

## دراسة تأثير نقطة الانقلاب في قوالب البثق الانسيابية

د. ازل رفعت اسماعيل\*، د. عمار احمد حسين\* و اسيل حمد عبد\*

تاريخ الاستلام: ٢٠٠٩/٣/١٧

تاريخ القبول: ٢٠٠٩/٩/٣

## الخلاصة

تم دراسة تأثير تغيير نقطة انقلاب منحنى القالب ( inflection point ) لقوالب البثق المصممة على أساس مفهوم خط الانسياب (streamline) على قيم كل من الحمل اللازم لعملية البثق ونط توزيع مسارات الانفعال والإجهاد. صممت ثلاث قوالب وبنقاط انقلاب مختلفة عند (٠.٧٥ ، ٠.٥ ، ٠.٢٥) من طول القالب ونسبة تخفيض بالمساحة (٤٠) وتحت ظروف التماثل (axisymmetry) وانعدام الاحتكاك (frictionless condition) حلت النتائج باستخدام برنامج ( Ansys 5.4 ) الخاص بتقنية العناصر المحددة. وبينت الدراسة بأن قيم الحمل و توزيع مسارات الانفعال واجهاد القص لعملية البثق بتغير موقع نقطة الانقلاب في منحنى القالب وأن أفضل قالب هو الذي يحقق اقل قيم للحمل وأفضل نمط توزيع لمسارات الانفعال والتي تكون أكثر انتظاماً وهذا وجد في القالب الذي يمتلك نقطة انقلاب في المنتصف .

## Investigatvon of The Effect of The Inflection Point of Stream Line Dwevagin

## Abstract

The effect of the inflection point of die profile has been investigated for dies designed according to the streamline concept, dies designed with different inflection point have been adopted ( ٠.٢٥ ، ٠.٥ ، ٠.٧٥ ) from the original length of die, under the axisymmetric condition with reduction of area (%٤٠), under frictionless condition, with pass length (20 mm). A special (F.E.M) cod (Ansys 5.4) has been applied for analysis. The results in this study shows that the position of inflection point effectual on extrusion load and the strain distribution, and the inflection point at which the extrusion load is minimum and more homogenous strain distribution lies in middle of die (i.e at 0.5 L).

## المقدمة

نظراً للاهتمام المتزايد بعملية البثق التي تمثل إحدى طرق تشكيل المعادن التي من خلاله يتم الحصول على مقاطع ذات أشكال هندسية لاصغر لها من مختلف المواد المعدنية والامعدنية التي لها القابلية على الانسياب اللدن خلال قالب التشكيل بفعل الأجهادات الأنضغاطية [١] أجريت على عملية البثق دراسات وبحوث كثيرة ومتشعبة تناولت تأثير متغيرات عديدة لعملية البثق مثل تأثير نسبة التخفيض بالمساحة، طول القالب والاحتكاك . الخ واستعملت عدة طرق لتحليل عملية التشكيل هذه مثل مجال خطوط الانزلاق ( slip line

filed ) وطريقة الحد الأعلى (U.B.T) واللدونة المرئية (Visoplasticity), وبما أن هذه الطرق يكتنفها التعقيد عند تحليل الأشكال المعقدة تم اللجوء إلى استخدام الطرق العددية للتحليل مثل طريق العناصر المحددة (F.E.M) وتقنية العناصر الحدية (B.E.M) [٢] وطبقت هذه التقنيات من قبل عدة باحثين حيث أكد Ravikiran [3] أن تقنية العناصر المحددة عند تطبيقها على عملية تشكيل المعادن تعطي نتائج جيدة جداً في وصف التشوهات الحاصلة في المعدن نتيجة عملية التشكيل وقام كل من Manab [5] and [2] W.T.WU بتطبيق (F.E.M) على عمليات التشكيل على البارد

