

## تأثير عدم تناظر القالب على عملية البثق وانحناء المبتوثات

د. طلال عبد الجبار عبد الوهاب\* م. م. عاصفة مهدي محمد\* م. م. دنيا هرمز اسكندر\*

تاريخ التسليم: 2008/11/23

تاريخ القبول: 2009/4/2

## الخلاصة

ان تطور انتاج مقاطع مقوسة بالابعاد المطلوبة وفي عملية تشكيل واحده باستخدام عملية البثق المباشر بدأ يتزايد سنويا نتيجة لتزايد الطلب على استخدامات هذه المقاطع في الحياة العملية كبناء اجسام السيارات والسكك الحديدية ، اعتمد البحث الحالي على ايجاد طريقة جديدة لتصميم قوالب غير متناظرة تقوم ببثق وتقويس المنتج في آن واحد من خلال التحكم بجريان انسياب المعدن في منطقة التشويه داخل القالب غير المتناظر. لقد تم استخدام أنموذج (Ansys) لتصميم قوالب غير متناظرة بحيث تختلف زاوية القالب العلوية عن زاوية القالب السفلية واعتماد طريقة العناصر المحددة (F.E.M.) ونظرية الحد الاعلى (U.B.T) ومحاكاة عدد من العوامل وهي (زاوية القالب ، تأثير توزيع الاجهاد والانفعال، عامل الاحتكاك ، ومقدار انحراف المنتج) للحصول على منتج مبثوق على البارد ومقوس في خطوة واحدة كما تم في هذا البحث حساب الطاقات المستهلكة في عملية البثق وضغط البثق النسبي ومقارنة ضغط البثق النسبي منها مع الضغط النسبي باستخدام الطريقتين للحصول على مصداقية النتائج وبينت النتائج: ظهور انحراف في المنتج المبثوق عند استخدام القوالب غير المتناظرة (عندما تكون زاوية القالب العلوية تختلف عن زاوية القالب السفلية) باتجاه الزاوية الصغيرة دائما كما أظهرت النتائج امكانية التحكم و تحديد مقدار التقوس في المنتج من خلال تحديد عوامل البثق وزيادة انحراف المنتج بزيادة ازاحة المادة داخل القالب.

## Effect of Non-Symmetric Die on Extrusion Process And Product Bending

### Abstract

The development in production of curved sections in one forming process using direct extrusion process is going to increase annually because of increasing demands on such sections that are used in car body construction and railways .This research aims to find a new method for design of non-symmetric dies ,that can extrude a curved product by one pass of extrusion and by controlling the material flow through the deformation zone of the die .The (F.E.M) and (U.B.M) were used in designing the non-symmetric dies so that the lower and upper die angles are different. The simulation of metal flow during the extrusion process, stresses and strains distribution in the bullet, friction factor and the die angles on the bending or eccentricity of the product were found. The extrusion pressure and the power consumption during the process were also found using both (FEM) and (UBM) methods. The results have shown that :

The bend of the product using non-symmetric dies is always towards the small die angle. It has been also shown that the amount of bent or the eccentricity of the

product can be predicted from the extrusion parameters. The amount of eccentricity increased with increases of the metal displacement in the dies .

**Keywords:** finite element method, direct extrusion, non-symmetric section

الرموز المستخدمة في البحث:

الرمز	المصطلح
$\alpha$	زاوية القالب . (degree)
$A_0$	مساحة الدخول ( $mm^2$ )
K	اجهاد الخضوع القصي ( $N/mm^2$ )
P/Y	ضغط البثق النسبي
R.A%	نسبة التخصر بالمساحة .
$V_0$	سرعة المعدن عند مخرج القالب. (mm/sec)
$W_I$	الطاقة المستهلكة نتيجة التشويه اللدن. (Watt)
$W_{SE}, W_{SI}$	الطاقة المستهلكة بسبب السرعة غير المستمره و عند مدخل القالب ومخرجه . (Watt)
$W_F$	الطاقة المستهلكة نتيجة الاحتكاك بين المعدن و القالب . (Watt)
$W_T$	الطاقة المستهلكة الكلية . (Watt)
Y	اجهاد الخضوع للمادة ( $N/mm^2$ )

### 1- المقدمة:

بثق غيرمتناظرة من الناحية العملية ولكافتها العالية، استخدم الباحثون اسلوب التحليل بالاعتماد على نظرية الحد الاعلى (U.B.T.) لتصميم قوالب ثلاثية الابعاد (3-D) للبثق اللامركزي. استخدم الباحث Müller [1]طريقتين احدهما تعتمد على اختلاف السرعة داخل القالب والاخرى باستخدام جهاز النفوس واستنتج ان الطريقة الاولى تحتاج الى طاقة اقل ، والطريقة الثانية تكون جيدة اذا كانت اداة الانحناء اقرب ما يمكن الى قالب البثق للحصول على اصغر قطر منحنى .

قام الباحثان Chitkara و Celik [2] بتصميم قوالب ذات أشكال افتراضية للبثق المركزي الثلاثي الابعاد لمقاطع مربعة من خامات اولية دائرية، كما اعد الباحثان برنامج حاسوبي للحصول على التصميم الامثل للقالب والذي يعطي افضل حد اعلى لظروف بثق معينة

ان قلة الدراسات في عمليات بثق المقاطع باستخدام قوالب غير متناظرة وتأثير عدم التناظر على تقوس المنتج. دعا الباحثون الى دراسة هذا البحث فمن المعروف سابقا بان هناك طريقتين للحصول على انحراف في منتج البثق تعتمد الاولى على استخدام جهاز النفوس بعد البثق مباشرة الا ان هذه الطريقة تكون عالية الكلفة ويرافقها تشوه والتواء شديد يسبب في بعض الاحيان فشل المنتج اما الطريقة الثانية فتعتمد على تأثير جريان المعدن المبتوق خلال عملية البثق [1] ، والتي اعتمدها البحث الحالي باستخدام قوالب بثق غير متناظرة ثنائية الأبعاد لمقطع على شكل مستطيل باستخدام طريقة العناصر المحددة (F.E.M) ومحاكاة عدد من العوامل وهي (زاوية القالب ، تأثير توزيع الاجهاد والانفعال، عامل الاحتكاك ، ومقدار انحراف المنتج). ونظرا لصعوبة تصميم قوالب

نوع-L، و H ومقاطع اخرى. وقد بدت هذه الطريقة التحليلية مرنة جداً ويمكن تطبيقها بصورة عامة للاشكال غير المتماثلة .

