоритмів (таких як Bat Algorithm) у поєднанні з регресійним аналізом (наприклад, Support Vector Regression) для оптимізації режимів прокатки з метою досягнення мінімального пружного повернення та максимальної відповідності заданим розмірам. Результати проведеного аналізу підкреслюють значний потенціал використання сучасних інформаційних технологій для покращення якості гнутих профілів, підвищення ефективності виробництва та зменшення відсотка браку.

Ключові слова: неруйнівний контроль, вимірювання, дефектоскопія, дефекти, валкове формоутворення, профілювання, нейронні мережі, властивості матеріалів.

Вступ

При проєктуванні конструкцій з використанням гнутих профілів керуються створенням раціональних форм поперечного перетину з точки зору функціональності конструкцій та технологічності їх монтажу, забезпеченням експлуатаційних якостей, а також фактором економічної доцільності виготовлення [1]. З технологічної точки зору для створення технології виготовлення гнутого профілю важливими є наступні вихідні дані: форма профілю; параметри поперечного перетину; матеріал; вимоги до якості профілю. Режим формування характеризується кутами підгинання профілю за прохід, радіусами кривизни місць згинання заготовки, що профілюється.

Вибір схеми формоутворення (перехідних форм профілю) необхідно проводити таким чином, щоб процес переходу однієї форми перетину профілю до іншої проходив без перетікання матеріалу через місця згинання. Неприпустимими також є знакозмінні підгинання (підгинання та подальше розгинання), які викликають появу надломів, вм'ятин та інших дефектів. Основні схеми профілювання поділяються на наступні групи:

- послідовне калібрування валків (підгинання елементів профілю здійснюється від осі профілю з подальшим формуванням периферійних елементів);

- послідовне калібрування валків, при якому підгинання елементів профілю починається з крайових ділянок, з подальшим формуванням серединних ділянок;

- паралельне калібрування валків, при якому формоутворенню піддаються всі елементи перетину профілю одночасно; комбіноване калібрування валків, при якому профілювання починається одночасним формуванням всіх або деяких ділянок заготовки, з подальшим деформуванням окремо кожної ділянки;

- калібрування валків з осадженням хвилеподібної заготовки.

Метою роботи є аналіз існуючих формалізованих підходів до визначення оптимальної кількості переходів при розробці схем профілювання. Перевагами гнутих профілів є: практично необмежений набір поперечних перетинів, що отримуються; висока продуктивність технологічного процесу профілювання; можливість деформаційного зміцнення металу, що обумовлено особливостями процесу профілювання. До задач дослідження входять аналіз причин виникнення найбільш поширених дефектів гнутих профілів та заходи щодо недопущення їх виникнення.

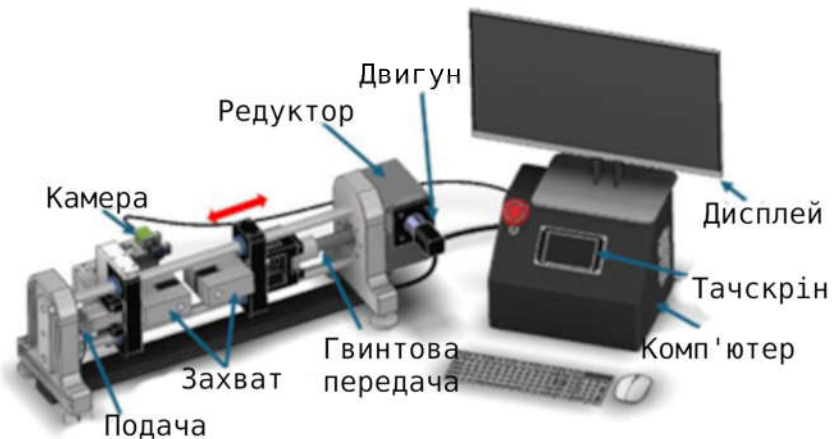


Рисунок 1 – Схема пристрою для моніторингу властивостей матеріалу [2]

Існуючі дослідження, спрямовані на моделювання, дослідження дефектоутворення та неруйнівного контролю гнутих профілів прокату