والساخن وبين خواص انسياب المعدن وقامت [6] AL-byaty بدراسة وتحليل الأجهادات والتشوهات في قوالب البثق باستخدام [F.E.M]. وبما أن لهندسية شكل القالب دور أساسي في تحديد نمط التشويه ومجالات معدل الانفعال والاجهادات ومن ثم تحديد القدرة المطلوبة لأجراء عملية التشكيل والتحكم بسلامة المنتج ظهرت عدة مفاهيم لتصميم القوالب مثل ثبات نسب الأنفعال المتجانس (CRHS) وثبات متوسط الأنفعال (CMSR) ، مفهوم خط الأسباب ، دالة الجيب والجيب تمام أو الاعتماد على معادلات رياضية معينة . هذه المفاهيم قد تم تناولها من قبل عدة باحثين [7-9]. أما بحثنا الحالي فقد تناول مفهوم خط الأنسياب (The streamline concept) لتصميم القوالب حيث تمثل القوالب حالة خاصة من القوالب المنحنية التي تتسم بانحدار صفري باتجاه البثق عند مدخل ومخرج القالب وتمتاز هذه القوالب بتقليلها لمتطلبات الضغط ويكون التشويه فيها متجانسا ومنظما بسبب عدم حصول قص للمعدن أو انقطاع لمجالات السرعة عند الدخول والخروج من القالب

$$p(u) = \sum_{i=0}^n B_{i,n}(u) p_i \quad (1) \quad (0 \leq u \leq 1)$$

حيث ان  $B_{i,n}(u)$  :- دالة (blending function) يمكن ايجادها من خلال العلاقة التالية :-

$$B_{i,n}(u) = (i^n)(u)^i(1-u)^{n-1} \quad (2) \quad 0 \leq u \leq 1$$

$$(i^n) = \frac{n!}{i!(n-i)!} \quad i=0, \dots, n \quad (3)$$

وباستعمال معادلة (١) و(2) لايجاد منحني بيزر من الدرجة الثالثة والذي يحدد بواسطة أربع نقاط سيطرة [14,13]

$$B_{0,3} = (1-u)^3$$

$$B_{1,3} = 3u(1-u)^2$$

$$B_{2,3} = 3u^2(1-u)$$

$$B_{3,3} = u^3 \quad \dots \dots (٤)$$

وبتعويض معادلة (٤) في معادلة (١) نحصل على

هدف البحث  
بما أن تأثير تغير نقطة الانقلاب لم يلقى حظه من الدراسات النظامية كما هو الحال في باقي مناحي عملية البثق من متطلبات القدرة التي وضعت لها دراسات وطرق عديدة تناول هذا البحث دراسة تأثير تغير نقطة الانقلاب على تغير هندسية شكل القالب وبيان تأثير هذا التغيير على قيم كل من الحمل وأسلوب توزيع الأنفعالات والاجهادات على المنتج.  
الاعتبارات النظرية  
تم تصميم الشكل الهندسي للقوالب بالاعتماد على مفهوم خط الأنسياب المعتمد في البحوث [10-12] والتي تعتمد على النظام المعان بالحاسوب (CAD) باستخدام تقنية النمذجة السطحية (Surface

(106)

٢ - عنصر جاسيء (rigid) يرمن له (169 targe). ذو جساءة عالية ويستخدم لتمثيل الدوات والقوالب غالبا.

3- عنصر تماس (contact) كعنصر تماس بين المعدن المشكل والقالب.

العنصرين الخيرين يستخدمان لتمثيل حالة التماس بين المعدن والاداة.

#### النتائج والمناقشة

يتضح من الشكل (٤) الذي يمثل العلاقة بين الحمل المحوري والأزاحة أن القالب الذي يمتلك نقطة انقلاب عند بداية القالب أي عند (0.25L) يمتلك أعلى قيم للحمل المحوري ويتسلسل نزولا بالقالب الذي يمتلك نقطة الانقك ب في المنتصف (0.5L) ثم القالب الذي يمتلك نقطة الانقلاب في نهاية القالب أي عند (0.75L) ومن ملاحظة المنحني نجد أن الحمل في القالب (0.25L) يبدأ بالزيادة مباشرة أما القالب (0.5L) يأخذ مسافة بعدها يبدأ بالزيادة وأخيرا القالب (0.75L) يأخذ مسافة أكثر ثم يبدأ بالزيادة ويعود سبب ذلك الى حصول عملية الملىء (Felling) للمعدن داخل القالب قبل حصول عملية قص المعدن لغرض تقليل المساحة وعلى الرغم من ذلك فإن الحمل يستمر بالزيادة الى أن يصل الى حالة الأستقرار (Steady state condition) الأشكال من (٥-٩) تمثل نسق توزيع مسارات (contours) ضمن مدى المسارات من (A-1) كما موضح في جدول (٢) المرفق لحالات الأنفعال المكافيء وأجهاد القص والأجهاد المحوري للقوالب الثلاثة .

