

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



بررسی پارامترهای موثر قابلیت شکل دهی میکرو لوله فلزی با ارائه مدل جدید با استفاده از روش حل عددی.

چکیده

قطعات میکروبی به آن دسته از قطعات اطلاق می شود که دارای ابعاد کمتر از میلی متر باشند . در این دسته از قطعات به دلیل کوچکی ابعاد و ساختار، دارای خواص فیزیکی و مکانیکی و متالورژیکی متفاوتی نسبت به ساختارهای ماکروبی دارند. با توجه به پیشرفت روز افزون صنعت و روند روبه رشد تولیدات و ساختارهای مینیاتوری این دسته از قطعات جایگاه ویژه ای در تولیدات پزشکی، هوافضا، رباتیک ، حرارت و برودت و به خصوص سیستم های الکترونیکی- مکانیکی به خود اختصاص داده اند . روشهای مختلفی جهت ارزیابی قابلیت شکل دهی این لوله ها از جمله روش فلرینگ^۱ ، آزمایش کشش و خمش وجود دارد. در این مقاله قابلیت شکل دهی و کاهش ضخامت دیواره جانبی میکرو لوله با بررسی اثر پارامترهای موثر از جمله بررسی اثر سرعت، دما، کیفیت سطح، کرنش و رفتار تنش سیلان ماده تحت شرایط حاکم بر فرایند میکرو لوله مسی اکسید فسفر با روش حل عددی پرداخته شده است. رفتار ماده به کمک مدل جانسون- کوک مدل شده است. و در نهایت نتایج عددی با نتایج حاصل از حل تجربی مقایسه شده‌اند و نتایج انطباق خوبی را نشان داده اند.

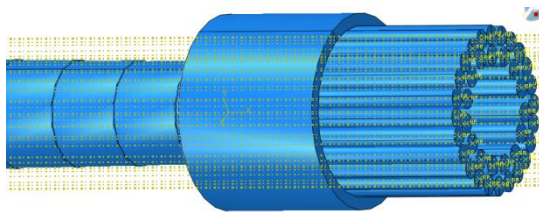
واژه‌های کلیدی: تست سوزنی^۲، حل عددی، معادله جانسون کوک.

مقدمه

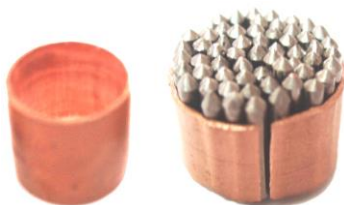
تولید قطعات میکروبی، یکی از حرکت‌های نوآوری در بسیاری از محصولات جدید می باشد، از جمله می توان تولید مدل‌های جدید کامپیوتر، اتومبیل، تلفن همراه، دستگاههای پخش سی دی، پخش کننده های MP3 ، گستره‌ای از صفحات نمایش مسطح، ابزارهای پزشکی و ایمپلنت ها و ... اشاره نمود[۱]. با توجه به کوچک سازی مشکلاتی بین رفتار ماده در ابعاد میکرو و ماکرو بوجود می‌آید که در این تحقیق سعی شده است با انتخاب پارامترهای مناسب مربوطه تا حدی بر این مشکلات غلبه شود. از جمله می‌توان به انتخاب دقیق ماده با در نظر گرفتن قابلیت بالای شکل دهی و رفتار تنش_کرنش اشاره نمود[۲]. مقایسه فرایندهای شکل دهی میکرونی و ماکروبی نشان می دهد که دسته ای از عوامل علی رقم کاهش ابعاد ثابت می مانند، که در این زمینه میرزایی و همکارانش رفتار سطح نگاری و خصوصیات سطح میکرو لوله فلزی در تست فلرینگ را بررسی کرده‌اند و بیشتر تمرکز شان در مورد زبری سطح میکرو لوله فلزی بوده است[۳]. اثر اندازه ممکن است در بین ویژگیهای ساختاری ،خصوصیات ماده و مواد ابزار وجود داشته باشد. اثر اندازه تاثیرات متفاوتی روی فرایند های شکل دهی داشته که از جمله می توان به اثر اندازه دانه در رفتار شکل دهی میکرو لوله فلزی در تست فلرینگ اشاره نمود [۴].