У статті [2] автори вивчають задачу контролю вихідної форми гнутих профілів. Як відмічають автори, «Процеси валкового формоутворення зазвичай вимагають обмежених дій оператора, якщо вхідний матеріал залишається стабільним. Якщо параметри матеріалу змінюються між котушками, форма частини може змінитися. У цьому випадку необхідно вручну налаштувати інструмент, щоб повернути якість продукту до специфікації. У більшості процесів формувальних валків параметри вхідного матеріалу не контролюються, і це заважає розвитку фундаментального розуміння причин дефектів формоутворення. Автори пропонують вхідну частину профілезгинального стану (перша кліть) оснастити пересувним інформаційно-вимірювальним комплексом для постійного відстеження параметрів матеріалу стрічки, а останні кліті доповнити сканером форми, який би безперервно фіксував фінальну форму профілю.

Запропонована авторами схема інформаційно-вимірювального пристрою наведена на рис. 1.

Автори зазначають, що запропонований метод дозволяє ефективно відслідковувати вигин, відхилення від прямолінійності, скручування та різні випадки недоформування, у тому числі внаслідок пружиніння.

У роботі [3] авторами досліджується механізм формування поверхні в процесах формування гнучкої прокатки з чотирма валками, вирішуються проблеми низької ефективності та значних залишкових напруг, особливо при роботі з легкими високоміцними матеріалами, такими як алюмінієвий сплав LY12. Дослідження аналізує формування листів, спочатку вивчаючи зміну радіуса кривизни при різних методах згинання (окремо та комбіновано бічними й гнучкими валками). Потім експериментально прокатано листи з алюмінієвого сплаву LY12 на чотиривалковій установці. Створена числова модель для симуляції напруги, деформації та температури, що дозволило оптимізувати параметри процесу. Також досліджено рівномірність прокатки LY12 різної твердості та товщини. Результати показали, що оптимізація покращила точність формування на 14,95% і знизила залишкову напругу на 30,52%, підвищивши якість та ефективність. Дослідження поглиблює розуміння чотиривалкової гнучкої прокатки та пропонує практичні рекомендації для застосування алюмінієвого сплаву LY12 у виробництві.

У статті [4] розглядається проблема цифровізації традиційного виробництва в умовах розвитку метавсесвіту та інтелектуального виробництва. Процес профілювання валками, ефективний метод формування листового металу, значною мірою залежить від досвіду інженерів. У статті представлено розроблену Китаєм