#### توزيع مسارات الأنفعال المكافيء

أن قيم الأنفعال المكافيء للقوالب الثلاثة مبين في جدول (٢) وتندرج الزيادة في المسار (A) الذي يمثل أدنى قيمة للأنفعال

$$p(u) = (1-u)^3 p_0 + 3u(1-u)^2 p_1 + 3u^2(1-u)p_2 + u^3 p_3 \quad (5)$$

ويمكن التعبير عنها بشكل مصفوفة

$$P(u) = \begin{bmatrix} u^3 & u^2 & u & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} \quad (6)$$

وبتعويض  $U=0$  و  $U=1$  في معادلة (٥) ينتج

$$P(0) = P_0 \\ P(1) = \dots\dots(7)$$

هذا يعني أن بداية المنحني هي النقطة  $p_0$  ونهاية المنحني هي النقطة  $P_3$  كما موضح في شكل رقم (1) [15,13] حيث يمكن تغيير شكل المنحني بتغيير موقع وأتجاه ( $P_2, P_1$ ) بدون تغيير موقع وأتجاه نقطة البداية والنهاية ( $P_3, P_0$ ) والشكل رقم (٢) يوضح الشكل الهندسي للقوالب بنقاط انقلاب مختلفة

أما الخواص الميكانيكية لسبيكة الألمنيوم المستخدمة في التحليل ممثلة بخواص ثنائية متجانسة (Bilinear isotropic condition) وفي حالة التماثل (Axisymmetry) بنسبة تخفيض في المساحة (40%) وبطول منطقة تماس بين القالب والمعدن (20mm) تحت ظروف أعدام الاحتكاك (frictionless) مبينة في جدول رقم (1). أما تحليل النتائج فقد أعتمد على برنامج خاص بتقنية العناصر المحددة (Ansys 5.4). استعمل معدن ذو خواص ثنائية خطية متجانسة (Bilinear isotropic condition) واستخدم ثلاث انواع من العناصر كما موضح في شكل (٣) ١ - عنصر رباعي يرمن له (visco

أكثر انتظاما وتجانسا في قالب (0.5L) من باقي القوالب والشكل رقم (9) يوضح نمط توزيع مسارات انفعال القص للقوالب الثلاثة ومن خلال رسم العلاقة بين نقطة الانقلاب و كل من الحمل المحوري الأنفعال المكافئ والأجهادات المكافئة والممثلة بالأشكال (١٠،١١،١٢) تم ملاحظة أن أفضل نقطة انقلاب هي عند منتصف القالب لما تحققه من أقل حمل محوري وأقل قيم لكل من الأنفعال المكافئ والأجهاد المكافئ.

ومن خلال رسم العلاقة بين نقطة الانقلاب و كل من الحمل المحوري الأنفعال المكافئ والأجهادات المكافئة والممثلة بالأشكال (١٠،١١،١٢) تم ملاحظة أن أفضل نقطة انقلاب هي عند منتصف القالب لما تحققه من أقل حمل محوري وأقل قيم لكل من الأنفعال المكافئ والأجهاد المكافئ.

#### الاستنتاجات

من خلال هذه الدراسة تم أستنتاج مايلي:

١ . أن لهندسية شكل القالب تأثير كبير على قيم حمل البثق ونسق توزيع مسارات الانفعالات الفعالة (ع)

$$T(xy) ، \sigma(y)$$

٢ . القالب ذو نقطة انقلاب عند (0.25L) يكون ذو قيم انفعالات وأجهادات وحمل محوري أعلى من بقية القوالب.

3. نمط توزيع الأجهادات وانفعالات يكون أكثر أنتظاما وتجانسا في القالب ذو نقطة انقلاب في المنتصف (0.5L) من باقي القوالب.

٤ . القالب ذو نقطة انقك ب في المنتصف (0.5L) يمثل أفضل القوالب من ناحية قيم حمل البثق وانتظام وتجانس توزيع المسارات.