^۱ Flaring test
^۲ Needle test

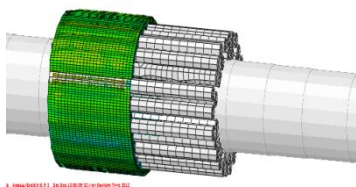
موضوع این تحقیق توسعه و مقایسه یک روش جدید با بررسی قابلیت شکل دهی لوله های نرم در اندازه های کوچک در فرآیند تست سوزنی می باشد (شکل ۱). در این روش اثر بعضی از پارامترهای موثر در شکل دهی دیواره میکرو لوله ها به کمک روش حل عددی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. پارامترهای موثری نظیر شکل پذیری، کار سختی و صافی سطح در دماهای متفاوت بررسی و مقایسه شده اند. یک ابزار استوانه چند پله ای قطر اولیه D1 و قطر پله آخر D35، طول هر پله برابر با ۴/۵۶ میلی متر و شعاع راکورد هر پله ۰/۰۵ میلی متر است و سوزن های فولادی با قطر D و ارتفاع h وارد لوله میکروبی با ضخامت اولیه t0 و قطر اولیه D0 می شود. در این روش ابزار استوانه از درون میکرو لوله عبور داده می شود تا گسیختگی در دیواره جانبی میکرو لوله ایجاد گردد. این روش ابداعی تکامل یافته روش تست سوزنی (شکل ۲-الف) بدون استفاده از ابزار استوانه ای می باشد [۵]. در مقایسه هر دو مدل با وارد کردن ۴۹ سوزن فولادی گسیختگی بصورت کامل رخ داده است (شکل ۲)، در این مقاله از روش دیگر مدل سازی برای شکل دهی دیواره و محدودیت های آن استفاده شده است و در نهایت نتایج حاصل از بررسی پارامترهای موثر شکل دهی در روش جدید با تست سوزنی جهت اعتبار سنجی مقایسه شده است.



شکل ۱: روش تست سوزنی جدید.



(الف)



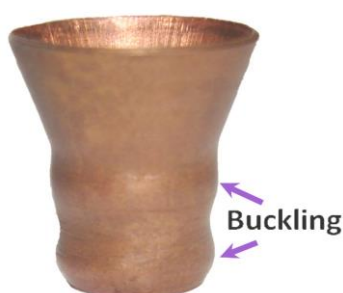
(ب)

شکل ۲: مقایسه مدل (الف) آزمایشگاهی، (ب) حل عددی جهت اعتبار سنجی مدل عددی.

روش های تست لوله

تست فلرینگ

تست فلرینگ یکی از مهمترین و شناخته شده ترین روش های مرسوم برای بررسی قابلیت شکل دهی دیواره جانبی لوله های فلزی می باشد. چندین مقاله در مورد رفتار ماده در تست فلرینگ صورت گرفته است که از جمله میرزایی و مناب [۶ و ۷] خصوصیات مکانیکی لوله ها و چگونگی روانکاری و همچنین قابلیت شکل دهی دهانه میکرو لوله با استفاده از ابزار مخروطی را بررسی و مطالعه کردند. در این روش یک لوله فلزی با دو قطر خارجی D0 و D1 توسط یک ابزار مخروطی تحت زاویه α با نیروی F وارد لوله می شود و دهانه لوله را شکل دهی می کند. این فرایند تا جایی که اولین شکست در دهانه لوله رخ دهد و باعث شکل پذیری لوله فلزی در ناحیه پلاستیک شود ادامه می یابد. با تمام محاسن، این روش دارای معایبی نیز می باشد که از جمله آنها می توان به کمانش نمونه حین فرایند اشاره کرد. بنابراین زمانی که ماده لوله بسیار نرم است تست فلرینگ روش مناسب و توصیه شده ای نمی باشد. شکل (۳) پدیده کمانش در تست فلرینگ را نشان می دهد.