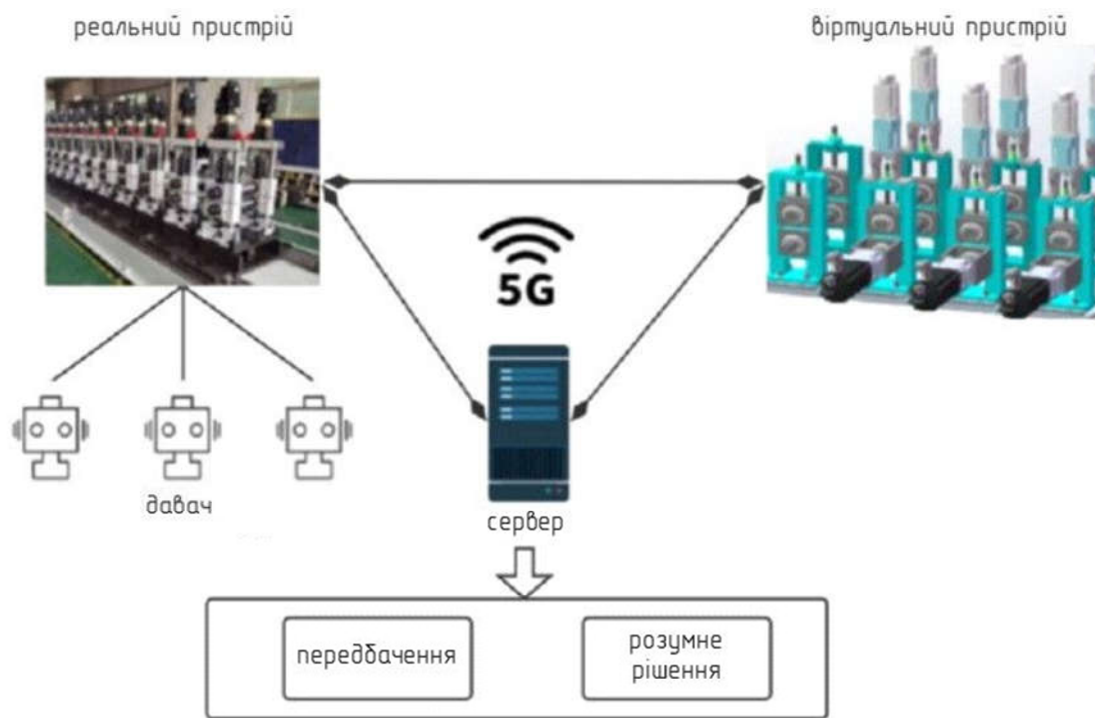


Рисунок 2 – Схема організації інтелектуального прокатного стану із віртуалізованою репрезентацією [4]

інтелектуальну, гнучку та само налагоджувальну профілювальну машину. Машина оснащена рухомими блоками з кроковими двигунами та вдосконаленою системою керування, а також високопродуктивним алгоритмом штучного інтелекту, навченим за допомогою машинного навчання. Цей алгоритм використовується для прогнозування та контролю процесу формування з метою отримання високоякісної продукції. Завдяки збору великих обсягів даних та інтегрованим датчикам покращується розуміння процесу, що є основою для розробки самооптимізуючих профілювальних машин (рис. 2), підвищуючи продуктивність, якість та передбачуваність процесу. Застосування цифрового двійника та машинного навчання використовується для прогнозування та зменшення пружного повернення матеріалу. У статті також представлені перші успішно виготовлені деталі з високоміцної сталі за допомогою цієї нової концепції формування.

Істотна увага приділяється розробкам та дослідженням, спрямованим на інтеграцію машинного навчання до технологічних процесів металообробки, вимірювання та оцінки якості.

Так, у статті [5] пропонується підхід для допомоги операторам у процесі профілювання валками. Дослідження підтверджує необхідність та готовність галузі профілювання використовувати дані процесу та системи допомоги на основі машинного навчання для менш досвідчених операторів.

Авторами запропоновано нову систему, яка характеризує поведінку процесу на основі зібраних даних. Для підтримки операторів під час налаштування та контролю складних виробничих процесів аналізуються кореляції між налаштуваннями інструменту та даними процесу за допомогою машинного навчання. Пропозиції щодо налаштування надаються оператору безпосередньо для впровадження, а система зворотного зв'язку враховує результати. Функціональність розробленої системи допомоги оператору на основі машинного навчання кількісно оцінено на прикладі процесу профілювання валками. Система визначає некоректні налаштування зазорів інструменту, спричинені індивідуальною механічною поведінкою навантаження, та пропонує коригувальні дії операторам.

У статті [6] розглядається складність точного прогнозування кінцевого радіуса кривизни при динамічному профілюванні валками через нелінійний взаємозв'язок параметрів тиску в часі. Для вирішення цієї проблеми запропоновано гібридну нейронну мережу CNN-TCN-TPA (рис. 3). Мультимасштабна згорткова нейромережа (CNN) відзначає приховані особливості процесу в різних часових масштабах. Часова згорткова нейромережа (TCN) аналізує часові залежності до та після формування. Механізм часової уваги визначає вплив різних історичних моментів на кінцевий результат. Розроблена модель CNN-TCN-TPA демонструє вищу точність прогнозування радіуса кривизни порівняно з традиційними нейронними мережами та їхніми модифікаціями, досягаючи середньоквадратичної похибки 5971.65.

