IAS2009-ST1184

هشتمین کنفرانس سالانه(بین المللی) انجمن هوافضای ایران IAS2009
اصفهان، شاهین‌شهر، دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر، ۲۹ بهمن-۱ اسفند ۱۳۸۷

بررسی اثر پانچ متقابل در قابلیت شکل پذیری هیدروفرمینگ Y شکل لوله ها

مهران کدخدایان[۱]،احمد عرفانی مقدم[۲]
دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مکانیک

چکیده
با توجه به کاربرد روزافزون قطعات لوله ای شکل در صنایع مختلف استفاده از روش هیدروفرمینگ بسیار گسترش یافته است. در این روش از اعمال همزمان بار محوری و فشار داخلی در داخل قالب مورد نظر، قطعه شکل داده می شود. یک روش برای کنترل رفتار تغییر شکل لوله و همچنین دست یابی به تغییرات ضخامت مطلوب استفاده از پانچ متقابل در طراحی مسیر بارگذاری می باشد. در این مقاله با استفاده از روش اجزا محدود چگونگی تاثیر استفاده از پانچ متقابل در فرآیند هیدروفرمینگ Y شکل لوله بررسی شده است.

واژه های کلیدی : *هیدروفرمینگ، لوله، پانچ متقابل، اتصالات Y*

مقدمه

علیرغم این که استفاده از روش هیدروفرمینگ برای تولید قطعات به کمتر از دو دهه قبل بر می‌گردد اما مطالعات تئوری این روش از سال ۱۹۴۰ با تحلیل شکل دهی لوله های تحت فشار آغاز گردید. کاهش وزن قطعه تولید شده در مقایسه با سایر روش های تولید، بهبود کیفیت و تولید قطعات پیچیده از مهمترین مزایای این روش محسوب می شود. استفاده از این روش همچنین موجب کاهش تعداد عملیات ثانویه و کاهش تغییرات ابعادی، کاهش شاخص پدیده بازگشت پذیری و کاهش میزان ضایعات می گردد[۱]. نقص دانش فنی برای تولید قطعات گوناگون، بالا بودن زمان هر سیکل برای تولید قطعات و همچنین گران بودن تجهیزات را می توان از معایب این روش دانست.

از این روش با توجه به شرایط خاص حاکم بر آن بیشتر در صنایع نظامی، هوا فضا و اتومبیل سازی مورد استفاده قرار می گیرد. از جمله قطعاتی که در این روش قابل تولید است، می توان به اتصالات T و X شکل و اتصالات زاویه دار مانند Y شکل، شفت های توخالی، اگزوزها، نگه دارنده موتور، تکیه گاه های رادیاتورها، نازل ها و کلاهک موشک اشاره نمود [۱].

با توجه به پیچیده بودن فرایند، توجه محققان برای مطالعه این روش به کمک روش حل محدود جهت شبیه سازی آن افزایش و همکارانش [۲] آن را دسته بندی و تحلیل فرآیند های هیدروفرمینگ لوله با توجه به شبیه سازی اجزاء محدود پرداختند و این تحلیل را بر مبنای حساسیت پارامترهای بارگذاری از جمله فشار پایه گذاری نمودند. مشخصه های این دسته بندی بر حسب مد شکست، پارامترهای بارگذاری قالب و پنجره کاری مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. اثر فشار به عنوان پارامتر غالب در فرآیند هم برای شبیه سازی اجزای محدود و هم برای کار عملی در نظر گرفته شد. آلتان (Altan) و همکارانش [۳] به مطالعه عملی فرایند تغییر شکل اتصال Y پرداختند. ایشان با طراحی یک مسیر بارگذاری به بررسی اثر طول لوله به میزان ارتفاع برآمدگی در داخل قالب را مورد ارزیابی قرار دادند و دریافتند که برای طول های کوتاه تر ارتفاع شاخه بالاتری حاصل می شود.

در تحقیق فعلی به بررسی رفتار تغییر شکل و توزیع ضخامت لوله در قالب Y شکل و همچنین اثر استفاده از پانچ متقابل پرداخته شده است و شرایط مختلفی برای اعمال پانچ متقابل مطالعه شده است. در این مطالعه از نرم افزار اجزای محدود Abaqus/Explicit 6.5 بهره گرفته شده است.

