فصلنامه علمی پژوهشی

مهندسی مکانیک جامدات

http://jsme.iaukhsh.ac.ir

فصلنامه علمی پژوهشی
مهندسی مکانیک جامدات

تحلیل عددی تاثیر پارامترهای ورودی بر ارتفاع بالج در فرآیند شکل‌دهی آزاد داغ لوله به وسیله گاز

مهدی چوگان[۱]، محسن لوح موسوی[۱،*]

* نویسنده مسئول: loh-mousavi@iaukhsh.ac.ir

چکیده

فرآیند شکل دهی داغ لوله با گاز، می‌تواند در صنایع اتومبیل سازی و هوافضا مورد استفاده قرار گیرد. بهبود خواص نهایی در تولید قطعه، افزایش سرعت تولید محصول نهایی، قابلیت شکل دهی مواد با چقرمگی پایین، کاهش فشار و نیروی مورد نیاز از مزایای این فرآیند می‌باشد. همچنین هزینه ابزار آلات و تجهیزات مورد نیاز برای ساخت قطعه در فرآیند شکل دهی داغ لوله با گاز در مقایسه با روش‌های قبلی شکل دهی با سیال نظیر هیدروفرمینگ گرم مطلوب تر می‌باشد. امروزه کاربرد آلیاژهای آلومینیوم- منیزیم با توجه به وزن سبک این آلیاژها افزایش یافته است. این آلیاژها در دمای محیط شکل‌پذیری پایینی دارند و برای شکل‌دهی این آلیاژها از روش‌های گرم و داغ استفاده می‌گردد. در این مقاله، تاثیر پارامترهای ورودی بر پارامتر خروجی ارتفاع بالج لوله از جنس آلیاژ آلومینیومی (Al6063) در فرآیند بالج آزاد داغ لوله به وسیله گاز مورد بررسی و مقایسه عددی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش مقادیر پارامترهای ورودی از جمله ضخامت و طول اولیه لوله، ارتفاع بالج کاهش یافته و با افزایش میزان تغذیه محوری و قطر خارجی لوله، ارتفاع بالج افزایش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی

تحلیل اجزای محدود
شکل‌دهی داغ لوله به وسیله گاز
فشار ثابت

تاریخ ارسال: ۹۵/۰۱/۱۷
تاریخ بازنگری: ۹۵/۰۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۱۸

۱- گروه مهندسی مکانیک، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

Winter 2017/ vol. 9/ No. 4

Journal of
Solid Mechanics
in Engineering

Journal of

Solid Mechanics in Engineering

http://jsme.iaukhsh.ac.ir

Numerical study on the effect of input variations on bulge height in hot tube metal gas forming process

Mehdi Chogan[1], Mohsen Loh-Mousavi[1,*]

* Corresponding author: loh-mousavi@iaukhsh.ac.ir

Abstract:

Hot metal gas forming of tubes can be used in various industries such as automotive and aerospace industries. In this process tube is formed at elevated temperatures, by using gas instead of fluid pressure. Lower required pressure and low power are its advantages in comparison to hydroforming process. In this paper, a hot metal gas bulging process of an aluminum alloy tube has been investigated by finite element method. In addition, The HMGF process was simulated by (Dynamic, Temp-Disp, Explicit) because of the temperature distribution along the tube length, whereas temperature was simplified and assumed to be uniform in analytical method. The bulge height parameter was investigated by changing the input variations such as internal pressure, outer diameter, die entry radius, initial tube length and initial tube wall thickness in numerical method. The numerical result shows that the input variations have significant effects on tube bulge height in this process.

Key words:

Hot metal gas forming
Internal pressure
Finite element method

Archive of SID

1- Department of Mechanical Engineering, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Iran.