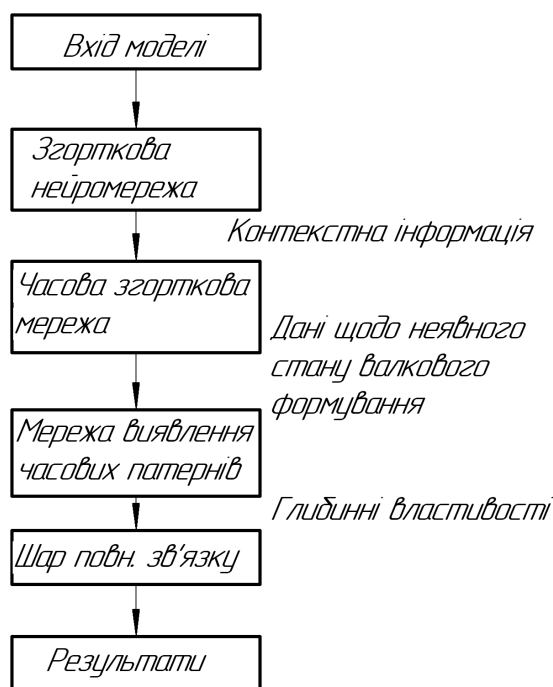


Рисунок 3 – Предиктивний нейромережевий алгоритм взаємодії з оператором профілезгинального стану [6]

У статті [7] розглядається проблема пружиніння (непластичної складової деформації металовиробу) як важливого фактора, що впливає на якість профілювання. Запропоновано метод зменшення пружного повернення на основі Support Vector Regression (SVR) та Bat Algorithm (BA). Спочатку, на основі експериментів з

профілювання, модель SVR, оптимізована алгоритмом SAPSO, використовується для прогнозування пружного повернення та дослідження впливу параметрів формування (механічні властивості матеріалу, геометрія листа, параметри процесу). Потім, за допомогою Bat Algorithm з використанням Lévy flight disturbance, оптимізуються параметри процесу, де прогнозоване пружне повернення є цільовою функцією. Експериментальні результати показали зменшення пружного повернення на 94.47% після оптимізації параметрів, що підтверджує ефективність запропонованого методу контролю пружного повернення.

Результати дослідження

Як показано у [8], попередження виникнення дефектів є істотним фактором у забезпеченні ефективності виробництва та виконання нових технологічних робіт, здешевлення задач контролю та зниження навантаження на відділи контролю якості.

Витрати, спричинені відбракуванням виробів, вимагають ретельного аналізу причин їх виникнення. Дефекти гнутих профілів, що стосуються форми та механічних властивостей, зазвичай є результатом порушень режимів і схем формоутворення. Ці дефекти включають (рис. 4, 5, 6):

1) відхилення геометрії в осьовому напрямку:

- вигин (у вертикальному та горизонтальному напрямках);
- скручування;

- відхилення радіусів місць згинання;

2) дефекти поперечного перерізу:

- відхилення лінійних розмірів (висота, ширина);

- пружинення підігнутих елементів

3) втрата стійкості елементів профілю:

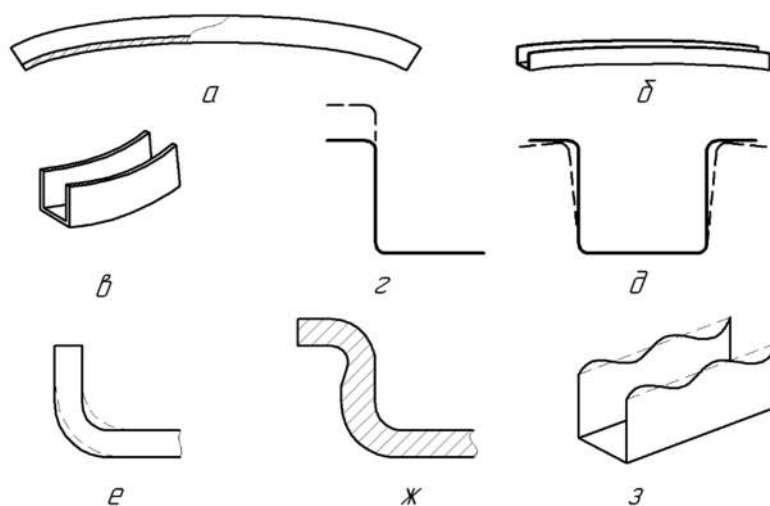
- хвилястість;

- зминання полиць;

- зморшки на внутрішній поверхні згинів;