شبیه سازی فرآیند و مسیر های بارگذاری

مدل های شبیه سازی بر مبنای آزمایشات آلتان می باشد. یک نمونه از قالب در شکل ۱ نشان داده شده است. لوله با قطر خارجی ۵۰،۵ میلی متر و طول ۳۲۰ میلی متر و ضخامت ۱،۵ میلی متر مدل سازی گردید. همچنین شعاع ورودی قالب برابر ۱۵ میلی متر در نظر گرفته شده است. برای جنس لوله مطابق با آزمایش از آلیاژ فولاد SS 304 بهره گرفته شده است که خواص آن مطابق با جدول (۱) آورده شده است. ماده از رابطه سخت شوندگی لودویک پیروی می کند. ضریب اصطکاک مورد نیاز برای تعریف تماس بین قالب و لوله و همچنین لوله و پانچ ۰،۰۵ فرض گردیده است. لوله با استفاده از المان S4R (پوسته با ۴ گره و روش انتگرال گیری کاهش یافته) مش بندی شده است و برای قالب از المان صلب R3D4 بهره استفاده شده است. از الگوریتم تماس پنالتی برای تعریف تماس در فرآیند بهره گرفته شده است.

جدول (۱)- خواص آلیاژ به کارگرفته شده

$E(GPa)$	υ	$\sigma_y(MPa)$	$K(GPa)$	n
۲۵۰	۰،۳	۲۸۵	۱،۴۷۱	۰،۵۸۴

برای مطالعه و بررسی اثر استفاده از پانچ متقابل ابتدا مسئله مطابق با شرایط عملی به وسیله نرم افزار شبیه سازی گردید. به این منظور شرایط بارگذاری حاکم بر مسئله مطابق با نمودار های شکل های ۲ و ۳ که به ترتیب نمودار های فشار بر حسب زمان و جابجائی پانچ های محوری بر حسب زمان در نظر گرفته شد. با توجه به اثر پانچ متقابل یک میدان سرعت متغیر برای این مسئله مورد بررسی قرار گرفت. با نتایج مطلوب و با توجه به منحنی تغییرات ضخامت و ارتفاع شاخه هیدروفرم شده بدست آید.

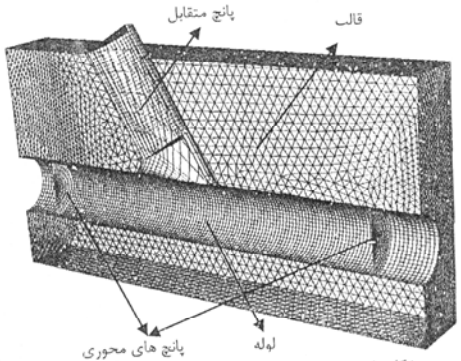
با توجه به شرایط مسئله، لوله تغییر شکل یافته در داخل قالب مطابق با شکل ۴ بدست آمد. منحنی تغییرات ضخامت برای این مسئله نیز برای مقایسه نتایج با نمونه عملی نیز در شکل ۵ ارائه گردیده است. در مقایسه با نتایج عملی خطایی حدود ۳٪ در شبیه سازی مشاهده گردید که درستی شبیه سازی عددی را نشان می دهد.

در ادامه، به منظور مطالعه رفتار تغییر شکل لوله شرایط مختلفی برای پانچ متقابل فرض گردید. در یک حالت سرعت حرکت پانچ متقابل نسبت به وضعیت های قبل افزایش یافته است. منحنی تغییرات ضخامت برای این وضعیت نیز در شکل ۶ نشان داده شده است. همانگونه که انتظار می رفت ضخامت لوله در ناحیه آزاد تغییر شکل یافته به شدت کاهش یافته است و در حالت کلی سطح ضخامت لوله بعد از تغییر شکل نیز کم شده است.

