ISSN: 2476-6909; Modares Mechanical Engineering. 2023;23(08):449-454

Numerical and Experimental Investigation of Twisting Defect of Symmetrical Channel Section with Asymmetrical Holes Formed by Cold Roll Forming

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.8.1.7]

[DOI: 10.22034/mme.23.8.449]

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Yousefian H.[1],
Moslemi Naeini H.[1*],
Dadgar Asl Y.[2],
Talebi Ghadikolaee H.[3],
Heydari MM.[1],

How to cite this article
Yousefian H, Moslemi Naeini H, Dadgar Asl Y, Talebi Ghadikolaee H, Heydari MM . Numerical and Experimental Investigation of Twisting Defect of Symmetrical Channel Section with Asymmetrical Holes Formed by Cold Roll Forming. Modares Mechanical Engineering; 2023;23(08):449-454.

ABSTRACT

The roll forming of an asymmetrical channel section is associated with a twisting defect, but this defect also occurs in a symmetrical section whose holes are asymmetrical. Therefore, first, a finite element model was presented to investigate the process. By designing the full factorial method, the important factors affecting the twisting defect and the effect of each during the cold roll forming process have been investigated. In the end, it was concluded that the thickness of the sheet and the diameter of the holes are the most important factors affecting the twisting defect. It was concluded that the greater the difference in the diameter of the holes on both sides of the channel, the higher the amount of twisting defect. For the forming angle of 45 degrees, by increasing the thickness of the sheet from 2 mm to 3 mm, the twist angle of the piece increased from 1.5 degrees to 2.5 degrees. According to the behavior of the metal, a series of experimental tests were designed and the effect of the hole diameter factor on this defect was determined. Appropriate matching of experimental and numerical results indicates reliable and verifiable numerical results.

Keywords Roll Forming, Twist, Holes Channel Section

CITATION LINKS

1- Roll forming handbook. 2- The prediction of deformation length in cold roll-forming. 3- Cold-roll forming of small-diameter pipes with pre-notches. 4- Effect of coil set on shape defects in roll forming steel strip. 5- A strategy to reduce the twist defect in roll-formed asymmetrical-channel sections. 6- Experimental study of bowing defects in pre-notched channel section products in the cold roll forming process.

[1] Department of Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[2] Department of Mechanical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
[3] Department of Mechanical Engineering-Manufacturing and Production, Kashan University, Kashan, Iran

Correspondence
Address: Faculty of Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, IR Iran.

moslemi@modares.ac.ir

Article History
Received: March 13, 2023
Accepted: June 15, 2023
ePublished: October 5, 2023

Copyright© 2020, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

بررسی عددی و تجربی عیب پیچش در فرآیند شکل‌دهی غلتکی سرد مقطع کانالی متقارن با سوراخ‌های نامتقارن

حسین یوسفیان[۱] ، حسن مسلمی نائینی[۲*] ، یعقوب دادگر اصل[۳] ، حسین طالبی قادیکلایی[۴]، محمدمهدی حیدری[۵]

[۱] گروه مهندسی ساخت و تولید، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[۲] گروه مهندسی ساخت و تولید، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[۳] گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه فني و حرفه‌اي، تهران، ایران

[۴] گروه مهندسی مهندسی مکانیک، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

[۵] گروه مهندسی ساخت و تولید، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