#### المصادر

الى المسار (I) الذي يمثل أدنى قيمة للانفعال المكافئ و نلاحظ أن تركيز الأنفعالات يكون قليل عند مدخل ومخرج القالب وذلك لأن القوالب تتسم بانحدار صفري عند مدخل ومخرج القالب.

ونلاحظ أن أعلى قيم للانفعالات تحصل عند القالب (0.25L) وذلك بسبب تعرض المعدن الى ظروف قاسية وتشوهات عالية لحظة دخول المعدن الى منطقة التشويه. أما القالب (0.5L) فأن توزيع مسارات الأنفعال فيه تكون أكثر انتظاما وتجانسا من باقي القوالب كما مبين في شكل (5) والعلاقة الموضحة في شكل (٦)

#### ١ - توزيع مسار الاجهاد العمودي

الأجهادات المحورية أجهادات انضغاطية على العموم من بداية دخول المعدن الى ما قبل خروجه من القالب حيث يتحول الى اجهادات شديدة ومن ملاحظة جدول (٣) يتبين أن الاجهادات الأنضغاطية اعلى من قيمة الأجهادات الشدية لكافة القوالب وهذا شيء منطقي لأن في عملية البثق المعدن المشوه يتعرض الى اجهادات أنضغاطية تتناقص الى الصفر عند مخرج القالب أي على السطح الحر ( Free Surface) ومن ملاحظة الجدول يتبين أن المعدن المشكل في القالب (0.75L) يتعرض الى اجهادات انضغاطية أعلى من بقية القوالب بعده القالب (0.25L) ثم القالب (0.5L) كما مبين في شكل (7) والعلاقة الموضحة في شكل (٨).

#### ٢ - توزيع مسارات اجهاد القص

واضح من الجدول (4) أن اجهادات القص أجهادات انضغاطية في بداية دخول المعدن للقالب تتحول بعد ذلك الى اجهادات شديدة في وسط القالب متحولة بعد ذلك الى اجهادات انضغاطية في نهاية القالب مرة اخرى وان اعظم قيمة لاجهاد القص نجدها في قالب (0.25L) ويندرج نزولا الى (0.5L) ثم (0.75L) لكن التوزيع يكون

***through Curved Dies"***

International Journal of Mechanics Science Vol.(27), No. (10), pp. (653-663), (1985).

[8]T.Z.Blazynski "*Design of tools for deformation process*" Elsever applied science publisher 1986.

[9]Xie Shuisheng and Wang Zutang "*Numerical Simulation and Experimental Investigation of the Effect of Die Profiles on the Flow during Metal Extrusion*" Chinese Journal of Mechanical Engineering Vol.(2) , No.(2) , pp. (223-232), (1989).

[10]S.Badrinarayanan "*Perform and Die Design Problems in Metals Forming*" Ph.D Thesis submitted to Cornell University, January, (1997).

[11]K.Abrinia and H.Bloorbar "*Anew Upper Bound Solution for the Extrusion of Shaped Sections Using CAD Techniques*" European Congress on Computational Methods in Applied Sciences an Engineering, September, (2000).

[12]Yung Chou Kao "*Integration of CAD/CAM on Metal Extrusion Die*" Ph.D Thesis submitted to University of South Australia, (1994).

[13]Michal E.Mortenson "*Geometric Modeling*" Second

[1]"*Aluminum extrusion technology*" 2000 www/fundamentals of extrusion

[2] أزل رفعت أسماعيل "دراسة تأثير طول منطقة التماس بين المعدن والقوالب البثق ذات الأشكال الهندسية المختلفة باستخدام تقنية العناصر المحددة" مجلة الهندسة والتكنولوجيا ال عدد ١٢ مجلد ٢٠٠١

[3]Ravikiran duggirals "*Using FEM in metal forming process*" Applied Tech.Feb. 1990

[4]W.T.Wu and J.P.Tang "*Finite Element Analysis of Three Dimensional Metal Flow in Cold and Hot Forming Processes*" Annals of the CIRP January Vol. (43), pp. (235-239) (1994).

[5]Manabu K iuchi and Yanagimoto "*Characterization of Three Dimensional Metal Flow in Extrusion Process*" Annals of the CIRP. Vol.(45) , No.(1), pp. (235-238), (1996).