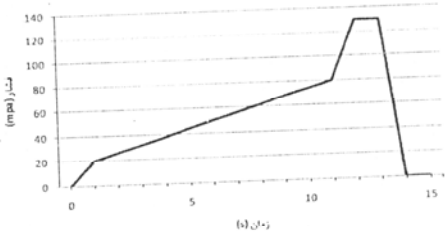
۱- شیار گروه مکانیک
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، aerfani14@gmail.com

نتیجه‌گیری

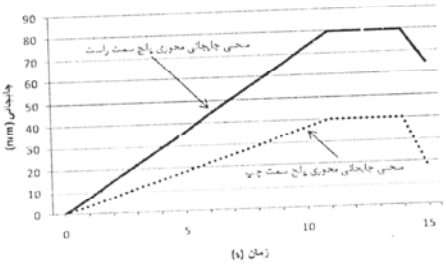
در این مقاله، فرآیند هیدروفرمینگ اتصالات Y شکل و اثر استفاده از پانچ متقابل برای شکل دهی این قطعه بوسیله روش اجزا محدود مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. عدم استفاده از پانچ متقابل برای تولید قطعه منجر به پاره‌گی لوله از ناحیه برآمده گردید. استفاده از پانچ متقابل برای کنترل رفتار تغییر شکل ناحیه بر آمده امری ضروری می باشد. منحنی تغییرات ضخامت بدست آمده برای این لوله لزوم طراحی دقیق میدان جابجائی پانچ محوری را به همراه سایر پارامترهای بارگذاری نشان می‌دهد. جابجائی مناسب برای پانچ متقابل امکان دست‌یابی به تغییرات ضخامت و کیفیت مطلوب تر را فراهم می‌کند و موجب بهبود کیفیت قطعه تولید شده می گردد.



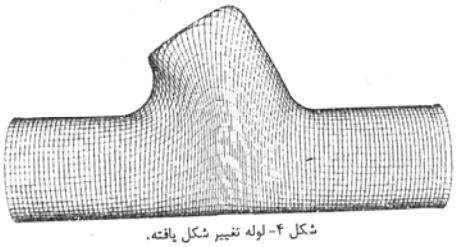
شکل ۱- نصف مدل شبیه سازی شده برای قالب و پانچ ها و لوله.



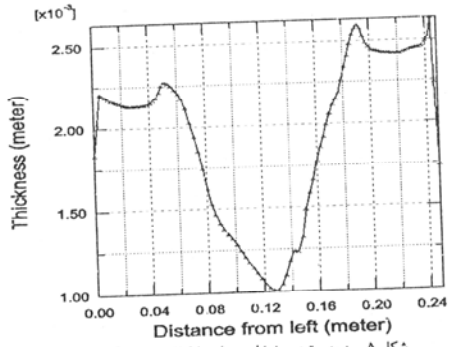
شکل ۲- منحنی توزیع فشار بر حسب زمان.



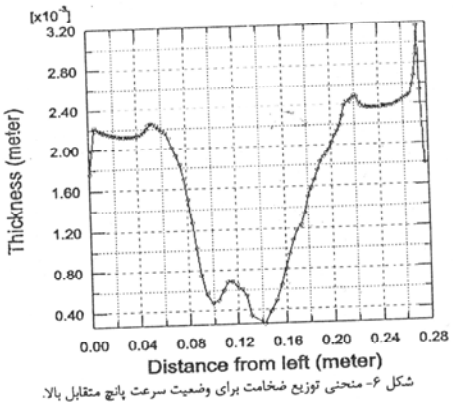
شکل ۳- منحنی جابجایی بر حسب زمان پانچ های محوری.



شکل ۴- لوله تغییر شکل یافته.



شکل ۵- منحنی توزیع ضخامت برای بارگذاری نمونه آزمایشگاهی.



شکل ۶- منحنی توزیع ضخامت برای وضعیت سرعت پانچ متقابل بالا.

مراجع

[1]-Ray P and Mac Donald B.J, Experimental Study and Finite Element Analysis of Simple X- and T-branch Tube Hhydroforming Processes, *International Journal of Mechanical Sciences*, v. 47, 2005, pp. 1498-1518.

[2]- Gao L., Motsch S and Strano M, Classification And Analysis of Ttube Hydroforming Processes with Respect to Adaptive FEM Simulations, *Journal of Materials Processing Technology*,v. 129, 2002, pp. 261-267.

[3]- Jirathearanat S, Hartl C and Taylan A, Hydroforming of Y-shapes-product and Process Design Using FEA Simulation and Experiments, *Journal of Materials Processing Technology*, v. 146, 2004, pp 124-129.