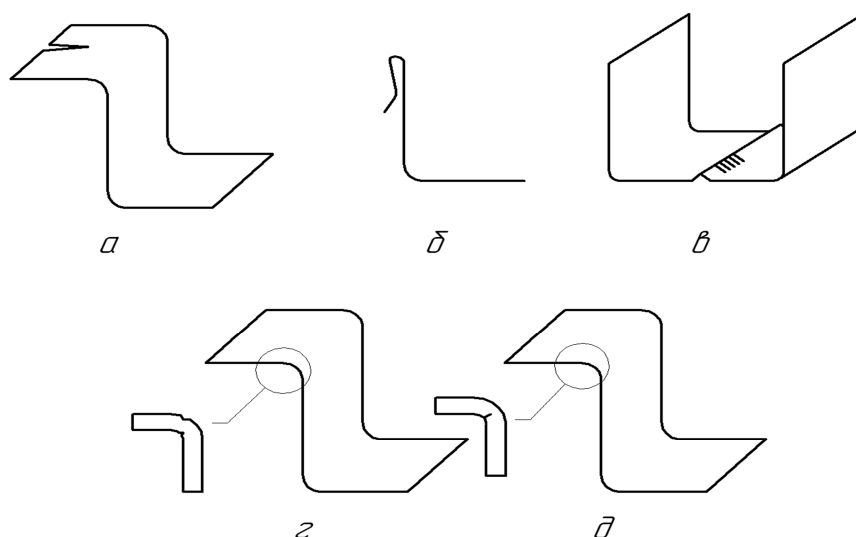
- дефекти поверхні та руйнування елементів.

4) зміна механічних властивостей (контрольована/неконтрольована).



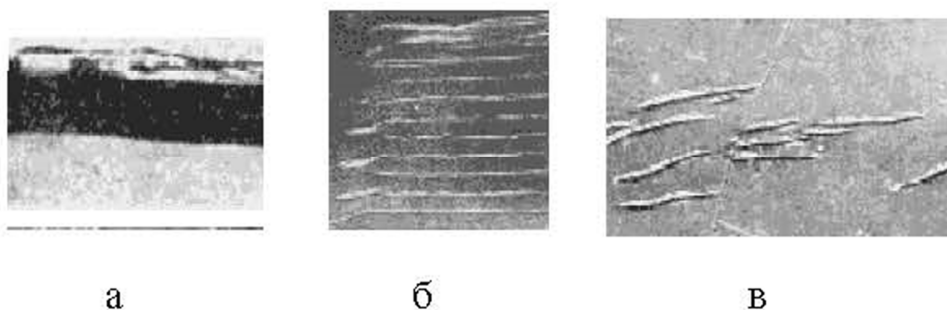
а – поздовжня кривизна, б – шаблеподібність, в – скручування, г – недоформування за висотою, д – пружинення, е – відхилення по радіусу, ж – різнотовищинність, з – кромкова хвилястість

Рисунок 4 – Дефекти гнутих профілів



а – злам полиці, б – зминання, в – дрібні складки, г – руйнування зовнішнього контуру, д – затискачі

Рисунок 5 – Дефекти гнутих профілів



а – задири, б – подряпини, в – відшарування покриття

Рисунок 6 – Дефекти гнутих профілів

Розглянемо окремо причини утворення окремих дефектів при профілюванні:

1) прогин у вертикальній площині (поздовжній прогин) може виникати через:

- неправильний вибір діаметрів формуючих валків;
- невірне положення осі профілювання у вертикальній площині;
- нерівномірний зазор між валками;
- відхилення ширини вихідної заготовки;
- неправильне налаштування правильного блоку валків;

2) поздовжній прогин спостерігається майже на всіх типорозмірах профілів і пов'язаний з різницею поздовжніх деформацій полиць та стінки профілю, спричиненою порушеннями режимів формоутворення;

3) прогин у горизонтальній площині (шаблевидність); причини шаблевидності включають:

- неправильне положення осі профілювання у горизонтальній площині;
- нерівномірний зазор роликового калібру;
- бічне зміщення заготовки на попередніх переходах;
- шаблеподібність вихідної заготовки (більше 3 мм/м);
- схема формоутворення несиметричного профілю;
- неправильне налаштування.