شکل ۳: پدیده کمانش در لوله نرم مسی در تست فلرینگ.

روش تست سوزنی

در تست سوزنی قطر داخلی لوله با سوزن هایی که در شکل (۲) نمایش داده شده پر می شود و این عمل تا مرحله گسیختگی ادامه پیدا می کند. در تست سوزنی جدید، سوزن های فولادی با قطر ۱/۳ و ارتفاع ۲۰ میلی متر در دو ردیف دور تا دور قطر داخلی لوله قرار گرفته و یک ابزار استوانه ای در وسط با قطر اولیه ۳ و نهایی ۱۰۴/۶ میلی متر و ارتفاع هر پله ۴/۵۶ و شعاع راکورد پله ها ۰/۰۵ میلی متر درون یک لوله اکسید فسفر مس با قطر خارجی ۱۲،۷ و ضخامت ۰،۸ و ارتفاع ۱۰ میلی متر، مدل سازی شده اند. در این روش پیشروی ابزار استوانه ای تا زمانی ادامه می یابد که اولین گسیختگی در دیواره میکرو لوله حاصل شود. روش حل عددی بررسی شده برای این تست حل صریح دینامیکی ۱ در نرم افزار ABAQUS می باشد. میکرو لوله، ابزار استوانه ای و سوزن های فولادی نشان داده شده در شکل (۱) به ترتیب تحت شرایط ایزوتروپیک ترموالاستیک - ترموپلاستیک و صلب مدل شده اند. میرزایی و همکارانش نشان داده اند که رفتار ماده لوله میکروبی مانند رفتار ماده در مقیاس های ماکروبی است [۸]. بنابراین در این روش رفتار شکل دهی، کار سختی و نرخ کرنش در دماهای متفاوت به کمک رابطه جانسون-کک (معادله (۱)) مدل شده است. این معادله به صورت گسترده ای برای مواد آهنی و غیر آهنی به کار رفته است. لازم به ذکر است که در معادله اولیه ارائه شده هیچ بازه ای برای تغییر شکل الاستیک توسط جانسون - کوک در نظر گرفته نشده که دلیل آنها برای این موضوع ناچیز بودن این تغییر شکل ها در فرایندهای شکل دهی فلزات می باشد. ماده میکرو لوله از جنس دی اکسید فسفر مس - c1220 می باشد. خصوصیات مکانیکی ماده که در این معادله استفاده شده است (جدول ۱) از تست های متداول کشش و فشار حاصل شده است.

Explicit ^۱

(۱)

$$\sigma_y = (A + B \varepsilon^n) \left(1 + C \ln \frac{\dot{\varepsilon}_y^p}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \left(1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r} \right)^m \right)$$

در این معادله σ_y تنش حقیقی، ε کرنش پلاستیک حقیقی، $\dot{\varepsilon}_0$ نرخ کرنش پلاستیک، $\dot{\varepsilon}_y$ نرخ کرنش پلاستیک مینا، T دمای لحظه ای قطعه کار، T_r دمای محیط، T_m دمای ذوب ماده قطعه کار و A, B, n, m ثابت های این معادله می باشند. این مدل برای بیان رفتار تنش سیلان مواد در تغییر شکل های بزرگ با سرعت بالا می باشد. بر اساس معیار جانسون_کوک ماده زمانی دچار گسیختگی میشود که مقدار W به مقدار ۱ برسد، مقدار W از رابطه زیر محاسبه میشود:

(۲)

$$\varepsilon_r = \left(D_1 + D_2 \exp \left(D_3 \frac{\sigma_H}{\sigma_{eq}} \right) \right) \left(1 + D_4 \ln \frac{\dot{\varepsilon}_y^p}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \left(1 + D_5 \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r} \right)^m \right)$$

(۳)

$$W = \sum \frac{\Delta \varepsilon_y^p}{\varepsilon_r}$$

در رابطه فوق σ_H تنش هیدرواستاتیک و σ_{eq} تنش معادل ون مایز است. عبارت $\Delta \varepsilon_y^p$ تغییرات کرنش پلاستیک معادل را نشان میدهد. D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 ضرایب ثابتی هستند که از نتایج آزمایشگاهی حاصل میشود.