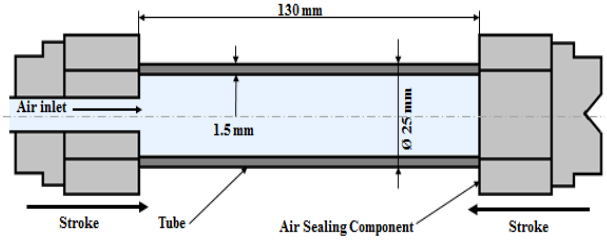
www.SID.ir

۱- مقدمه

با پیشرفت روز افزون تکنولوژی و نیاز صنایع پیشرفته همچون صنایع خودرو سازی، هوایی و نظامی به سمت کاهش هزینه و زمان تولید قطعات و همچنین تولید محصولات سبک تر، کم مصرف تر، به سیستم انعطاف پذیر تولید روی آورده‌اند. به همین دلیل استفاده از فرآیند های تولید پیشرفته همچون فرآیند هیدروفرمینگ و فرآیند شکل دهی داغ لوله با گاز مورد توجه صنایع پیشرفته قرار گرفته است. امروزه روشهای کاملا پیشرفته مذکور، برای ساخت قطعات پیچیده تو خالی با حداقل مراحل ممکن تولید به حساب می‌آیند. این روش تولید کیفیت سطح عالی و دقت بالای قطعات تولیدی که متاثر از فشار هیدرولیکی سیال به جای استفاده از ابزار صلب می‌باشد را دارا است. کیگلر و همکاران در سال ۲۰۰۵ میلادی درمقاله ای تحت عنوان دستیابی به شکل پذیری بالا در اجزای آلومینیومی توسط کنترل دما در فرآیند هیدروفرمینگ با کنترل دما به بررسی شکل پذیری، توزیع ضخامت و ریز ساختار فلز قبل و بعد از فرآیند پرداختند [۱]. وادیلو و همکاران در سال ۲۰۰۷ میلادی در مقاله ای با عنوان بررسی نتایج عملی و عددی شکل دهی گازی داغ لوله از جنس فولاد ضد زنگ و فولاد استحکام بالا به مقایسه ی نتایج حاصل از شبیه سازی المان محدود و کار عملی پرداختند [۲]. یی و همکاران در سال ۲۰۰۸ مقاله ای تحت عنوان ترکیب سیستمهای حرارتی برای فرآیند هیدروفرمینگ گرم لوله ارائه کردند [۳]. مائنو و همکاران در سال ۲۰۰۹ مقاله ای در رابطه با فرآیند شکل دهی داغ لوله با گاز به روش مقاومتی انجام دادند[۴]. هوانگ و همکاران در سال ۲۰۱۰ میلادی مقاله ای با عنوان فرآیند هیدروفرمینگ لوله آلیاژ منیزیمی در دما های بالا به بررسی فرآیند هیدروفرمینگ قطعه سه راهی آلیاژ AZ61 در دماهای ۱۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتیگراد پرداختند[۵]. در سال ۲۰۱۱ میلادی، مائنو و همکاران در مقاله ای، فرآیند شکل دهی داغ لوله با گاز را با استفاده از روش گرمایش مقاومتی، برای لوله درون قالب مطرح کردند[۶]. ژوبین و همکاران در سال ۲۰۱۲ میلادی در چین مقاله ای تحت عنوان خواص مکانیکی و شکل پذیری لوله ای اکسترود شده از جنس TA2 در فرآیند شکل دهی گازی گرم در دماهای بالا پرداختند[۷]. مائنو و همکاران در سال ۲۰۱۴ مقاله ای تحت عنوان بررسی فرآیند شکل دهی گازی گرم لوله های فولادی توخالی با مقاومت بالا با استفاده از مقاومت گرمایی و استفاده از فشار هوا ارائه کردند[۸]. الکساندر پائول و همکاران در سال ۲۰۱۵ میلادی در مقاله ای با عنوان تاثیر پارامتر های ورودی در فرآیند شکل دهی گازی و سخت کاری پرسی لوله های فولادی، به بررسی اثر متغییر هایی از جمله فشار گاز، پیش گرم کردن لوله و دمای قالب بر روی سختی و کیفیت سازه های لوله ای پرداختند[۹]. در این پژوهش، فرآیند باج آزاد لوله به وسیله فشار هوا مورد شبیه سازی اجزای محدود قرار گرفته و تاثیر پارامتر های ورودی از جمله تغذیه محوری، ضخامت اولیه لوله، طول لوله و قطر خارجی لوله بر ارتفاع بالج بررسی شد.

۲- مدل سازی اجزای محدود فرآیند

برای شبیه سازی فرآیند شکل دهی گازی از نرم افزار اجزای محدود دینامیکی، دما-جابه‌جایی، صریح ABAQUS 6.12 استفاده شد و به دلیل تغییر شکل متقارن لوله از مدل متقارن محوری دو بعدی جهت شبیه سازی فرآیند استفاده گردید. نوع و تعداد المان ها در این آزمایش به ترتیب CAX4RT و ۳۲۰ می‌باشد. همان گونه که در شکل(۱) و جدول(۱) مشاهده می گردد، ابعاد مجموعه لوله و قالب همچنین خواص مکانیکی و حرارتی آلیاژ مذکور که در شبیه سازی مورد استفاده قرار گرفت به شرح زیر می‌باشد.