Цей дефект рідко виникає при формуванні симетричних профілів за умови використання відповідних схем і режимів виробництва.

Скручування профілю може відбуватися через помилки у виборі схем формоутворення, зміщення осі профілювання, нерівномірності зазору в роликових калібрах, відхилення параметрів заготовки (її шаблевидності, різновиточності або з використанням закритих роликових калібрів), неправильного налаштування правильного блоку.

Скручування — поширений дефект, та найчастіше вражає несиметричні профілі. Зазвичай його можна усунути шляхом відповідного налаштування правильного пристрою. Варто зазначити, що усунення скручування рідше призводить до втрати

стійкості периферійних елементів профілю, ніж запобігання поздовжньому прогину профілю за допомогою того ж пристрою.

Причиною скручування є незбалансованість деформаційних характеристик полиць, що підгинаються. Щоб запобігти цьому дефекту, можна:

- підгинати полиці на різні кути.
- комбінувати підгинання та розгинання вужчої полиці.
- повертати перетин профілю відносно осі профілювання.

Відхилення розмірів перетину профілю від номінальних розмірів проявляється у:

- недоформуванні профілю по висоті;
- відхиленнях по ширині відборткування;
- пружиненні та ін.

Недоформування профілю по висоті пов'язане із заниженою шириною заготовки, нерівномірним зазором або розкриттям роликового калібру.

Дефекти, пов'язані з руйнуванням гнутих профілів. Тріщини (руйнування зовнішнього контуру) виникають у місцях вигину на зовнішній поверхні і найчастіше призводять до остаточного відбракування прокату. До причин тріщиноутворення можна віднести наступне:

- недостатня пластичність металу та дефекти його мікроструктури;
- малі радіуси вигину під час профілювання;
- наявність рисок або глибоких подряпин, що збігаються із зовнішньою поверхнею зони вигину.

Тріщини найчастіше виникають під час профілювання заготовок із важкодеформованих матеріалів.

Затискачі проявляються як потовщення на внутрішньому контурі в місцях згинання. Здебільшого вони є наслідком нерівномірної деформації штаби в поперечному напрямку.

До поверхневих та приповерхневих дефектів гнутих профілів відносять задири, подряпини та руйнування покриття (рис. 6).

Задири та подряпини на профілях можуть виникати з кількох причин:

- жорсткі схеми формоутворення: коли контактні напруження надто високі;
- незадовільна якість поверхні формуючих валків: нерівності або дефекти на валках можуть переноситися на виріб;
- нерівномірний зазор у калібрі: призводить до нерівномірного тиску та тертя;
- надмірна ширина заготовки: особливо при виробництві профілів у закритих калібрах, це може спричинити надмірне тертя.

При виготовленні тонкостінних гнутих профілів без покриття проблеми, пов'язані з такими поверхневими дефектами, зазвичай не виникають.

Нерівномірне деформаційне зміцнення є ще одним дефектом, який пов'язаний зі зміною механічних властивостей матеріалу заготовки. Це явище зазвичай супроводжується зниженням пластичності окремих ділянок уздовж профіля і найчастіше виникає у наслідок:

- нерівномірного стиснення країв: різне обтискання бічних частин смуги;
- неоднакова товщина заготовки: якщо вихідний матеріал має різну товщину по площі;
- нерівномірний нагрів: нерівномірний розподіл тепла по ширині заготовки, наприклад, у наслідок дії сил тертя;
- крупнозернистість: дефект виникає, коли заготовка нагрівається вище певних температур і тривалий час перебуває під їхнім впливом, що призводить до зростання розміру зерен у металі, або якщо метал ще на етапі поставки мав занадто велике зерно і не пройшов необхідну термообробку (рис. 7).



Рисунок 7 – Крупнозерниста структура металу

Різнотовщинність — це зміна товщини профілю, спричинена нестабільними умовами профілювання. При гарячій прокатці це найчастіше відбувається через значні перепади температур по довжині прокату. Натомість при холодній прокатці причиною може бути коливання зазору між валками або зміна сил прокатки.

Крім того, різнотовщинність може виникнути через незадовільну якість самих профілюючих валків.

Втрата стійкості елементів готового профілю регламентується відповідними нормативними документами і є причиною недопущення скорочення числа переходів.