در محیط نرم افزار ماده میکرو لوله را شکل پذیر و سه بعدی و قطعه ابزار استوانه ای سه بعدی و پوسته ای صلب در نظر گرفته شده اند. در شرایط مرزی ماده میکرو لوله در راستای محور اصلی (طولی) مهار شده است و در جهات محورهای دیگر آزاد در نظر گرفته شده است. مدل مش بندی شده میکرو لوله از ۱۰۰ گره المان در لبه تشکیل شده است. که در این مدل از ۳۵۰۰۰ المان مربعی استفاده شده است.

بررسی اثر پارامترهای موثر بر فرایند

با توجه به اینکه در حل آزمایشگاهی اثر بعضی از پارامترهای موثر بر قابلیت شکل دهی میکرو لوله های فلزی را نمی توان بررسی کرد، بعد از اعتبار سنجی اثر پارامترهای شکست میکرو لوله از روش حل عددی استفاده شده است.

اثر پارامتر سرعت

با توجه به اینکه در حل آزمایشگاهی کنترل سرعت بارگذاری دشوار می باشد لذا اثر سرعت روی تنش با حل عددی شبیه سازی شده است. در این مدل فرایند سرعت ابزار از ۰/۰۰۰۰۱ mm/sec تا ۰/۰۱ mm/sec تغییر میکند، و ابزار درون میکرو لوله از یک طرف وارد و از طرف دیگر خارج میشود این عمل تا زمانی ادامه می یابد که گسیختگی در قطعه میکرونی مشاهده شود. شکل (۴) تاثیر سرعت ابزار با پیشروی یکسان در تنش های ون مایز روی نمونه را در منطقه بحرانی شکل دهی نشان می دهد. همانطوری که در شکل (۴) مشاهده میشود با افزایش سرعت و پیشروی ابزار تنش افزایش می یابد، این موضوع مربوط به اثر کار سختی ناشی از

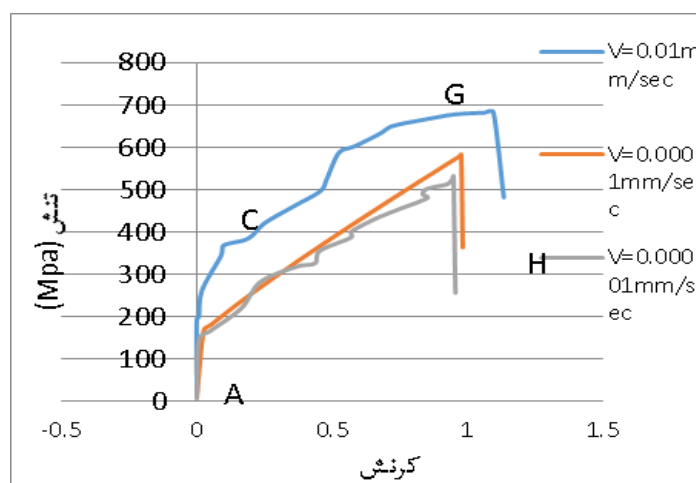
افزایش سرعت فرآیند باشد. در شکل (۵) اثر سرعت فرایند بر روی گسیختگی مشاهده می‌شود، با افزایش سرعت قابلیت شکل دهی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد این مسئله نشان می‌دهد برای دستیابی به تغییر شکل بالا باید سرعت فرایند را کاهش داد.