شکل‌دهی مقطع کانالی نامتقارن با عیب پیچش همراه است؛ اما این عیب در مقطع متقارنی که سوراخ‌های آن به صورت نامتقارن باشد نیز ایجاد می‌شود. در این مقاله، عیب پیچش در فرایند شکل‌دهی غلتکی سرد مقطع کانالی متقارن سوراخ‌دار به صورت عددی و تجربی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، ابتدا یک مدل اجزای محدود جهت بررسی فرایند شکل‌دهی غلتکی سرد مقطع کانالی متقارن با سوراخ‌های نامتقارن ارائه گردید. به وسیله طراحی آزمایش به روش فاکتوریل کامل، عوامل موثر بر عیب پیچش و تاثیر هر کدام حین انجام فرایند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج عددي نشان داد که ضخامت ورق و قطر سوراخ‌ها مهم‌ترین عوامل موثر در عیب پیچش می‌باشند. هرچه تفاوت قطر سوراخ‌ها در دو طرف کانال بیشتر باشد، میزان عیب پیچش بیشتر خواهد بود. همچنین برای زاویه شکل‌دهی ۴۵ درجه، با افزایش ضخامت ورق از ۲ میلیمتر به ۳ میلیمتر، میزان زاویه پیچش قطعه از ۱/۵ درجه به ۲/۵ درجه افزایش یافت. با توجه به رفتار فلز، یک سری آزمایش¬های تجربی طراحی و میزان تاثیر عامل قطر سوراخ ها بر روی این عیب مشخص گردید. تطابق مناسب نتایج تجربي و عددي بیانگر نتایج عددي قابل اعتماد و قابل بررسي است.

کلیدواژه‌ها: شکل‌دهی غلتکی سرد، عیب پیچش، مقطع کانالی سوراخ‌دار

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

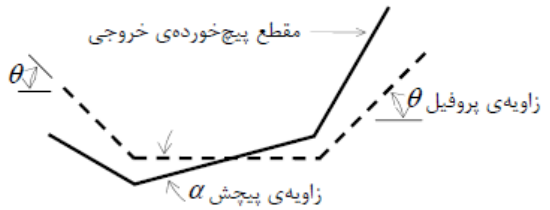
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۵

*نویسنده مسئول: moslemi@modares.ac.ir

۱- مقدمه

شکل‌دهی غلتکی سرد به‌عنوان یکی از روش‌های شکل‌دهی محصولات کانالی شکل، یک روش برای ایجاد خم های متوالی و پیوسته در نوار فلزی است. این تغییر شکل‌ها به وسیله عبور دادن نوار از بین مجموعه غلتک‌های دوار می‌باشد. یک تفاوت مهم این فرایند با نورد، ثابت ماندن ضخامت در آن است [1] . امروزه در صنایع مختلف از محصولات کانالی شکل سوراخ‌دار استفاده می‌شود. سوراخ‌ها گاهاً نسبت به کف کانال متقارن نیستند و این نامتقارنی در سوراخ‌های ایجاد شده بر روی دو بال کانال باعث نامتقارنی در نیروی خمشی لازم برای شکل‌دهی کانال می‌شود.