استنتجت دراسة Chitkara و [5] Das إمكانية تطبيق حلول مجال خطوط الانزلاق المقترحه عند وجود لامركزية منخفضة وان اقصى قيمة لامركزية التي يعتبر عندها الحل مقبولاً تتغير مع نسبة الاختصار. كما ان ضغط البثق عملياً لا يتأثر باللامركزية لنسب اختصار اقل من 45%، بينما لنسبة اختصار اكبر من 45% يزداد ضغط البثق مع زيادة اللامركزية ويكون التأثير اكبر لنسب الاختصار الاعلى. وظهرت النتائج النظرية انها في تطابق جيد مع النتائج العملية .

## 2- الجانب النظري:

### 1-2 استخدام طريقة العناصر المحددة:

تم استخدام البرنامج (Ansys) في تحليل ودراسة عملية البثق ، حيث تم استخدام العنصر (Visco 106) [7] في تمثيل المادة التي تم تشكيلها ومثل القالب بالعنصر (Target 169) [7] مع استخدام العنصر (Contact 171) [7] لتمثيل التماس بين المعدن والقالب حيث تم تمثيل المعدن ب (475) عنصر ، كما موضح في الشكل (1) .وبعد وضع الشروط الحدية للنموذج تم تسليط حمل على الجانب الايسر للمعدن على شكل ازاحة حيث كانت تتراوح بين (30-35) mm كما في الشكل (2). وقد استغرق وقت البرنامج من (3-1) ساعات

من نسب تخفيض في المساحة وطول القالب ووضع اللامركزية وظروف الاحتكاك. وتم اجراء حسابات لنوعين من القوالب هما القوالب المتقاربة (Converging dies) والقوالب المنحنية الملساء (smooth curved end dies) ثم التنبؤ بنقوس المنتج المبتوق.

وقد طور الباحثان Chitkara و Celik [3] في دراسة اخرى البثق اللامركزي باستخدام نظرية الحد الاعلى لتصميم قوالب ثلاثية الابعاد لمقاطع ذات اشكال افتراضية من خلال قوالب تقاربية خطية (linearly converging dies) وقوالب منحنية ملساء (smooth curved) وتم اشتقاق مجموعة عامة من مجالات السرعة المسموحة حركياً بأفترض خطوط الانسياب نوع (Bezier) [9] التي توفر انسجاماً لتمثيل السطح مع معظم منظومات (CAD-CAM) للحصول على انسياب معدني غير منتظم اكثر واقعية،

ثم ادخال دالة سرعة خاصة الى مجالات السرعة المشتقة. وتم الاخذ بنظر الاعتبار تأثير التصليد الانفعالي للمادة. ووفرت الطريقة المقترحة امكانية الحصول على تنبؤات لأنموذج الشبكة المشكلة وتقوس المنتج المبتوق إضافة للحد الاعلى لضغط البثق تحت ظروف بثق معينة من نسبة التخفيض بالمساحة وخواص المادة وظروف الاحتكاك ووضع اللامركزية لمقطع الخروج

استطاعت دراسة Kiuchi .M. R, et .al [4] من ايجاد حسابات ناجحة للطاقة اللازمة وضغط، البثق و طول القالب المثالي و الابعاد للمنطقة الميتة (Dead Zone) وذلك لعملية البثق من مادة معدنية دائرية، مربعة ومستطيلة المقطع الى قضبان واعمد و اسلاك بمقاطع مربعة و مستطيلة و سداسية وبشكل

الامتثل للحل العملي لحالة عدم تناظر (Non-Symmetric) ولبعدين (2-D) بالاعتماد على سلوك المعدن الذي يخضع الى نظرية (Von-Mises) وذلك لمقارنة نتائج (F.E.M.) مع (U.B.T.) للحصول على مصداقية النتائج .

### 3-2 حساب ضغط البثق النسبي (Relative Extrusion Pressure)

يمكن الحصول على ضغط البثق النسبي من المعادلة التالية [8]:

$$P/Y = \frac{W_T}{A_o \cdot V_o \cdot \sqrt{3} \cdot k} \quad \dots (2)$$

### 3- النتائج و المناقشة:

#### 3-1 نتائج طريقة العناصر المحددة (F.E.M.):

استخدمت (F.E.M.) لتحليل عملية بثق مقطع مستطيل الشكل حيث تم تصميم القالب بزوايا غير متساوية حول المحور (x) وعمل (Mesh) لكل جزء فكان المنتج ذو ميلان ونقوس باتجاه زوايا القالب الصغيرة وتم دراسة تأثير العوامل المختلفة في ضغط البثق النسبي وميلان هذا المنتج.

#### A- تأثير زاوية القالب في ضغط البثق

النسبي لقالب غير متناظر:

يوضح الشكل (6) العلاقة بين ضغط البثق النسبي (P/Y) و انصاف زوايا القالب السفلية مختلفة وهـ ودرجات (8,10,12,15,20,25,30,35,40) ، لقالب غير متناظر الشكل عند نسبة تخرصر بالمساحة (R.A=30%) وقد تم تصميم

للحصول على النتائج المطلوبة كما معروض بالاشكال رقم (3) و (4) و (5) .

### 2-2 حساب الطاقة الكلية المستهلكة باستخدام نظرية الحد الاعلى:

ان الحلول الدقيقة لمسائل التشكيل المعدني امر في غاية الصعوبة وقد تحتم وضع تقريبات وتبسيطات عديدة بغية تحقيق حلول تقريبية لتلك المسائل ومن بين هذه التقريبات طول الحدين الاعلى والادنى (Upper and Lower Bounds)، يتم التقريب بافتراض مجال السرعة ومنه مجال الانفعال المقبولين حركياً أي انهما يحققان شرط ثبات الحجم وظروف السرعة الحدودية. تم استخدام نظرية الحد الاعلى في هذا البحث وحسب المعادلة رقم (1) التي تمثل الطاقات الكلية [8].

$$W_T = W_{SI} + W_{SE} + W_F + W_I \quad \dots (1)$$

تم تصميم برنامج حاسوبي بلغة (Visual Basic) بالاعتماد على نظرية الحد الاعلى لحساب طاقات التشكيل اللازمة لبثق مقاطع مستطيلة وتأثيرها على العوامل المذكورة سابقا من خلال اشتقاق المعادلة العامة للتوصل إلى معادلات الإحداثيات الكارتيزية للحصول على مركبات السرعة والانفعال وقد تم حساب ضغط البثق النسبي واشتقاق الصيغة التي تدخل في حساب الطاقة الكلية المستهلكة في عملية البثق وضغط البثق النسبي في نظرية الحد الأعلى التي هي احدى الطرق التحليلية للوصول الى التقريب

### C- تقوس المنتج وعلاقته مع زوايا القالب المختلفة وضغط البثق النسبي والطاقة المستهلكة في عملية البثق

ان تقوس المنتج خلال عملية البثق على  
البارد لها عدة فوائد منها تجنب ظاهرة  
( spring – back ) ومن خلال ملاحظة  
العلاقة البيانية بين انصاف زوايا القالب  
والتقوس في الشكل رقم (13) يلاحظ ان  
التقوس يكون منتظم سواء اكانت انصاف  
زوايا القالب السفلية اعلى او اصغر من  
نصف زاوية القالب العلوية الثابتة والتي  
قيمتها =  $(15^\circ)$  والتي تجعل القالب متناظر  
في حالة تساويها مع نصف زاوية القالب  
السفلية المختلفة.