اثر ضریب اصطکاک

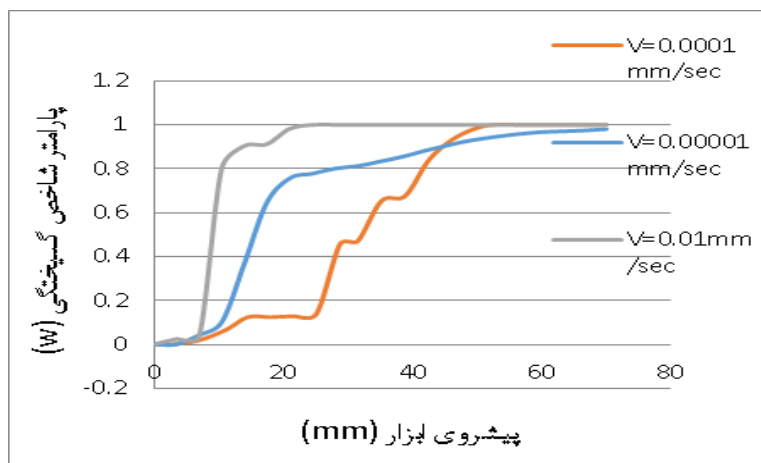
در حل آزمایشگاهی می‌توان قطعات را روغنکاری کرد اما بررسی اثر پارامتر اصطکاک روی میکرو لوله های فلزی با استفاده از روشهای آزمایشگاهی براحتی امکان پذیر نمی‌باشد لذا از روش حل عددی استفاده شده است. در واقع اصطکاک میان ابزار و قطعه تاثیر بسزایی در شکل گرفتن مناسب و کیفیت سطح دارد، به نحوی که در صورت عدم انتخاب مناسب آن احتمال ایجاد معایب سطحی در قطعات بالا می‌رود. به همین منظور میزان ضریب اصطکاک سینماتیکی بین $0/01$ تا $0/6$ تغییر داده و سایر پارامترها ثابت در نظر گرفته می‌شوند. در شکل (۶) تاثیر ضرایب اصطکاک مختلف بر روی تنش _ کرنش نمایش داده شده است. در نمودار با کاهش ضریب اصطکاک مقدار تنش کاهش می‌یابد. در این فرایند ها اثر پارامتر اصطکاک بر روی تنش و کرنش در منطقه بحرانی بار گذاری بر اساس پیشروی یکسان ابزار بررسی شده است. به کمک شکل (۷) می‌توان دریافت که با افزایش اصطکاک گسیختگی زودتر اتفاق می‌افتد لذا استفاده از یک روانکار خوب که بتواند شرایط اصطکاکی مناسب را فراهم کند می‌تواند قابلیت شکل دهی و کیفیت سطح را افزایش دهد.

اثر دما

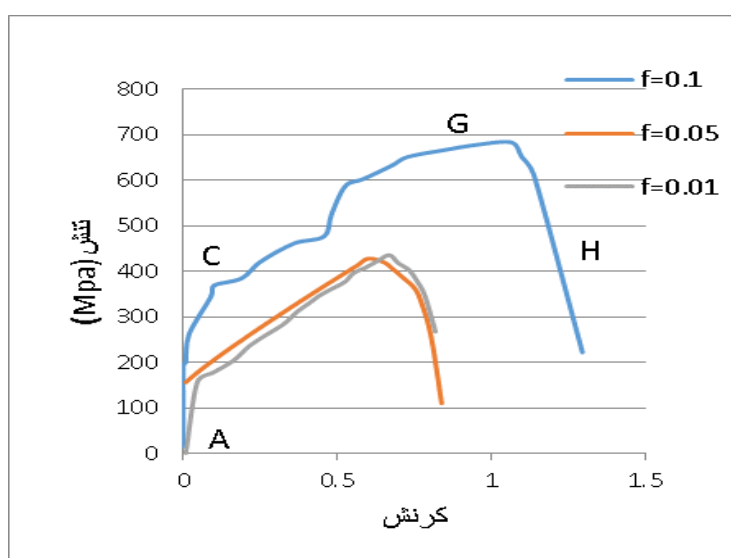
در این فرایند مقایسه اثر دمای کار سرد و کار نیمه گرم بررسی شده است. دماها به ترتیب $0/1$ ، $0/2$ ، $0/3$ و $0/4$ دمای ذوب قطعه می‌باشند. با بررسی تغییرات منحنی شکل (۸) نشان می‌دهد که با افزایش دما تنش کاهش می‌یابد که این موضوع می‌تواند مربوط به کاهش اثر کار سختی ناشی از افزایش دمای شکل دهی فرایند باشد.