تفاوت در نیروی خمشی وارده از طرف غلتک‌ها باعث به وجود آمدن گشتاور پیچشی خالص غیر صفر در جهت طول در کانال در حال شکل‌دهی می‌شود. این گشتاور در راستای طولی کانال بوده و باعث پیچش کانال حول گشتاور پیچشی خالص در راستای طول کانال می‌شود. بنابراین یکی از عیوب مهم در هنگام تولید محصولات کانالی سوراخ‌دار نامتقارن، عیب پیچش محصول است. در واقع وقتی ورق از لحاظ هندسی تقارن نداشته باشد، هنگام فرایند شکل‌دهی، حول محور طولی ورق دوران کرده و از محور مستقیم خود منحرف می‌شود که این حالت به وجود آمده را عیب پیچش می‌گویند. برای معرفی زاویه پیچش روش‌هاي مختلفی وجود دارد؛ از جمله زاویه پیچش بر حسب کف کانال بدون در نظر گرفتن طول کانال (شکل۱). رایجترین روش، زاویه انحراف مقطع کانال از خط مستقیم است که در این روش از سه راس کف کانال یك صفحه گذشته و از راس چهارم مقطع، زاویه پیچش برحسب رادیان به دست مي‌آید. در این پژوهش تبدیل رادیان به درجه انجام شده است. در ادامه پیشینه‌ای از پژوهشهای انجام گرفته در این راستا مورد بررسی قرارگرفته است. باتاچاریا و همکارانش [2] بر روی کرنش طولی در لبه به عنوان یک معیار مهم و تاثیرگذار برای تولید مقاطع کانالی شکل به صورتی کاملا مستقیم و بدون اعوجاج تحقیقاتی انجام دادند. ایشان پس از انجام یک سری آزمایش‌های تجربی، تاثیر ایستگاه‌های اول و آخر شکل‌دهی را بیشتر اعلام کردند و روند نمایی را برای انتخاب مناسب غلتک‌ها ارائه دادند. واتاری و اونا [3] به بررسی تاثیر برخی عوامل موثر در فرایند شکل‌دهی غلتکی سرد مقاطع سوراخ‌دار پرداختند. آنها درتحقیقات خود به بررسی عیب پیچش، چین خوردگی لبه و کمانش با توجه به موقعیت سوراخ ها بر روی ورق در حال شکل‌دهی در مقاطع وي شکل پرداختند. آنها با توجه به برخی عیوب به وجود آمده در هنگام تولید این محصولات در فرایند شکل‌دهی غلتکی سرد به بررسی طراحی غلتک هایی که میزان عیوب را کاهش دهد، پرداختند. متیاس و همکاران [4] به بررسی عددی و تجربی فرایند شکل‌دهی غلتکی پروفیلی نامتقارن پرداخته و اثر نوع ورودی ورق از کویل(رو به بالا یا رو به پایین) را بر میزان پیچش بررسی کردند.



شکل ۱) مقطع پیچ خورده کانال

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.8.1.7]

[DOI: 10.22034/mme.23.8.449]

نوع ورودی روبه پایین پیچش کمتری را در پروفیل نتیجه داده است. دلیل این تفاوت، اختلاف در سطح تنش و کرنش اعمالی در طی باز شدن کویل تشریح شد. با اندازه‌گیری خواص ورق قبل از ورود به فرایند شکل‌دهی و بعد از باز شدن از کویل، مشخص شد که سطح تنش و کرنش اعمالی بر روی ورق متفاوت است. تاجیک و همکاران [5] توانستند با استفاده از غلتک¬های نامتقارن، عیب پیچش مقطع کانالی نامتقارن را کاهش دهند. میزان خطا برای پیش‌بینی عیب پیچش ۱۵ درصد بود. در این بررسی آنها زاویه چرخش غلتک‌ها را بر اساس رسیدن همزمان بال بلند و کوتاه تعیین کردند تا بتوانند با یکنواختی در کرنش طولی لبه عیب پیچش را کاهش دهند. شیرانی و همکاران [6] به بررسی تجربی و عددی فرایند شکل‌دهی غلتکی پروفیل کانالی سوراخدار پرداختند. آنها نتیجه گرفتند الگوی گل(زاویه خمش و تعداد ایستگاه) مهمترین عوامل موثر روی ابعاد سوراخ و کمانش طولی هستند. به طوری که با کاهش زاویه خمش، کمانش طولی و اعوجاج سوراخ‌ها کاهش می‌یابد.

با توجه به کاربرد روزافزون محصولات سوراخدار تولیدی به کمک فرایند شکل‌دهی غلتکی سرد در بسیاری از صنایع دیگر و نیز عدم رفع برخی عیوب موجود در این محصولات، نیاز به انجام تحقیقات علمی و کاربردی در این زمینه احساس شد. عیب پیچش فقط در مقاطع کانالی بدون سوراخ بررسی و در تحقیق¬های انجام شده، علت زمان رسیدن متفاوت ورق به غلتک در دو بال با اندازه متفاوت مشخص و کمانش طولی و اعوجاج سوراخ در پروفیل سوراخدار نیز مورد بررسی قرار گرفته است. اما پژوهشی در راستای پیچش مقاطع متقارن با سوراخ‌های نامتقارن انجام نشده است. بنابراین در این مقاله با انتخاب ورق با استحکام معمولی با سه ضخامت مختلف، سه حالت متفاوت از لحاظ قطر سوراخ‌ها فقط در یک بال و سه زاویه شکل‌دهی به روش شکل‌دهی غلتکی سرد، با استفاده از شبیه‌سازی اجزای محدود مورد مطالعه قرار گرفت و مقدار زاویه پیچش از نتایج خروجی استخراج گردید. نتایج شبیه‌سازی با نتایج تجربی به دست آمده از محصول دارای سوراخ‌های با قطرهای مختلف، ضخامت ورق و زاویه شکل‌دهی ثابت، طی فرایند شکل‌دهی غلتکی سرد در خط تولید شرکت پایا صحت سنجی شد.