[6]H.A.A.AL-Byaty "*Stress and deformation analysis of extrusion dies using finite element method*" PH.D thesis submitted to department of production engineering and metallurgy. UOT Baghdad Iraq 2000.

[7]D.Y.Yang, C.H.Han and B.C.Lee "*The use of Generalized Deformation Boundaries for the Analysis of Axisymmetric Extrusion*

*a computerized design for manufacturing system of different sectional extrusion die*" Msc.Thesis submitted to department of production engineering and metallurgy.UOT. Baghada Iraq 2005

edition, Johan Wiley and Sons. (1997).

[14]Don Cornford "*Computer Graphics*" Computer Science, Aston University, Birmingham September Vol. (20) [WWW.cs.aston.ac.uk](http://WWW.cs.aston.ac.uk) (2004).

[15]MohmoudAhmed "*Development and evaluation of*

جدول (١) الخواص لميكانيكية لسبيكة الالمنيوم

Modulus of elasticity ( $E_x$ )	210 Gpa
Yield stress	70 MPa
Poisson's ratio	0.3
Weight density	2700 N/m <sup>3</sup>
Tangent modules	0.1 Gpa

جدول (٢) قيم الانفعال المكافيء

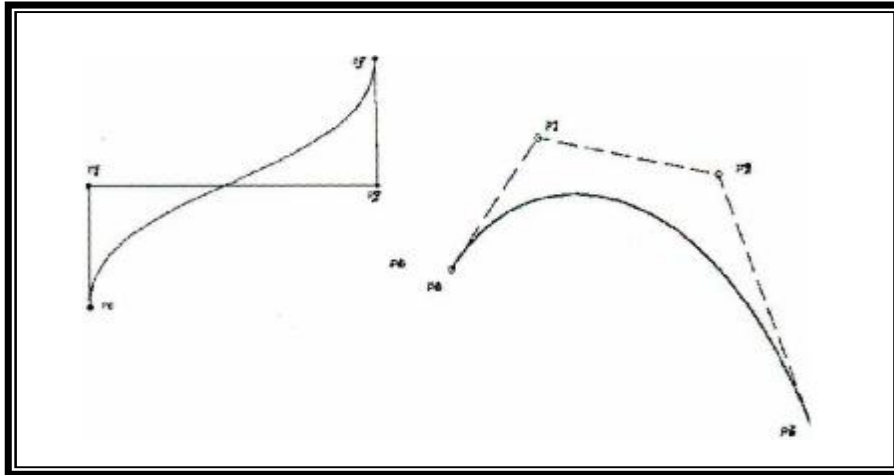
0.25L	0.5L	0.75L	Limit
0.0757	0.05104	0.06911	Lower (A)
0.9951	0.74432	0.82144	Upper (I)

## جدول (٣) قيم الاجهاد العمودي

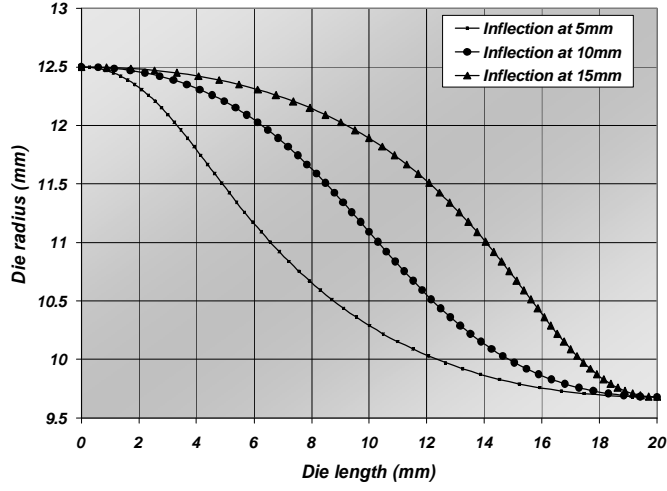
0.25L	0.5L	0.75L	Limit
-0.922E8	-0.855E8	-0.988E8	Lower (A)
0.415E8	0.516E8	0.915E8	Upper (I)