كما يوضح الشكل رقم ( 14 ) العلاقة بين  
تقوس المعدن وضغط البثق النسبي ويلاحظ  
انه يحصل اكبر ضغط نسبي عند ناطق  
التقوس الكبيرة التي تتولد في زوايا القالب  
السفلية الكبيرة والتي تتجاوز نصف زاوية  
القالب العلوية الثابتة والتي قيمتها  $15^\circ$ . اما  
الشكل رقم (15) فيوضح العلاقة بين  
التقوس و الطاقة الكلية المستهلكة في عملية  
البثق وان اكبر طاقة تستهلك تكون في  
مناطق التقوس الكبيرة ،ويظهر الشكل رقم  
(16) العلاقة بين الازاحة ومقدار انحراف  
المنتج ، كما ان الاشكال (17) و( 18)  
و(19) توضح تأثير الازاحة على مقدار  
انحراف المنتج .

اما الشكلين (20) و(21) يوضحان تقوس  
منتج البثق نحو الاعلى او الاسفل حسب  
تصميم القالب الغير متناظر.

الجزء العلوي من القالب بنصف زاوية ثابتة  
هي (150) ولمعامل احتكاك=صفر، حيث  
يزداد ضغط البثق النسبي مع زيادة انصاف  
زوايا القالب السفلية (بعد تجاوز زاوية القالب  
المثالية ) كلما زادت زاوية القالب يقل طول  
القالب فيقل الاحتكاك ويزداد انزلاق المعدن  
مع السطح بسبب نقص المساحة الملامسة بين  
القالب و المعدن فيزداد سرعة انحدار المعدن  
فيحدث الميلان للمنتج نتيجة اختلاف الطاقة  
بينما في الزوايا الصغيرة يزداد طول القالب  
فيزداد الاحتكاك وتقل سرعة انزلاق المعدن  
بسبب زيادة المساحة الملامسة بين القالب  
والمعدن وبذلك يحدث فرق في سرعة انحدار  
المعدن فيحدث ميلان للمنتج نتيجة اختلاف  
توزيع الطاقة فيتجه هذا الميلان باتجاه الزوايا  
الصغيرة

### B- تأثير توزيع الاجهاد والانفعال في قالب بثق غير متناظر:

توضح الاشكال (7) و(8) و(9) تأثير  
توزيع الاجهادات لنموذج البثق حيث نلاحظ  
حدوث انحراف بالمنتج عندما تزداد نصف  
زاوية القالب او تقل عن نصف زاوية القالب  
العلوية الثابتة ، ويكون اتجاه التقوس باتجاه  
انصاف الزوايا الصغيرة ، اما اذا تساوت  
نصفي زوايا القالب العلوية والسفلية فيكون  
القالب متناظر ولا يحدث تقوس للمنتج .

في حالة الانفعال توضح الاشكال (10)  
و(11) و( 12 ) تأثير توزيع الانفعالات لنموذج  
البثق في منطقة التشكيل لنفس ظروف البثق  
في الاشكال (7) و(8) و(9) ويلاحظ ان  
الانحراف يكون باتجاه طول القالب  
الاقصر (أي باتجاه انصاف الزوايا الصغيرة)

مختلفة (55,50,45,40,35,30,25,23) ومعامل احتكاك ( $AM=0.00$ ) لمنتج مستطيل الشكل ثنائي الأبعاد حيث يلاحظ ان الطاقة النسبية المستهلكة نتيجة التشويه للندن ( $W_I$ ) تكون ثابتة بسبب ثبوت نسبة التخصر التي تعتمد عليها هذه الطاقة. اما قيمة الشغل الفائض والذي يتكون من مجموع الطاقتين النسبيتين المستهلكتين عند مدخل القالب ( $W_{SI}$ ) و عند منفذ ( $W_{SE}$ ) فتزداد بزيادة زاوية القالب وذلك لان حجم المنطقة المشكلة قد ازدادت وبذلك ازدادت الطاقة النسبية المستهلكة عند مدخل القالب ومنفذه في حين الطاقة النسبية المستهلكة نتيجة الاحتكاك بين المعدن والقالب ( $W_F$ ) ثابتة لان معامل الاحتكاك ( $M=0.00$ ) ولكن تزداد قيمتها عند زيادة معامل الاحتكاك.

يبين الشكل (24) العلاقة بين زاوية القالب الكلية والطاقة المستهلكة نتيجة الاحتكاك ( $W_F$ ) مع استخدام عامل احتكاك مختلف ويلاحظ من الشكل ان زيادة زوايا القالب تؤدي الى زيادة الطاقة المستهلكة نتيجة الانحناءات فتزداد منطقة التشكيل وتكبر عند الزوايا الكبيرة .