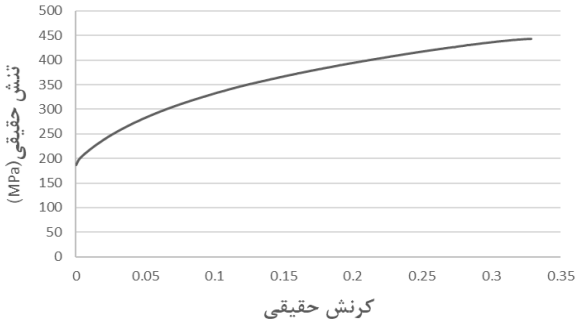
۲- شبیه‌سازی اجزای محدود

در مطالعه حاضر، روش اجزای محدود برای اندازه‌گیری زاویه پیچش در فرایند شکل‌دهی غلتکی سرد استفاده شده است. جهت تحلیل از نرم‌افزار اباکوس استفاده شد.

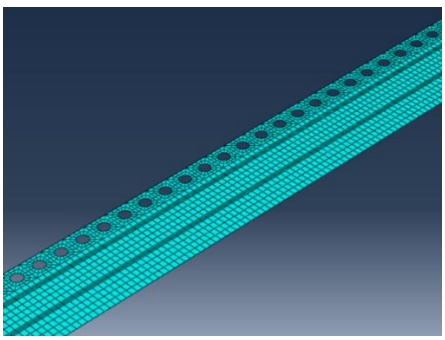
ورق در یک ایستگاه شکل‌دهی برای تبدیل به مقطع کانالی مورد بررسی شکل‌داده شد که در آن ایستگاه یک جفت غلتک (بالایی و پایینی) وجود دارد. جنس ورق از فولاد St12 انتخاب شد. در ابتدا با استفاده از استاندارد ASTM-E8 خواص مکانیکی ورق از نتایج آزمون کشش تک محوره استخراج و خواص آورده شده در نمودار شکل ۲ برای مدل‌سازی ورق استفاده شد. مدول یانگ۲۰۷ گیگاپاسکال و ضریب پواسون ۰/۳ در نظر گرفته شد. ورق به صورت همسان‌گرد و تغییرشکل‌ها بصورت کشسان-مومسان در نظر گرفته شد؛ قانون کارسختی همسان‌گرد نیز مورد استفاده قرار گرفت. به دلیل شبیه سازی یک فرایند شکل دهی ورقی، ورق از نوع "المان پوسته‌ای" تعریف شد. با توجه به پایین بودن نسبت ضخامت به دیگر ابعاد ورق، المان S4R که از نوع پوسته نازک چهار گرهی است، برای ورق انتخاب گردید. جهت شبکه بندی اطراف سوراخ ها نیز از همین مدل المان انتخاب گردید. در شکل ۳ نمایی از ورق شبکه‌بندی شده مشاهده می‌شود.

غلتک‌های شکل‌دهی طراحی و به‌صورت جسم صلب تحلیلی وارد محیط شبیه‌سازی شد. از دلایل انتخاب جسم صلب تحلیلی، کارکرد محاسباتی بالای آن، به دلیل عدم نیاز به شبکه بندی می‌باشد. این حالت برای اجسامی که معمولا تغییرشکل بسیار ناچیزی در حین فرایند داشته و هندسه پیچیده‌ای ندارند اتخاذ می‌شود.