## جدول (٤) قيم اجهادات القص

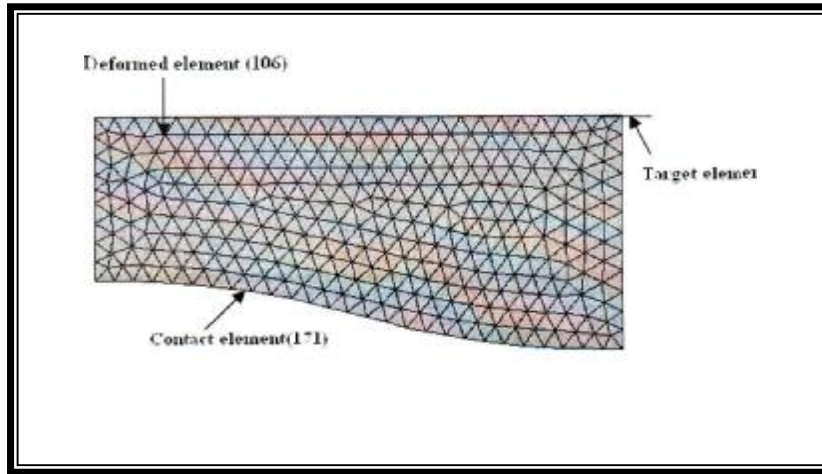
0.25L	0.5L	0.75L	Limit
-0.038E8	-0.490E8	-0.522E8	Lower (A)
0.176E8	0.286E8	0.400E8	Upper (I)