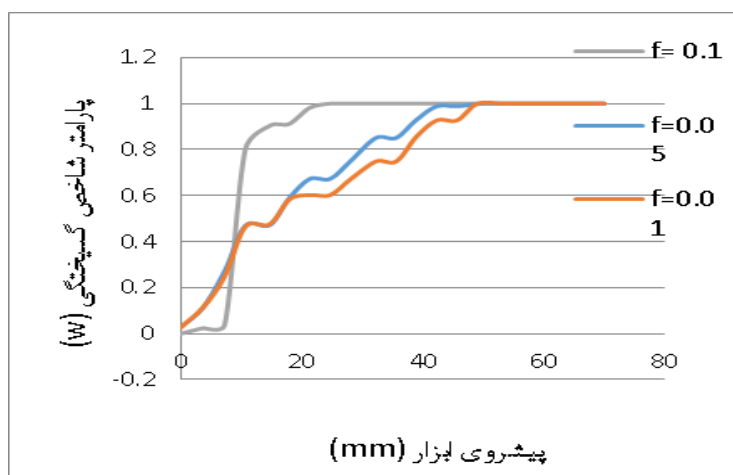
شکل ۴. نمودار تنش _ کرنش در منطقه بحرانی شروع گسیختگی.



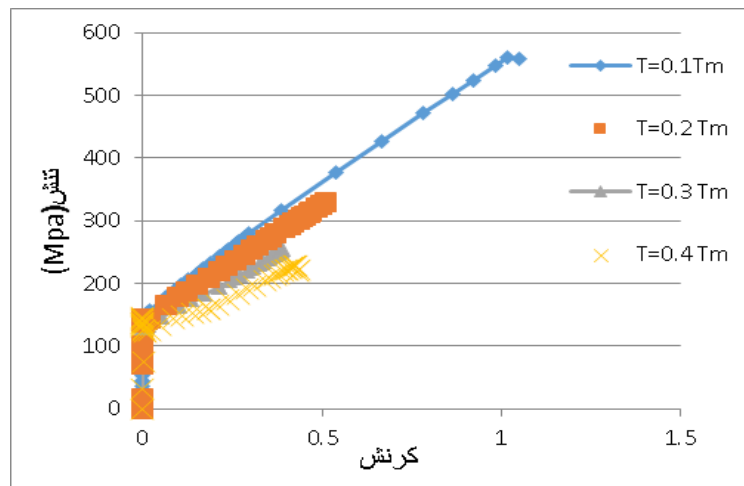
شکل ۵. نمودار گسیختگی - پیشروی در منطقه بحرانی شروع



شکل ۶. نمودار تنش_ کرنش در منطقه بحرانی شروع گسیختگی.



شکل ۷. نمودار گسیختگی - پیشروی با اثر اصطکاک.



شکل ۸. نمودار دمای تنش _ کرنش در منطقه بحرانی شروع گسیختگی.

بحث و نتیجه گیری

در مقاله پیش رو، رفتار شکل دهی تست سوزنی برای میکرو لوله با روش حل عددی مطالعه و بررسی شده است، روش تست سوزنی میکرو لوله مسی با یک ابزار استوانه‌ای و سوزن‌های فولادی در یک مدل سه بعدی شبیه سازی شده است. نتایج این کار را میتوان بصورت زیر خلاصه کرد

با افزایش اصطکاک نرخ کرنش افزایش یافته و اثرات کار سختی تشدید می‌شود بنابراین گسیختگی زودتر و سریعتر رخ می‌دهد.

در روش سوزنی در مقایسه با روش ابزار مخروطی احتمال رخ دادن کمانش بسیار کمتر است.