شکل (۱): شماتیکی از مدل به کار رفته در شبیه‌سازی عددی

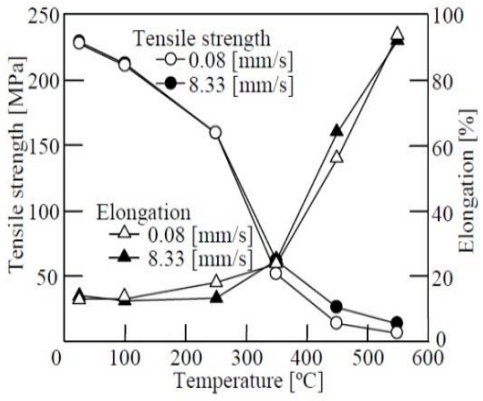
Archive of SID

www.SID.ir

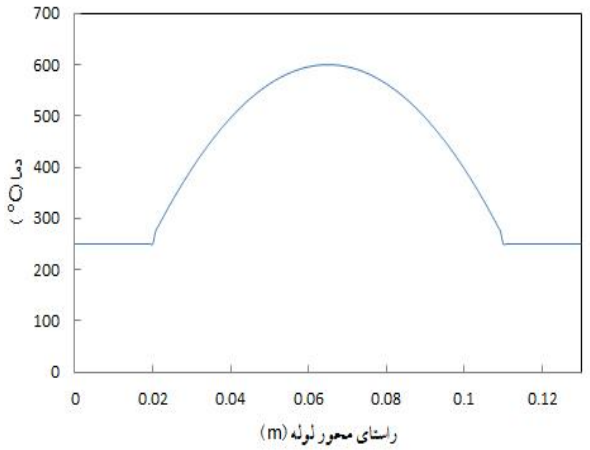
جدول (۱): پارامترهای استفاده شده در شبیه‌سازی عددی

پارامتر	مقدار
قطر خارجی لوله *(D)*	۲۵، ۲۷/۵، ۳۰ mm
ضخامت لوله *(t)*	۱/۵، ۲ mm
طول لوله *(l)*	۹۰، ۷۰، ۵۰ mm
ضریب پواسون	۰/۳۳
شعاع قالب	۳، ۵، ۷ mm
رسانایی *(Conductivity)*	۲۰۹ W/M-K
گرمای ویژه *(Specific Heat)*	۹۰۰ J/Kg-°c
ضریب همرفتی *(Film Coefficient)*	۲۰۰۰W/M^2-K
ضریب تشعشع *(Radiation Emissivity)*	۰/۳۳

همان‌گونه که در شکل (۲) نشان داده شده است، در این تحلیل از نمودار تنش-کرنش آلیاژ آلومینیومی Al6063-T5 در دماهای بالا استفاده شده است [۶]، سپس مشخصات مورد نظر استخراج گردیده و در شبیه‌سازی اعمال شده است. شکل (۳) توزیع دما در طول لوله به صورت غیر یکنواخت را نشان می‌دهد به گونه‌ای که هرچه به سمت مرکز لوله پیش برویم، به دلیل تمرکز حرارت در مرکز لوله، دمای محدوده‌ی کاری افزایش می‌یابد، دمای لوله در محل قرارگیری آب‌بندها به صورت ثابت در نظر گرفته شده است.



شکل (۲): نمودار تنش-کرنش آلیاژ آلومینیومی ۶۰۶۳ در دماهای بالا [۶]

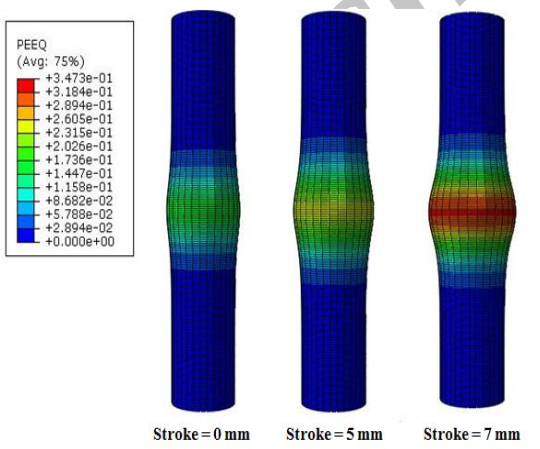


شکل (۳): منحنی توزیع دما در راستای محور لوله [۱۰]