شكل (١) [13] منحنى بيزر من الدرجة الثالثة

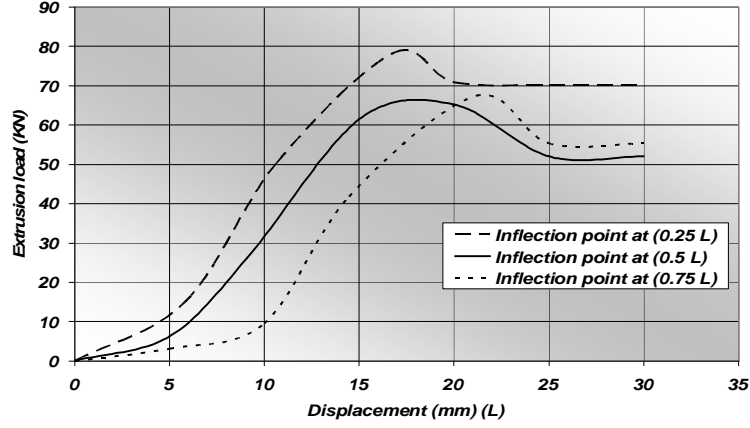


الشكل رقم (٢) يوضح الشكل الهندسي للقوالب بنقاط انقلاب مختلفة

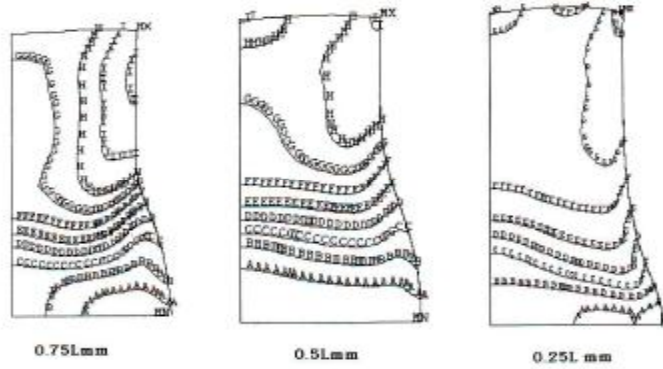


شكل (٣) يوضح العناصر المستخدمة وشكل المجال المستخدم

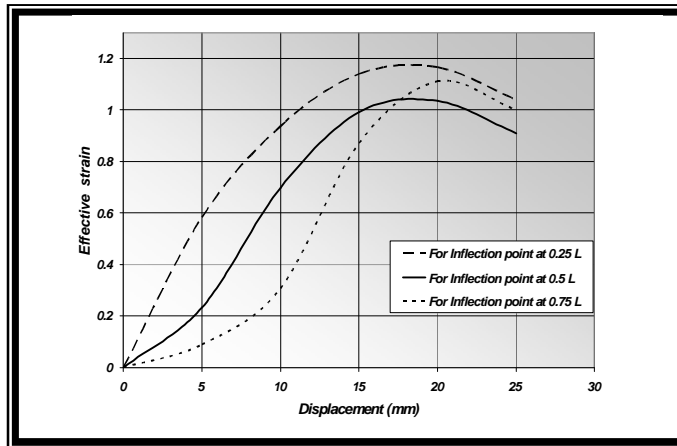




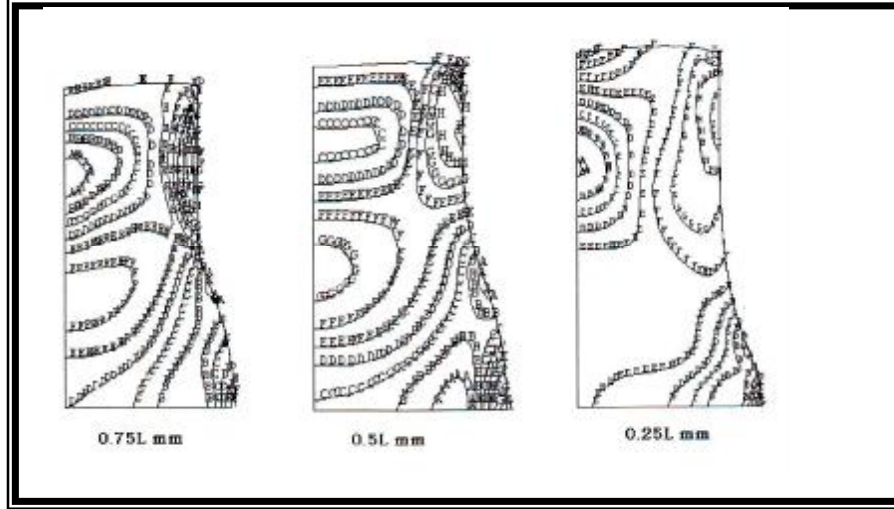
شكل (٤) العلاقة بين طول القالب وحمل البثق للقوالب.



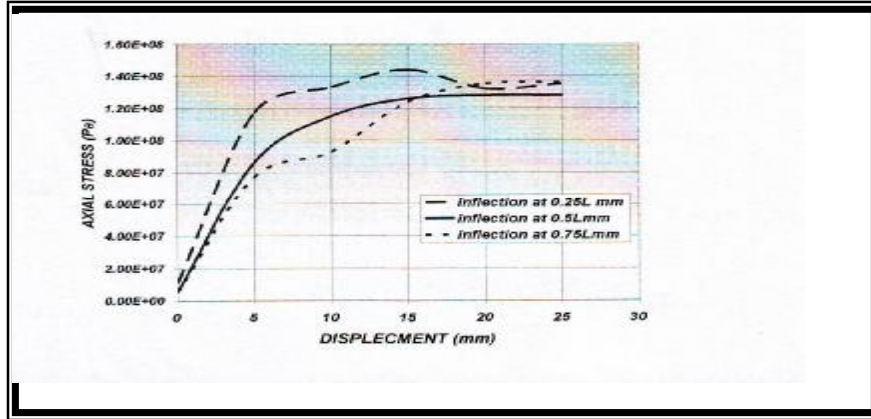
شكل (5) يوضح نمط توزيع مسار الانفعالات اللدنة الفعالة للقوالب الثلاثة.



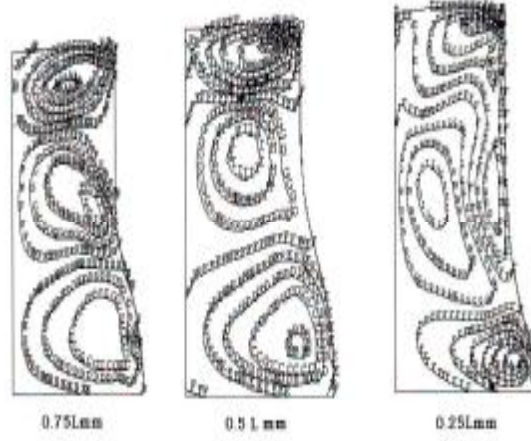
شكل (٦) العلاقة بين طول القالب واعظم انفعال فعال على المعدن