### 3-3 مقارنة النتائج المستحصلة عن طريق (F.E.M.) برزمة (Ansys) مع نتائج عن طريق (U.B.T.)

يبين الشكل (25) العلاقة بين اجهاد البثق النسبي وزاوية القالب الكلية عند ثبوت نسبة التخصر بالمساحة  $R.A=35\%$  ولمقطع مستطيل الشكل (مقوس) ويلاحظ ان القيم النظرية لاجهاد البثق النسبي المقاسة بطريقة

يبين الشكل رقم (17) انه عند ازاحة المعدن مسافة (0.02m) يتجه نحو الاعلى باتجاه نصف زاوية القالب الصغيرة ويكون مقدار زاوية الميلان ( $35^\circ$ ) اما الشكل (18) فقد ازدادت ازاحة المعدن في القالب الى (0.025m) ويتجه المنتج نحو الاعلى وزاوية ميلانه ( $42^\circ$ ) وكذلك عند زيادة ازاحة المعدن الى (0.03m) تزداد زاوية الميلان نحو الاعلى اكثر وتصل زاوية ميلانه الى ( $60^\circ$ ) كما في الشكل (19)

### D-تأثير مقدار معامل الاحتكاك في بثق مقاطع مستطيلة

يبين الشكل (22) العلاقة بين ضغط البثق النسبي ( $P/Y$ ) مع معامل الاحتكاك ( $AM$ ) بثبوت نسبة التخصر بالمساحة وبأختلاف زوايا القالب لمنتج مستطيل الشكل. ويلاحظ من الشكل ان زيادة معامل الاحتكاك ( $AM$ ) تؤدي الى زيادة ضغط البثق النسبي بثبوت نسبة التخصر وهذا يعود الى زيادة الطاقة النسبية المستهلكة نتيجة احتكاك المعدن والقالب وكذلك يوضح الشكل ان زيادة انصاف زاوية القالب (بعد تجاوز زاوية القالب المثالية) تؤدي الى زيادة ضغط البثق النسبي ويعود السبب الى زيادة الشغل الفائض.

### 3-2 نتائج نظرية الحد الاعلى:

مكونات الطاقة المساهمة في عملية البثق:

يبين الشكل (23) مكونات الطاقة المستهلكة في عملية بثق القوالب غير المتناظرة عند نسبة تخصر بالمساحة ثابتة وهي ( $R.A=30\%$ ) وزوايا قالب كلية

## المصادر:

- [1]- Müller K.B. "Bending of Extruded Profiles during Extrusion Process", University of Berlin ,Gustav-Meyer- Allee 25 , 13355 Berlin, Germany. 2004.
- [2]- Chitkara, N.R, and Celik K.F "Application of an Upper Bound Method to Off-Centric Extrusion of Square Sections, Analysis and Experiments", International Journal of Mechanical Applied Mechanics Division , Vol (42),PP(321-345), 2000.
- [3]- Chitkara, N.R and Celik, K.F. "A generaleged CAD/ CAM solution to the three Dimensional off – centric extrusion of shaped section Analysis" Int .Journal of Mech. Sciences, Applied Mechanics Division ,Vol (42), PP (273-294), 2000
- [4]- Kiuchi ,M, Kishi ,H , and IshiKawa ,M "Study on non-symmetric extrusion and drawing" Proc.22nd. Mech Tool .Des .Conf pp (523-532),1982
- [5]- Chitkara.N.R. and Das N.S. "A class of Slip-Line Field Solutions for Unsymmetrical Extrusion and Some Experimental Results", International Journal of Mechanical Sciences, Department Of Mechanical Engineering, University of Manchester, pp (435-443),1999
- [6]- Celik, K.F., Chitkara, N.R. "Off –centric Extrusion of Circular Rods Through Stream Lined Dies. CAD / CAM Apply Analysis and Some

(U.B.T) اعلى من القيم النظرية لقيم اجهاد البثق النسبي المقاسة بطريقة (F.E.M) بواسطة استخدام برنامج (Ansys) وهذا منطقي لان نظرية الحد الاعلى مصممة لاعطاء قيم كحد اعلى كما في الجدول رقم (1)

## الاستنتاجات:

أن من أبرز الاستنتاجات التي تم الحصول عليها من البحث الحالي هي

1- يكون انحراف المنتج الميثوق باستخدام القوالب غير المتناظرة باتجاه انصاف زوايا القالب الصغيرة دائما.

2- يمكن التحكم وتعديل التقوس في المنتج من خلال التحكم بالزوايا المختلفة لقوالب البثق التي تولد توزيع منتظم لجريان وانسياب المعدن بسرع منتظمة ودقيقة والاستغناء عن عمليات الانتاج الاضافية من اجل تعديل المنتج وذلك باستخدام قوالب غير متناظرة .

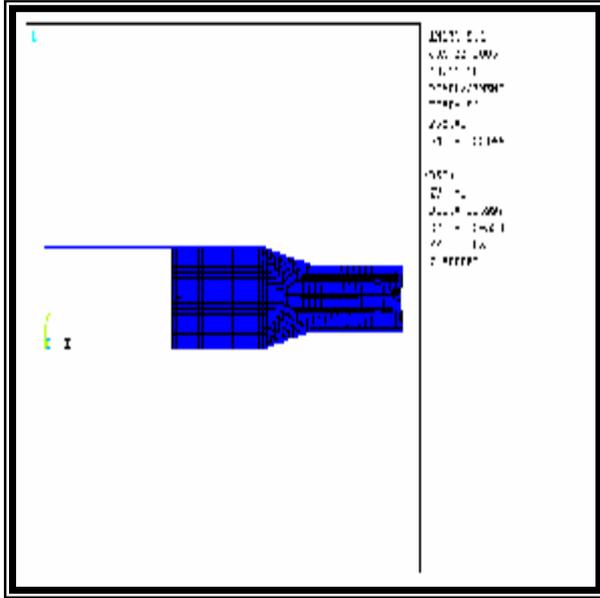
3- ان نصف زاوية القالب المثالية تتراوح بين (5-10) و التي تعطي اقل اجهاد بثق نسبي عند نسبة تخرص بالمساحة  $(R.A = 35\%)$

4- يؤثر التغير بزوايا القالب على الطاقة النسبية المستهلكة عند مدخل القالب ومنفذه  $(W_{SI})$  و  $(W_{SE})$  لان هذه الطاقة تتأثر بالانحناءات المتولدة نتيجة تغير في السرعة المستمرة عند مدخل القالب ومنفذه. اما الطاقة النسبية المستهلكة نتيجة التشويه اللدن  $(W_I)$  فتتغير بتغير نسبة التخرص بالمساحة ولا تعتمد هذه الطاقة على التغير بزوايا القالب .