برای جلوگیری از ایجاد عیوب دیگر در محصول از ایستگاه نگه دارنده که شامل یک جفت غلتک مسطح می‌باشد استفاده شد. دراین شبیه‌سازی‌ها فاصله ایستگاه‌ها برابر با ۴۰۰ میلیمتر و طول ورق ۲/۵ برابر فاصله ایستگاه‌های شکل‌دهی در نظر گرفته شد. در شبیه سازی‌ها، ورق از نوع شکل پذیر و ضریب اصطکاک ۰/۲ انتخاب شد.



شکل ۲) نمودار تنش-کرنش حقیقی ورق شکل دهی شده.



شکل ۳) نمایی از ورق شبکه‌بندی شده در نرم افزار اباکوس

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.8.1.7]
[DOI: 10.22034/mme.23.8.449]

طراحی آزمایش با توجه به شرایط موجود و با روش فاکتوریل کامل انجام شد. شرایط مختلف شبیه سازی در جدول۱ آورده شده است.

جدول ۱) شرایط مختلف آزمایش

زاویه شکل‌دهی	ضخامت (mm)	قطرسوراخ (mm)
۱۵	۱	۱۵
۳۰	۲	۲۰
۴۵	۳	۲۵

فاصله مراکز سوراخ‌ها ۳۵ میلي‌متر، فاصله تا لبه ورق ۱۹ میلي‌تر، عرض ورق ۸۰ میلي‌متر و طول بال ها ۲۰ و ۳۰ میلي‌متر است.

تحلیل حساسیت اندازه‌های شبکه‌بندی اجزای محدود برای اطمینان از مناسب بودن شبکه و عدم وابستگی نتایج به درجه شبکه‌بندی انجام پذیرفت.

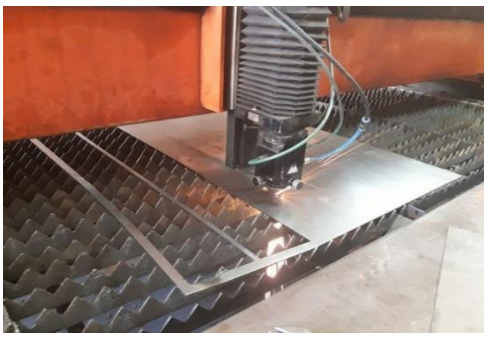
عامل حرکت ورق به سمت جلو در فرایند شکل دهی غلتکی سرد، نیروی اصطکاک بین ورق و غلتکهای شکلی‌دهی می‌باشد. غلتک‌ها با سرعتی ثابت حرکت کرده و ورق را شکل می‌دهند. ورق در سراسر فرایند شکل دهی در راستای طولی در کشش است. برای ایجاد کشش در ورق سرعت دورانی در هر ایستگاه به اندازه ۰/۵ درصد افزایش داده شد.

۳- آزمایش‌های تجربی

برای صحت‌سنجی مدل اجزای محدود، فرایند شبیه‌سازی شده به صورت تجربی نیز انجام گرفت. به منظور انجام عملیات شکل‌دهی غلتکی سرد، از ورق St12 استفاده شد.

در ادامه با استفاده از دستگاه شکل‌دهی غلتکی خط تولید لوله و پروفیل شرکت پایا اصفهان که در شکل۵ نشان داده شده است، ورق با غلتک‌های ۳۰ درجه شکل‌داده شد. سپس در ادامه میزان پیچش اندازه‌گیری شد. ورق با غلتک‌های ۳۰ درجه شکل‌داده شد. سپس در ادامه میزان پیچش اندازه‌گیری شد.