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تاثیر تغذیه محوری بر ارتفاع بالج

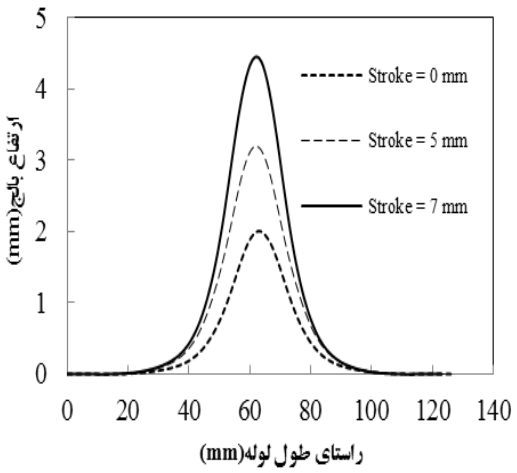
جهت بررسی تاثیر میزان تغذیه محوری، مقادیر ۰، ۵ و ۷ میلی‌متر در شبیه سازی مورد بررسی قرار گرفت. همان گونه که در شکل (۴) مشاهده می‌گردد، اعمال تغذیه محوری باعث ایجاد جریان متریال در طول لوله می‌گردد که این امر باعث تاخیر در نازک شدگی لوله در طول فرآیند و در نتیجه افزایش ارتفاع بالج لوله می‌شود. شکل (۵) نشان میدهد که با افزایش میزان تغذیه محوری ارتفاع بالج افزایش می‌یابد.



شکل (۴): لوله شکل دهی شده با مقادیر تغذیه محوری مختلف در فشار ۴ بار

Archive of SID

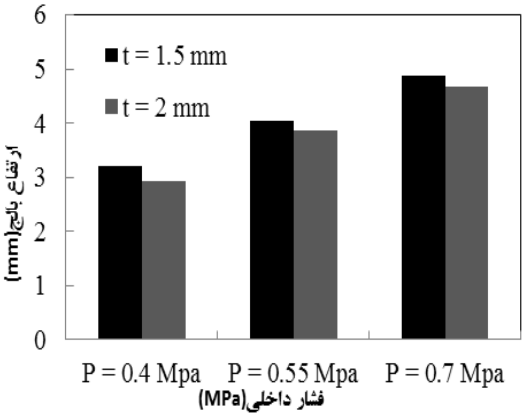
www.SID.ir



شکل (۵): مقایسه ارتفاع بالج در طول لوله برای مقادیر تغذیه محوری مختلف

۳-۲- بررسی تاثیر ضخامت اولیه لوله بر ارتفاع بالج

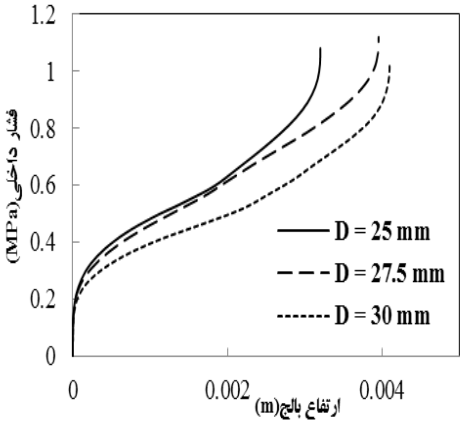
شبیه سازی المان محدود برای دو مقدار ۱/۵ و ۲ میلی‌متر در فشار های داخلی با مقدیر ۴، ۵/۵ و ۷ بار مورد مقایشه قرار گرفت. نتایج حاصل از مقایسه میزان ضخامت اولیه در نمونه‌ی شبیه‌سازی شده در شکل (۶) نشان داده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که افزایش ضخامت لوله در فشار ثابت باعث کاهش ارتفاع بالج لوله شده است.