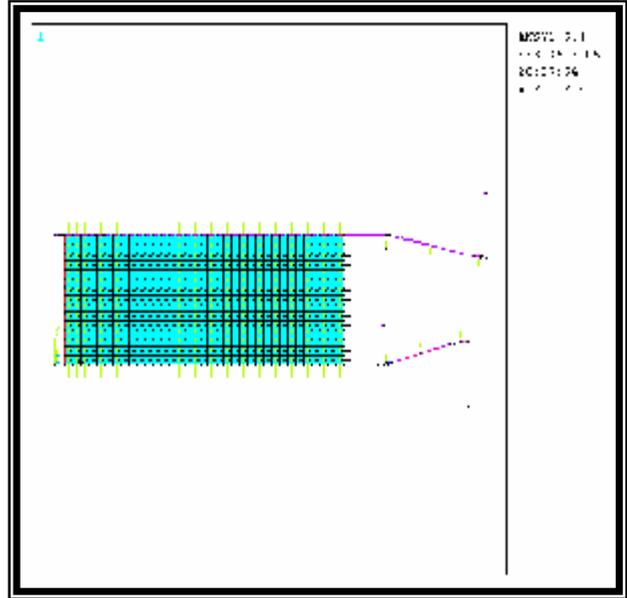
- [7] -Finite Element Model  
"ANSYS - 5.4 , Help
- [8] - Rowe G.W.,” Principles of  
Industrial Metal Working  
Processes”Edward Arnold  
LTD London,1977.
- Experiments ” International of  
Mechanical Applied Mechanics  
Division ,Department of  
Mechanical Engineering ,Umist  
, Vol (42),p(295-320),2000.**

جدول رقم (1) مقارنة بين نسبة اجهادات البثق مع  
زوايا القالب المختلفة لمقطع مستطيل الشكل  
بطريقتين F.E.M و UBM

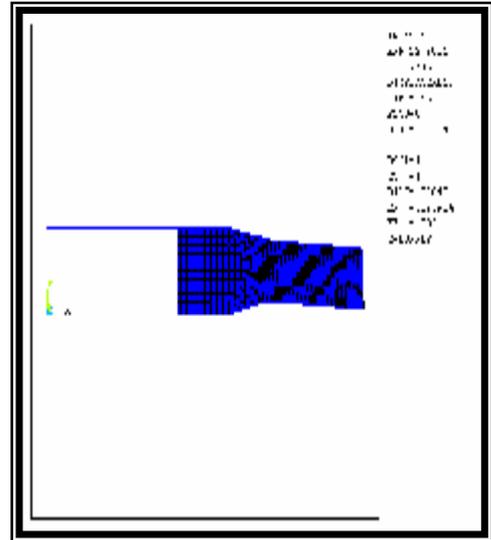
زاوية القالب الكلية	F.E.M (P/Y)	U.B. M (P/Y )	Discrep a-ncy %
25°	1.0	1.20	20
30°	1.19	1.30	9.243
35°	1.28	1.4	9.375
40°	1.36	1.52	11.764



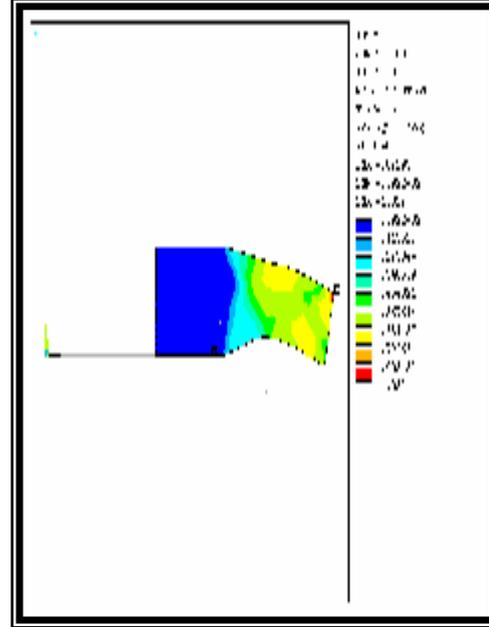
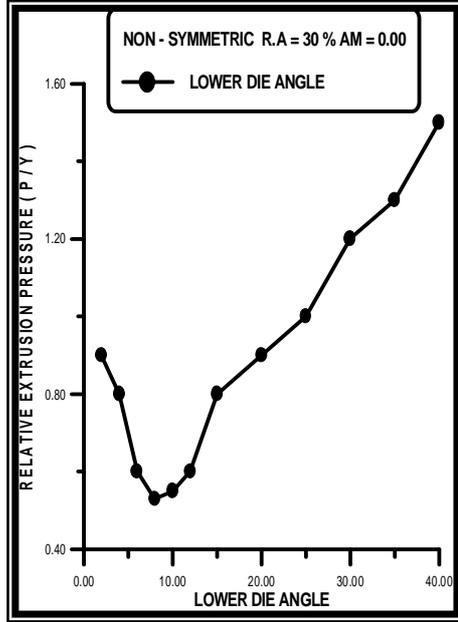
شكل (3) عملية بثق منتج مستطيل الشكل لقالب متناظر حيث زاوية النصف العلوي للقالب ( $\alpha=15^\circ$ ) وزاوية النصف السفلي ( $\alpha=15^\circ$ ) عند نسبة تخصر بالمساحة ( $R=35\%$ )



شكل (1) توزيع العناصر وشكل القالب لمنتج مستطيل لقالب غير متناظر حيث نصف الزاوية السفلية= $12^\circ$  وهي اصغر من نصف الزاوية العلوية= $15^\circ$  عند نسبة تخصر بالمساحة = $35\%$

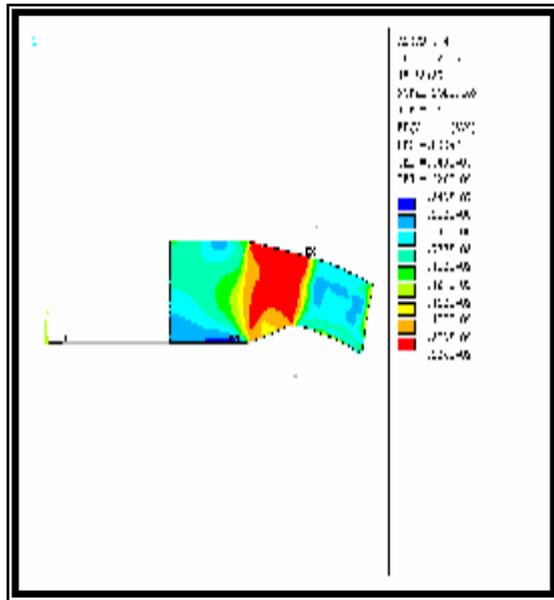


شكل (2) صورة لمنتج مستطيل الشكل وقالب غير متناظر حيث نصف زاوية القالب السفلية= $12^\circ$  وتختلف عن نصف زاوية القالب العلوية= $15^\circ$  عند نسبة تخصر بالمساحة = $35\%$