همان‌طور که در شکل ٤ دیده می‌شود در ابتدا ورق با ضخامت ۲ میلی‌متر با هر سه حالت قطرهای مختلف سوراخ‌زنی به کمک لیزر انجام شد.



شکل ۴) سوراخ زدن و برش ورق با دستگاه لیزر

شکل ۵) انجام عملیات شکل دهی بر روی ورق

نیروی برش با استفاده از سیستم جمع‌آوری داده‌های کامپیوتری در زمان واقعی و با کمک دینامومتر (KISTLER) اندازه‌گیری شد. در طول عملیات ماشین‌کاری، نیرو در سنسورهای پیزوالکتریک اندازه‌گیری می‌شود. از نرم‌افزار (KISTLER DynoWare) برای جمع‌آوری داده‌ها به‌صورت نمودار استفاده شد.

۳-۱- اندازه‌گیری پیچش

پس از مرحله تولید نمونه‌های مقطع کانالی، اندازه گیری و ثبت مقادیر عیوب انجام شد. در این پژوهش از روش موسوم به انحراف راس چهارم استفاده شده است. در تمامي نتایج پیچش به سمت بال سوراخدار بود.

در حالت عادی وقتی کانال متقارن است و هیچ گونه پیچش محسوسی در کانال مشاهده نمی‌شود، هر چهار راس کف کانال از یک صفحه عبور خواهند کرد. اما در صورتی که عیب پیچش در محصول به وجود آید اگر از سه راس کف کانال صفحه‌ای عبور داده شود، راس چهارم روی صفحه مربوطه قرار نگرفته و کمی انحراف پیدا می‌کند. اگر این مقدار انحراف بر طول کف کانال تقسیم شود، مقدار زاویه پیچش بر اساس رادیان به دست می¬آید که معیار مناسبی برای اندازه گیری این عیب می‌باشد. تمامی اندازه‌ها در نتایج عددي و تجربي در فاصله‌ای مناسب از ایستگاه، بعد از آزاد شدن کرنش‌ها و تنش‌های کشسان یعنی در ۷۰ میلی‌متری از ایستگاه اندازه‌گیری شده است.

۴- بحث و نتایج

۴-۱- مقایسه نتایج تجربی و شبیه‌سازی

همانطوری که در شکل ۶ براي ورق شکل‌دهي شده با ضخامت ۲ میلي‌متر نشان داده شده است، اختلاف بین نتایج شبیه سازی و تجربی حداکثر ۹ درصد می‌باشد. لذا تطابق قابل قبولی بین این نتایج وجود دارد که نشان از تایید نتایج شبیه سازی شده اجرای محدود است.

۴-۲- بررسی تاثیر ضخامت ورق بر پیچش کانال

همان‌گونه که در شکل ۷ نشان داده شده است در حالت کلی با افزایش ضخامت ورق در صورت ثابت ماندن پارامترهای زاویه

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.8.1.7]
[DOI: 10.22034/mme.23.8.449]

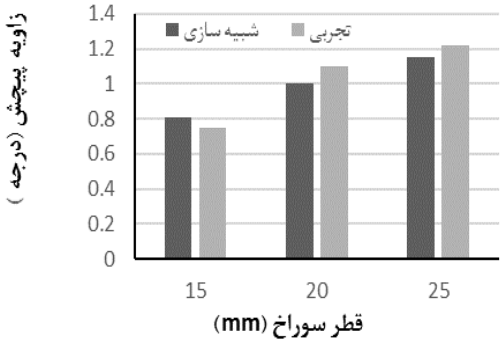
شکل‌دهی و قطر سوراخ، عیب پیچش افزایش می‌یابد. همانطور که گفته شد، در واقع این عیب به علت تفاوت نیروی خمشی مقطع در دو طرف کانال به‌وجود می آید. با توجه به اینکه در ضخامت‌های بالاتر نیروی بیشتری برای شکل‌دهی نیاز است، بنابراین اختلاف نیروهای لازم برای شکل‌دهی ورق افزایش یافته و درنتیجه افزایش گشتاور پیچشی خالص در راستای طول، زاویه پیچش متاثر از این گشتاور افزایش می‌یابد.