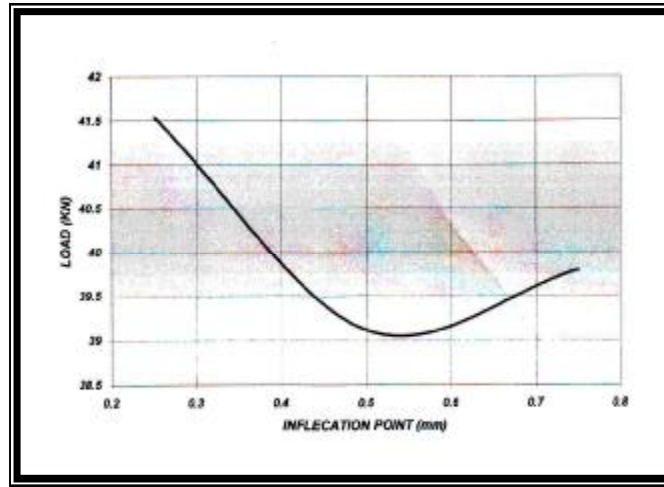
شكل (٧) يوضح نمط توزيع مسار الاجهادات المحورية للقوالب الثلاثة.



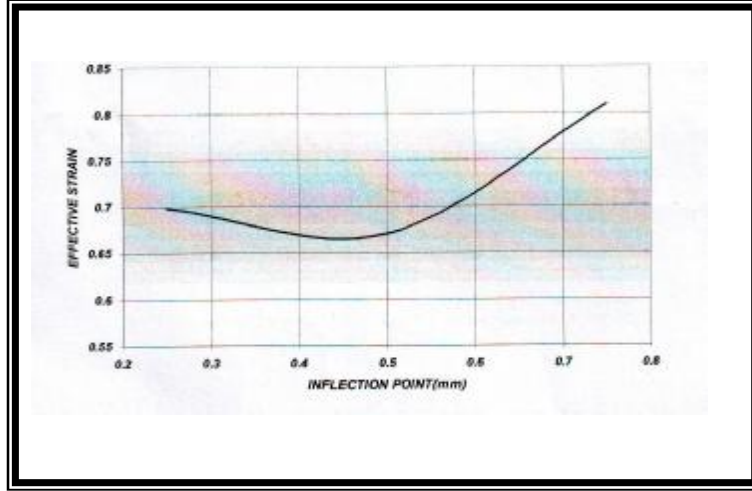
شكل (٨) العلاقة بين طول القالب وأعظم اجهاد محوري على المعدن



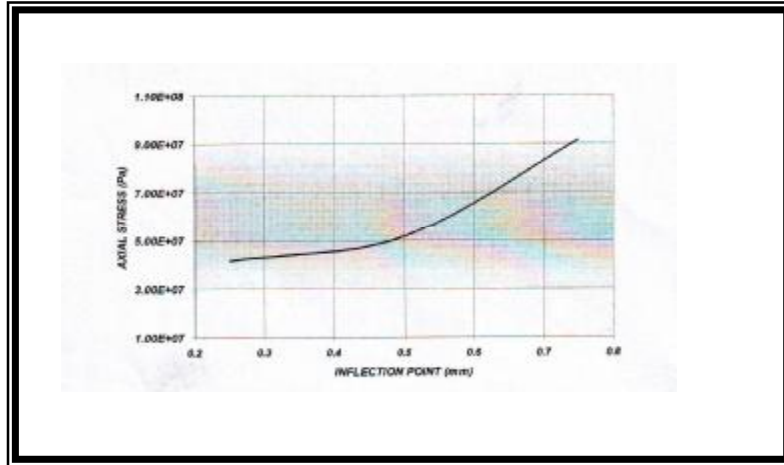
شكل (٩) يوضح نمط توزيع مسارات اجهاد القص للقوالب الثلاثة



شكل (١٠) العلاقة بين نقطة الانقلاب وأعظم حمل بثق.



شكل (١١) العلاقة بين نقطة الانقلاب وأكبر انفعال فعال.



شكل (١٢) العلاقة بين نقطة انقلاب القالب وأكبر إجهاد محوري.