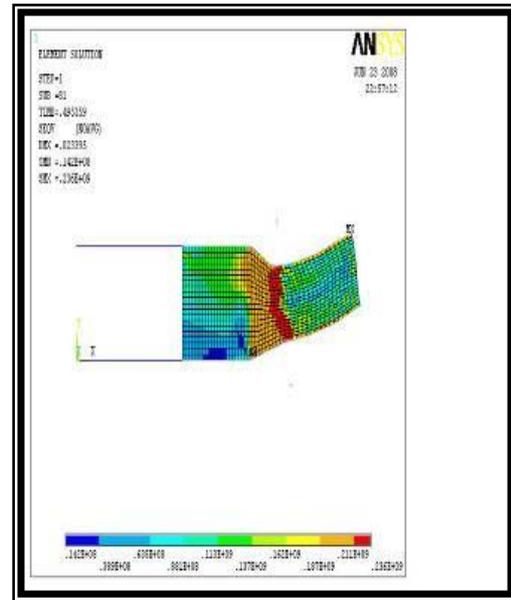


شكل (6) العلاقة بين ضغط البثق النسبي ( $p/Y$ ) مع نصف زاوية القالب السفلية لقالب غير متناظر لمنتج مستطيل الشكل عند نسبة التخصر بالمساحة ( $R.A=30\%$ ) وزاوية القالب العلوية ( $\alpha=15^\circ$ )

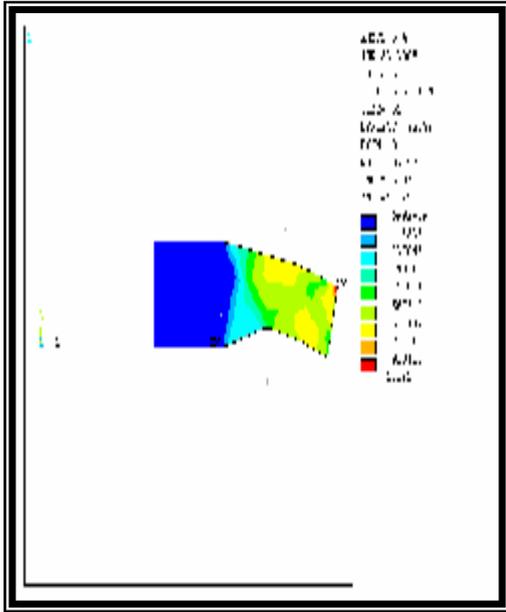
شكل (4) تأثير الأفعال لقالب غير متناظر حيث زاوية النصف السفلية للقالب ( $\alpha=10^\circ$ ) وزاوية النصف العلوية ( $\alpha=15^\circ$ ) عند نسبة تخرص بالمساحة ( $R=35\%$ )



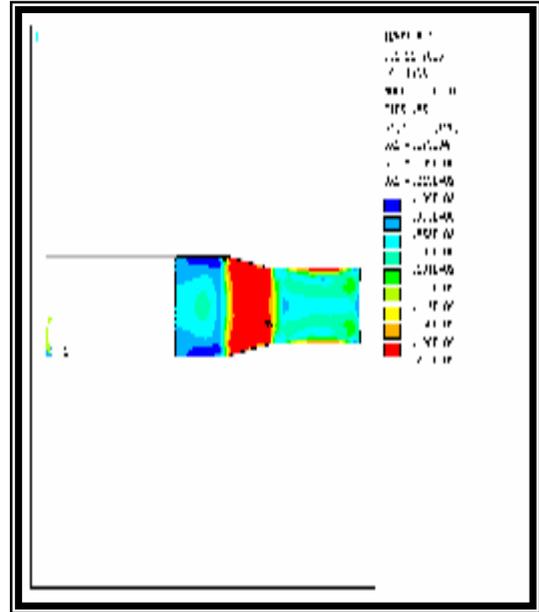
شكل (7) تأثير توزيع الأجهاد لقالب غير متناظر حيث نصف الزاوية السفلية للقالب ( $\alpha=10^\circ$ ) ونصف الزاوية العلوية ( $\alpha=15^\circ$ ) عند نسبة تخرص بالمساحة ( $R=35\%$ )



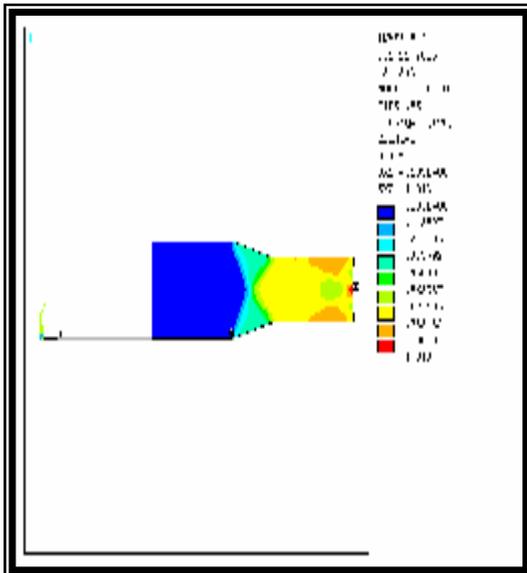
شكل (5) انحناء منتج البثق نحو الاعلى لان نصف زاوية القالب السفلية اكبر =  $25^\circ$  من نصف زاوية القالب العلوية الثابتة والتي تساوي  $15^\circ$  ويظهر الشكل ايضا الانفعالات والعناصر



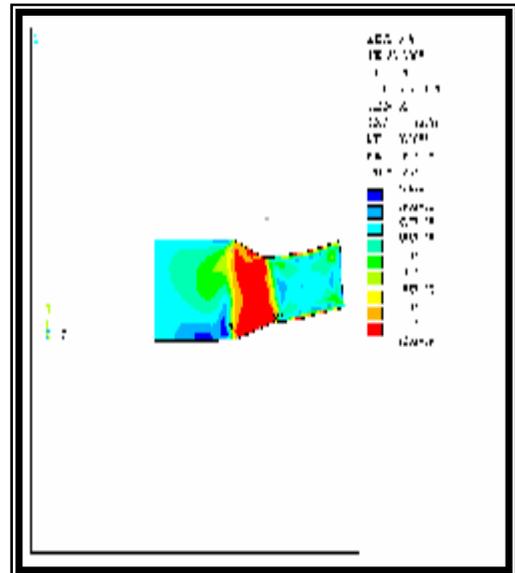
شكل (10) تأثير الأفعال لقلاب غير متناظر حيث نصف الزاوية السفلية للقلاب ( $\alpha=10^\circ$ ) وزاوية النصف العلوية ( $\alpha=15^\circ$ ) عند نسبة تخصر بالمساحة (R=35%)