شکل (۶): تاثیر میزان ضخامت اولیه لوله بر ارتفاع بالج

۳-۳- بررسی تاثیر قطر خارجی لوله برارتفاع بالج

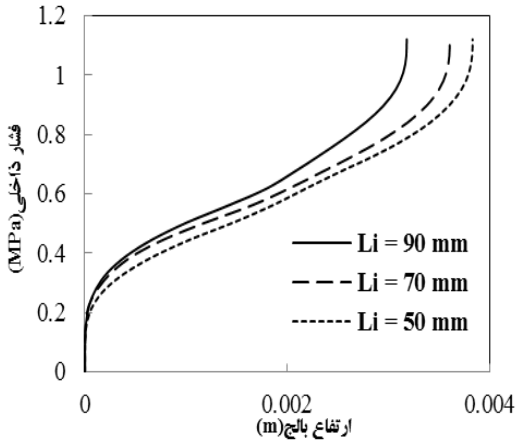
در شکل (۷) نتایج حاصل از مقایسه لوله‌های شکل‌دهی شده با اعمال فشار ثابت ۴ بار و قطر خارجی لوله با مقادیر ۲۵، ۲۷/۵ و ۳۰ میلی‌متر نشان داده شده است. نتایج حاصل از این مقایسه نشان می‌دهد که با افزایش قطر خارجی لوله، ارتفاع بالج ایجاد شده در لوله‌ی شکل‌دهی شده بهبود یافته است.



شکل (۷): تاثیر قطر خارجی لوله بر ارتفاع بالج

۳-۴- بررسی تاثیر طول لوله بر ارتفاع بالج

همان‌گونه که در شکل(۸) مشاهده می‌گردد، شبیه سازی اجزای محدود برای لوله با طول اولیه با مقادیر ۵۰، ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر مورد شبیه سازی اجزای محدود قرار گرفت. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، نتایج حاصل از شبیه سازی عددی نشان داد که در فشار ثابت با افزایش طول لوله، ارتفاع بالج کاهش می‌یابد.



شکل (۷): تاثیر طول اولیه لوله بر ارتفاع بالج

www.SID.ir

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به ماهیت داغ فرآیند شکل دهی و نتایج حاصل از شبیه سازی در فرآیند شکل دهی گازی داغ لوله، نقش پارامتر های ورودی فرآیند بسیار مهم می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که در فشار ثابت با افزایش مقدار پارامترهای ورودی از جمله ضخامت و طول اولیه لوله، ارتفاع بالج کاهش یافته و با افزایش میزان تغذیه محوری و قطر خارجی لوله، ارتفاع بالج افزایش می‌یابد.

مراجع:

[1] Keigler M., Bauer H., Harrison D., De Silva A. “ Enhancing the formability of aluminum components via temperature controlled Hydroforming”, *Journal of Material processing Technology*, Vol 167, 2005, PP 363-370.

[2] Vadillo L., Santos M.T., Gutierrez M.A., Perez I., Gonzalez V., Uthiesangsuk V.,” simulation and Experimental results of the Hot metal gas forming Technology for high strength steel and stainless steel tubes forming”, *API conference Proceedings*, Vol 908, 2007.

[3] Yi H.K., E.J. Pavlina E.J., C.J. Van Tyne C.J., and Y.H. Moon Y.H.," Application of a combined heating system for the warm hydroforming of lightweight alloy tubes", *journal of materials processing technology*, Vol. 203, 2012, pp 532-536.

[4] Maeno T., Mori K., Fujimoto K.,” Development of The Hot Gas Bulging Process for Aluminum Alloy Tube Using Resistance Heating”, *Key engineering Materials*, Vol 410-411, 2009, PP 315-323.

[5] Hwang Y.M., Su Y.H., Cen B.J.,” Tube hydroforming of magnesium alloys at elevated temperatures”, *Journal of Engineering materials and technology*, Vol 32, 2010.

[6] Maeno T., Mori K.,Unou C.,” Optimization of condition in Hot Gas Bulging of Aluminum Alloy tube using Resistance Heating set into dies”, *Key engineering Materials*, Vol 473, 2011, PP 60-74

[7] Zhu-bin H., Bu-gang T., Chang-yang Ch., Zhio-biao W., Shjian Y., Kia-lun Zh.,” Mechanical properties and formability of TA2 extrude tube for hot metal gas forming at elevated temrature”, *Transactions of Nonferrous Metals society of china*, Vol 22, 2012, PP 479-484.

[8] Maeno T., Mori K., Adachi K.,” Gas forming of ultra-high strength steel hollow part using air filled into sealed tube and resistant heating” *Journal of Materials processing technology*, Vol 214, 2014, PP 97-105.

[9] Paul A., Strano M.,” The Influence of Process Variables on the Gas Forming and press Hardening of Steel Tubes” *Journal of Materials Processing Technology*, 2015.

[١٠] چوگان، م.، تحلیل عددی و تجربی فرآیند بالج گرم لوله آلومینیومی به وسیله ی فشار هوا و مشعل حرارتی، دانشکده مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر، ١٣٩۴.

Archive of SID

www.SID.ir