Лінії Чернова-Людерса являють собою сліди площин ковзання, що виходять на поверхні деформованої заготовки, які:

- псують зовнішній вигляд профілів;
- зменшують точність розмірів профілів, що призводять до браку.

Кромкова хвилястість — це дефект неплоскостності, що проявляється як чергування гребенів і западин і виникає через нерівномірне витягування металу як по довжині, так і по ширині смуги або листа. Цей вид дефекту є найбільш поширеним при виробництві тонкостінних профілів з широкими полками.

Якщо підігнуті полки (полиці) мають високу жорсткість, може виникнути не тільки кромкова хвилястість, а й злам полки. Злами полки утворюються внаслідок локальної пластичної деформації, спричиненої різкими перегинами. Важливо зазначити, що злам полки є невинним браком профілю.

Зминання можна віднести до браку профілю. Найчастіше воно виникає при контакті заготовки із буртом ролика. Причинами дрібних складок на внутрішній поверхні є:

- несприятливе поєднання силових факторів;
 - нерівномірний зазор валкового калібру;
 - контакт заготовки із буртом валка.
- Причиною дрібних складок на внутрішній поверхні є:
- несприятливе поєднання силових факторів;
 - нерівномірний зазор роликового калібру.

Висновки

1. На основі аналізу літературних джерел виявлено сучасні тенденції у вирішенні проблем якості гнутих профілів. Значна увага приділяється розробці інтелектуальних систем контролю та управління процесом профілювання з використанням машинного навчання та цифрових технологій. Запропоновані підходи включають: моніторинг вхідних параметрів матеріалу та кінцевої форми профілю для оперативного виявлення та усунення дефектів, оптимізацію режимів гнучкої чотиривалкової прокатки для підвищення точності формування та зниження залишкових напружень, створення інтелектуальних самоналагоджувальних профілювальних машин на основі штучного інтелекту та цифрових двійників для прогнозування та контролю процесу, зокрема пружного повернення, розробку систем допомоги оператору на базі машинного навчання для виявлення та усунення некоректних налаштувань обладнання, застосування гібридних нейронних мереж для точного прогнозування радіуса кривизни при динамічному профілюванні та мінімізації пружинення шляхом оптимі-

зації параметрів процесу. Результати аналізу свідчать про перспективність використання сучасних інформаційних технологій та методів штучного інтелекту для значного підвищення якості та ефективності виробництва гнутих профілів.

2. Проведено аналіз основних дефектів, що виникають при профілюванні гнутих профілів, та факторів, які їх спричиняють. Розглянуто такі дефекти, як відхилення геометрії (поздовжній прогин, шаблевидність, скручування, недоформування, пружинення, відхилення радіусів), втрата стійкості елементів (хвилястість, злам, зминання), дефекти поверхні (задири, подряпини, руйнування покриття), зміна механічних властивостей (нерівномірне зміцнення, крупнозернистість), різновтовщинність та лінії Чернова-Людерса.

Подяки

Відсутні.

Конфлікт інтересів

Відсутній.