۴-۳- بررسی تاثیر قطر سوراخ بر عیب پیچش

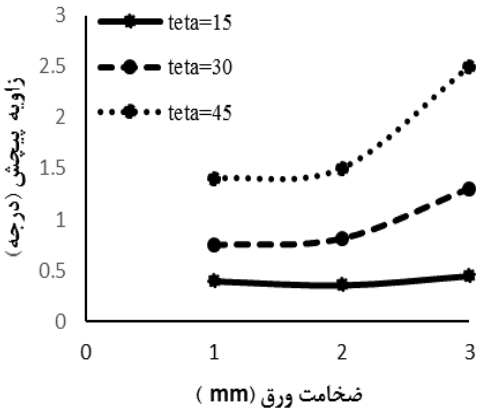
همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است با افزایش قطر سوراخ‌ها در صورت ثابت ماندن زاویه شکل‌دهی و ضخامت ورق، میزان عیب پیچش افزایش می‌یابد. علت این امر این است که با افزایش قطر سوراخ‌ها میزان ماده تحت شکل‌دهی در دو طرف کانال یا به عبارت دیگر عدم تقارنی که عامل اصلی پیچش است، افزایش یافته و در نتیجه میزان پیچش محصول هنگام خروج از ایستگاه پایانی فرایند افزایش می‌یابد.

۴-۴- بررسی تاثیر زاویه شکل دهی بر عیب پیچش

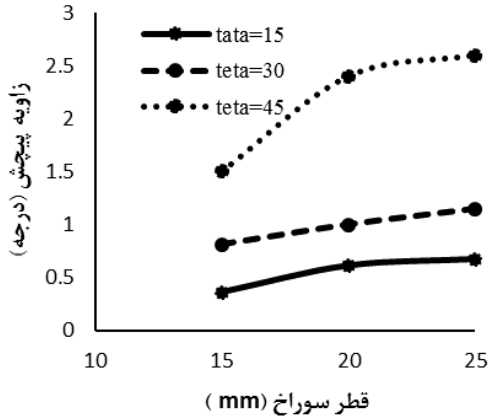
با افزایش زاویه شکل‌دهی در صورت ثابت ماندن پارامترهای ضخامت ورق و قطر سوراخ، میزان عیب پیچش افزایش می‌یابد. این بیان در نتایج نشان داده در شکل ۹ دیده می‌شود.



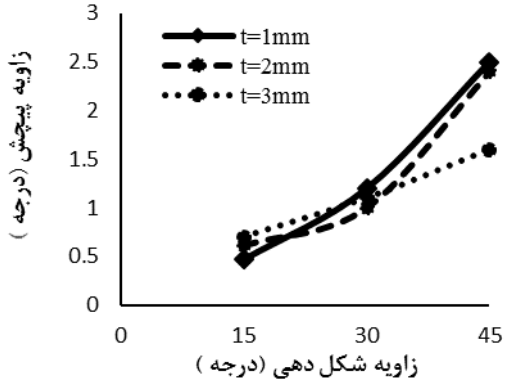
شکل ۶) مقایسه نتایج زاویه پیچش مربوط به آزمایش تجربی و شبیه سازی