شكل (8) تأثير توزيع الاجهاد في عملية بثق مقاطع مستطيلة لقلاب متناظر الشكل و نصف زاوية القالب العليا = نصف زاوية القالب السفلى ( $\alpha=15^\circ$ )

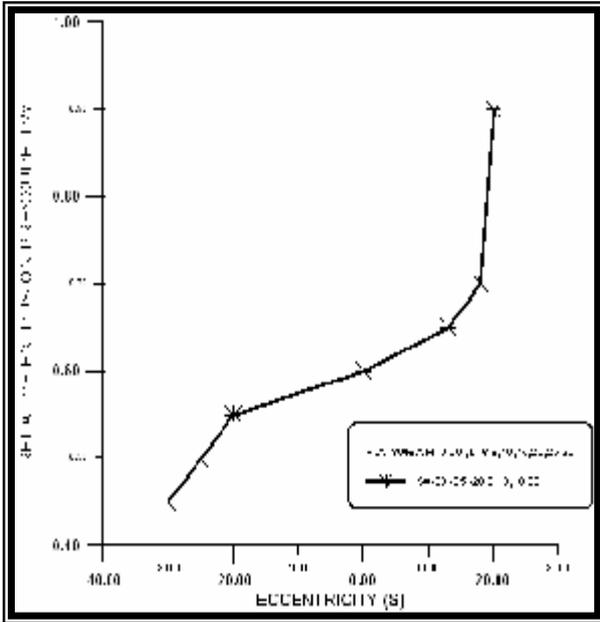


شكل (11) تأثير الأفعال في عملية بثق مقاطع مستطيلة لقلاب متناظر الشكل و نصف زاوية القالب العليا = نصف زاوية القالب السفلى ( $\alpha=15^\circ$ )

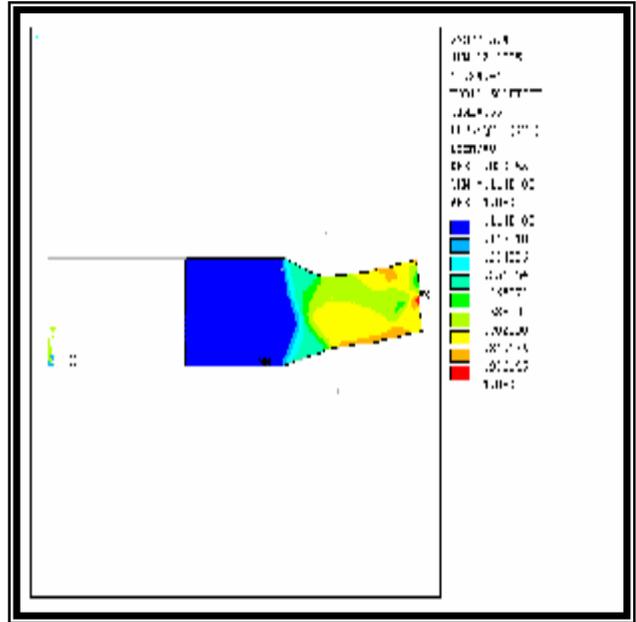


شكل (9) تأثير الأجهاد لقلاب غير متناظر حيث نصف الزاوية السفلية للقلاب ( $\alpha=20^\circ$ ) و نصف زاوية العلوية ( $\alpha=15^\circ$ ) عند نسبة تخصر بالمساحة (R=35%)

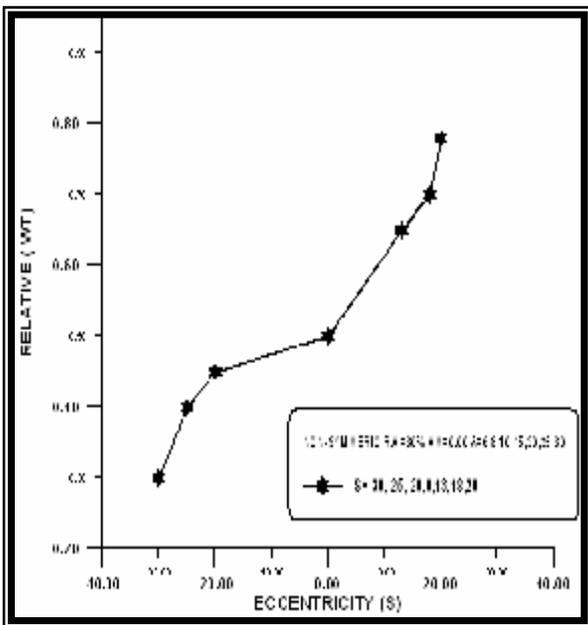




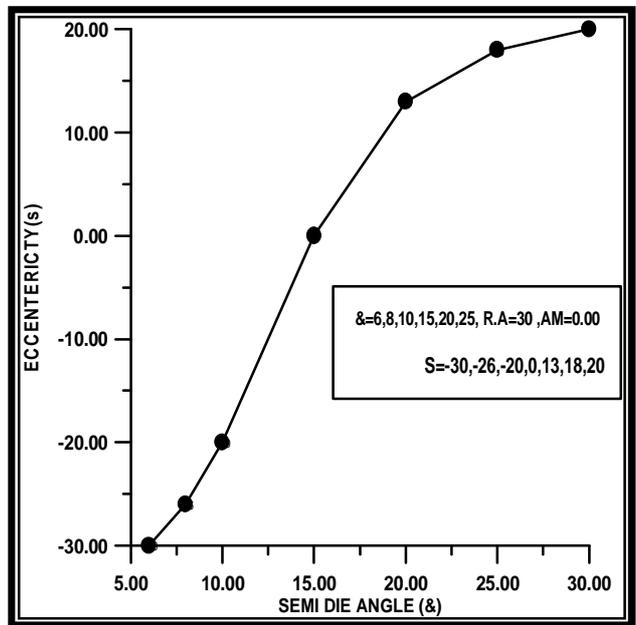
شكل ( 14 ) العلاقة بين تقوس المنتج وضغط البثق النسبي المستخرج من رزمة (FEM) , Ansys



شكل ( 12 ) تأثير الأنفعال لقالب غير متناظر حيث نصف الزاوية السفلية للقالب ( $\alpha=20^\circ$ ) و نصف الزاوية العلوية ( $\alpha=15^\circ$ ) عند نسبة تخصر بالمساحة ( $R=35\%$ )