Список використаних джерел / References

1. Pliesnetsov Yu. O., Makovei V. O. Kovalsko-shtampuvalne obladnannia. Mekhanichni presy : navch. posibnyk (Forging Equipment. Mechanical Presses: textbook). Nats. tekhn. un-t "Kharkiv. politekhn. in-t", Nats. tekhn. un-t Ukrainy "Kyiv. politekhn. in-t". – Kharkiv : NTU "KhPI". 2014. 236 p. [in Ukrainian]URL:<https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/11095>
2. Essa Abdelrahman, Decker Marcus Padharia Harshil, Weiss Matthias. Inline monitoring of material properties and product shape in roll forming. MATEC Web of Conferences. 2025. Vol. 408. 01021. doi: [10.1051/mateconf/202540801021](https://doi.org/10.1051/mateconf/202540801021)
3. Chen Peng, Lu Shihong. Surface Forming Mechanism and Numerical Simulation Study in Four-Roll Flexible Rolling Forming. *Heliyon*. 2024. Vol.10. Issue 23. doi: [10.1016/j.heliyon.2024.e40166](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40166)
4. Ren Yinwang, Dong J, Sun Y, Sedlmaier Albert, Guo Q, Zhang D, Yang J. Digitization of roll forming and its application. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2022. 1270. 012010. doi: [10.1088/1757-899X/1270/1/012010](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1270/1/012010)
5. Hofmann Johannes, Becker Marco, Kubik Christian, Groche Peter. Machine learning based operator assistance in roll forming. *Production Engineering*. 2024. Vol.19. P. 283-294. doi: [10.1007/s11740-024-01311-0](https://doi.org/10.1007/s11740-024-01311-0)
6. Huang Guoyan, Zhang Yafeng, Wu Tong, Shi Peng, Wan Menghang. Roll bending forming curvature radius prediction based on the CNN-TCN-TPA neural network model. *International Journal of Material Forming*. 2025. Vol. 18. No 34. doi: [10.1007/s12289-025-01899-3](https://doi.org/10.1007/s12289-025-01899-3)
7. Shiyi Cu, Sun Yong, Wu Kang. Machine learning methods for springback control in roll forming. *International Journal of Material Forming*. 2024. Vol. 18. No 7. doi: [10.1007/s12289-024-01872-6](https://doi.org/10.1007/s12289-024-01872-6)
8. Курандо, О. І., Плєснецов, Ю. О., & Плєснецов, С. Ю. (2024). Прогнозування виникнення дефектів гнутих профілів. Методи та прилади контролю якості, (2(53), 16–22. doi: [10.31471/1993-9981-2024-2\(53\)-16-22](https://doi.org/10.31471/1993-9981-2024-2(53)-16-22)

ANALYSIS OF THE CAUSES OF DEFECTS IN ROLL-FORMED SHAPES

Kurando O. I.

Postgraduate student

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

61002, 2 Kyrpychova St., Kharkiv, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0008-6687-3126>

e-mail: oleksii.kurando@infiz.khpi.edu.ua

Sievierin O. Yu.

Postgraduate student

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

61002, 2 Kyrpychova St., Kharkiv, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0008-6942-2355>

e-mail: oleksandr.sievierin@infiz.khpi.edu.ua

Plesnetsov S. Yu.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

61002, 2 Kyrpychova St., Kharkiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-8428-5426>

e-mail: serhii.pliesnetsov@khpi.edu.ua

Pliesnetsov Yu. O.

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

61002, 2 Kyrpychova St., Kharkiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4782-263X>

e-mail: yurii.pliesnetsov@khpi.edu.ua

Komar A. V.

SOFTSERVE DYNAMICS LLC

82482, 27 Franko St., Morshyn, Lviv region, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0009-1754-0410>

e-mail: Oxporky@gmail.com

Abstract. The article considers the current problem of ensuring the quality of bent profiles, which are widely used in various industries. The main types of defects that arise in the profiling process are analyzed, such as geometric deviations, loss of stability, surface damage, changes in mechanical properties, etc. The key factors that cause the appearance of these defects are identified, including suboptimal modes and shaping schemes, instability of material properties, and inaccuracies in equipment settings. Special attention is paid to a review of modern scientific research and development aimed at solving the problems of defect formation and increasing the accuracy of the profiling process. Approaches based on the implementation of monitoring systems for process parameters and finished product quality, optimization of technological modes, and the use of intelligent control systems based on machine learning and digital twins are considered. Special emphasis is placed on the application of artificial intelligence and machine learning methods to predict the behavior of the material during the rolling process, optimization of technological parameters, and minimization of defects. Examples of the use of neural networks of various architectures (in particular convolutional and recurrent) for accurate prediction of the final profile geometry and the amount of elastic return are considered in detail. The possibilities of using evolutionary algorithms (such as Bat Algorithm) in combination with regression analysis (for example, Support Vector Regression) to optimize rolling modes in order to achieve minimal elastic return and maximum compliance with the specified dimensions are analyzed. The results of the analysis emphasize the significant potential of using modern information technologies to improve the quality of bent profiles, increase production efficiency and reduce the percentage of defects.

Keywords: non-destructive testing, measurement, defectoscopy, defects, roll forming, profiling, neural networks, material properties.