در روش سوزنی جدید در مقایسه با روش قدیم نیروی اعمالی ابزار (F) به صورت متقارن و قابل محاسبه می‌باشد.

با افزایش سرعت ابزار میزان تنش و کرنش افزایش می‌یابد و قابلیت شکل دهی را کمتر میکند.

با افزایش سرعت ابزار گسیختگی سریعتر رخ میدهد.

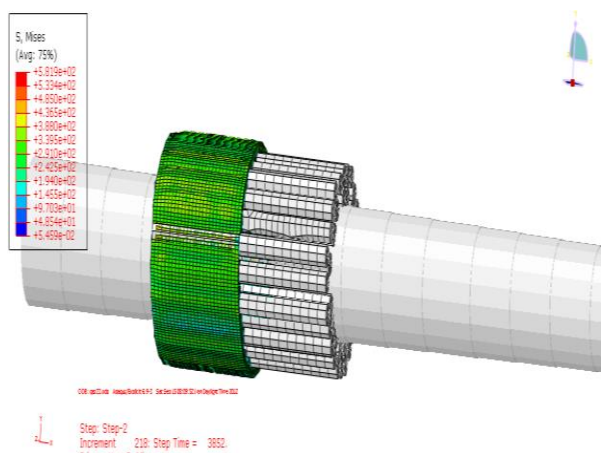
با افزایش دما نرخ کرنش کاهش می‌یابد.

رفتار ماده به چند بخش تقسیم می‌شود (شکل ۳ و ۵)، از A تا C افزایش تدریجی تنش ابزار درون میکرو لوله می‌باشد. مطابق نتایج آزمایشگاهی و نتایج عددی در این منطقه تغییر شکل الاستیک رخ داده است. در منطقه دوم در موقعیت بین C تا G پیشروی بار و روی منحنی مشاهده می‌شود این پیشروی تا زمانی است که شکست H در دیواره محیطی میکرو لوله ظاهر شود.

مراجع

- [1] Elsevier, Inc. <http://www.elsevier.com/locate/permission>.
- [2] Mirzai, M.A., Manabe, K., Tribological Behavior and Surface Characteristic of Metal Microtube in flaring test, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, (2009), Submitted.
- [3] Mirzai, M.A., Manabe, K., Effect of tool surface topography on interfacial deformation behavior of metal microtube in flaring test, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, (2008), Submitted.
- [4] Mirzai, M.A., 2009, Tube Needle Test, Iran Patent No. 60749.
- [5] Mirzai, M.A., Manabe, K. and Mabuchi, T. (2008) 'Deformation characteristics of microtubes in flaring test', Journal of Materials Processing Technology, Vol. 201, pp.214-219.
- [6] Mirzai, M.A., Manabe, K., Mabuchi, T., 2009, FE Analysis of Size Effect on Deformation Behavior of Metal Microtube Considering Surface

- [7] M.A. Mirzai., A New Method for Determination of Circumferential Ductility for Thin-walled Ductile Tubes.
 [8]
 [9] [8] M.A. Mirzai., A New Method for Determination of Circumferential Ductility for Thin-walled Ductile Tubes.
 5th International Conference and Exhibition on Design and Production of MACHINES and DIES/MOLDS 18-21
 JUNE 2009 Pine Bay Hotel - Kusadasi, Aydin, TURKEY .



شکل ۹. نمای از میکرو لوله در تست سوزنی شبیه سازی شده.

Young's Modulus (Gpa)	128
Poisson ratio	0.34
C	0.025
A[Mpa]	440
B[Mpa]	150
n	0.9
m	1.09
Melting Temp(°c)	1035
Transition Temp(°c)	25
Conductivity	291
Expansion	1.68e-5
Inelastic heat friction	0.5

Specific heat	381
Density(kg/mm ³)	0.00896
D ₁	0.3
D ₂	0.28
D ₃	-3.03
D ₄	0.014
D ₅	1.12
Reference strain rate	1
At failure	0. 1

جدول ۱: خواص مکانیکی میکرو لوله فلزی.

iMat
Conference 2014