شکل ۷) بررسی اثر ضخامت ورق بر زاویه پیچش با قطر سوراخ ۱۵ میلیمتر



شکل ۸) بررسی اثر قطر سوراخ بر زاویه پیچش با ضخامت ورق ۲ میلی متر



شکل ۹) بررسی اثر زاویه شکل دهی بر زاویه پیچش با قطر سوراخ ۲۰ میلی متر

با توجه به اینکه فرایند شکل‌دهی طراحی شده در این پژوهش تک ایستگاهی بوده و تمام عملیات شکل‌دهی در یک ایستگاه انجام می‌شود، بنابراین زاویه مربوط به غلتک‌های آن ایستگاه زاویه شکل‌دهی می‌باشد. با افزایش زاویه شکل‌دهی میزان شکل دهی در ایستگاه افزایش یافته و باعث می‌شود که ورق با یکنواختی کمتری از ایستگاه خارج شده، تفاوت مقاومت بال‌های کانال در برابر نیروی شکل‌دهی افزایش یافته و در نتیجه این عامل، پیچش افزایش می‌یابد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله عوامل موثر بر عیب پیچش در مقطع کانالی متقارن با سوراخ‌های نامتقارن مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا عیب پیچش شناسایی شده و عوامل موثر بر آن مشخص شدند. طراحی آزمایش انجام گرفت و یک مدل شبیه‌سازی به روش اجزای محدود در نرم افزار آباکوس ایجاد و تاثیر عوامل موثر شامل ضخامت ورق، هندسه محصول و زاویه شکل‌دهی بر روی عیب پیچش مورد بررسی قرار گرفت. سپس آزمایش‌های تجربی با استفاده از دستگاه شکل‌دهی غلتکی شرکت پایا اصفهان انجام

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.8.1.7]
[DOI: 10.22034/mme.23.8.449]

شد و صحت‌سنجی نتایج شبیه‌سازی صورت پذیرفت. مهمترین نتایج این پژوهش به شرح زیر است:

۱- مهمترین عامل موثر بر عیب پیچش مقاطع کانالی شکل سوراخ‌دار، ضخامت ورق است. برای زاویه شکل‌دهی ۴۵ درجه، با افزایش ضخامت ورق از ۲ میلیمتر به ۳ میلیمتر، میزان زاویه پیچش قطعه از ۱/۵ درجه به ۲/۵ درجه افزایش یافت.

۲- با افزایش قطر سوراخ‌ها در دو طرف مقطع کانال، با توجه به این که نامتقارنی و اختلاف گشتاورهای پیچشی مقطع در دو طرف کانال افزایش می‌یابد، میزان پیچش افزایش خواهد یافت.

۳- با افزایش زاویه شکل‌دهی در صورت ثابت ماندن پارامترهای ضخامت ورق و قطر سوراخ، میزان پیچش افزایش می‌یابد. با افزایش زاویه شکل دهی، میزان شکل‌دهی در ایستگاه افزایش یافته و باعث می‌شود که ورق با یکنواختی کمتری از ایستگاه خارج شده، تفاوت مقاومت بال‌های کانال در برابر نیروی شکل دهی افزایش یافته و در نتیجه این عامل، پیچش افزایش می‌یابد.

تاییدیه اخلاقی: نویسندگان در تهیه و تنظیم این مقاله رعایت کامل اصول اخلاقی را مدنظر قرار داده‌اند.

تعارض منافع: این مقاله تعارض منافعی ندارد.

منابع

1- Halmos GT, editor. Roll forming handbook. Crc Press; 2005.

2- Bhattacharyya D, Smith PD, Yee CH, Collins IF. The prediction of deformation length in cold roll-forming. journal of mechanical working technology. 1984.

3- Watari H, Ona H. Cold-roll forming of small-diameter pipes with pre-notches. Journal of Materials processing technology. 2001.

4- Weiss M, Abeyrathna B, Rolfe B, Abee A, Wolfkamp H. Effect of coil set on shape defects in roll forming steel strip. Journal of manufacturing processes. 2017.

5- Tajik Y, Naeini HM, Tafti RA, Bidabadi BS. A strategy to reduce the twist defect in roll-formed asymmetrical-channel sections. Thin-Walled Structures. 2018.

6- Shirani Bidabadi B, Moslemi Naeini H, Azizi Tafti R, Barghikar H. Experimental study of bowing defects in pre-notched channel section products in the cold roll forming process. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2016.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.8.1.7]
[DOI: 10.22034/mme.23.8.449]