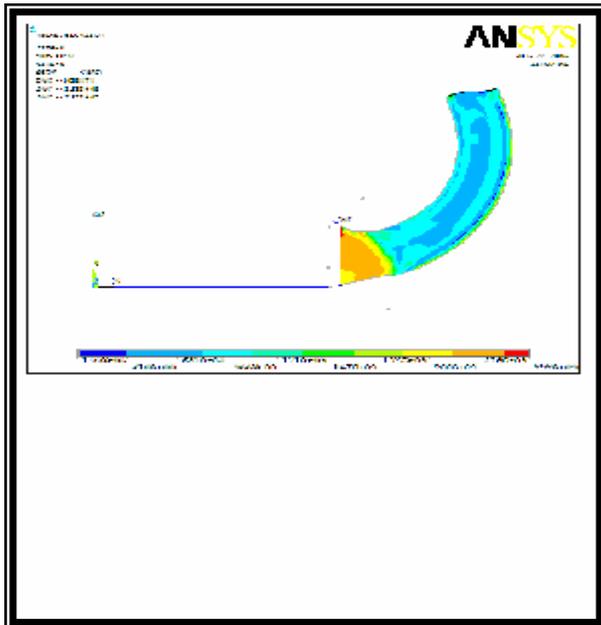


شكل ( 15 ) العلاقة بين تقوس المنتج و الطاقة الكلية المستخرجة من نظرية الحد الاعلى

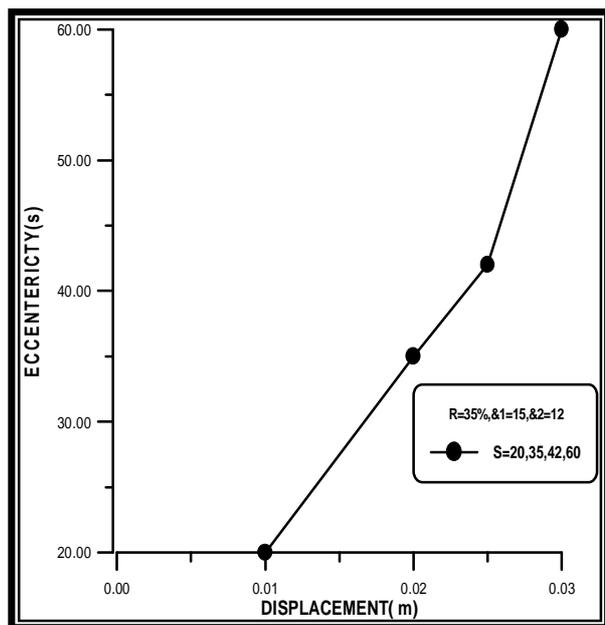


شكل ( 13 ) العلاقة بين انصاف زوايا القالب المختلفة ومقدار التقوس والانحراف عن منتصف زاوية القالب

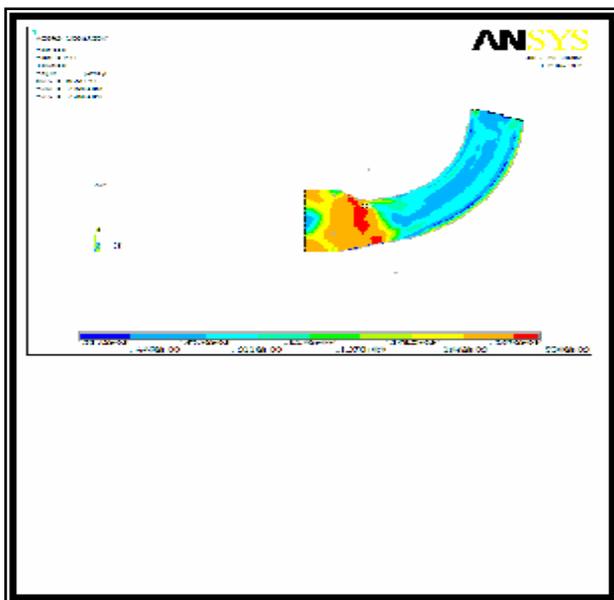




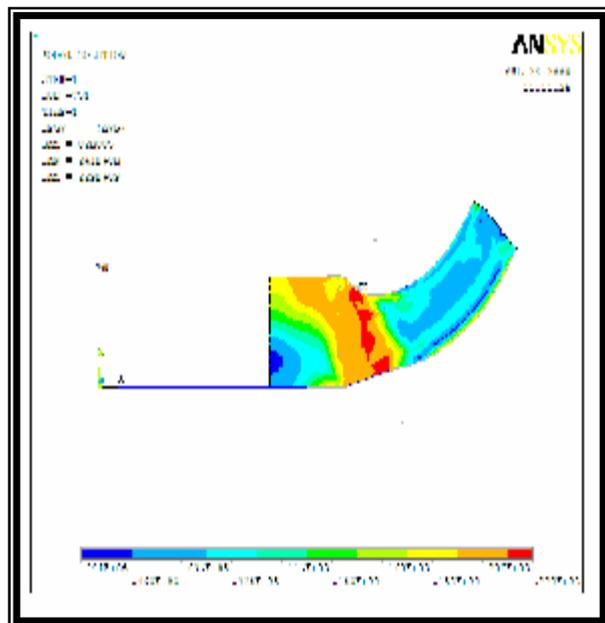
شكل (18) مدى انحراف المنتج عند ازاحة = 0.025m. ويكون الانحراف ( $\alpha=42^\circ$ ) نحو الاعلى



شكل (16) العلاقة بين انحراف المنتج ومقدار الازاحة المسلطة على المعدن

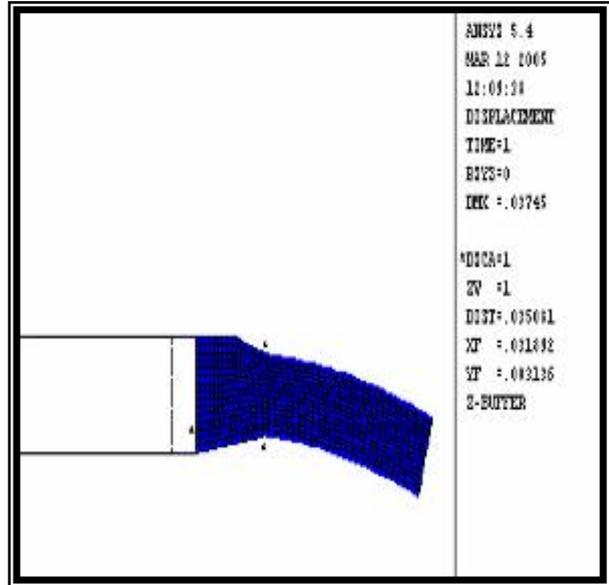
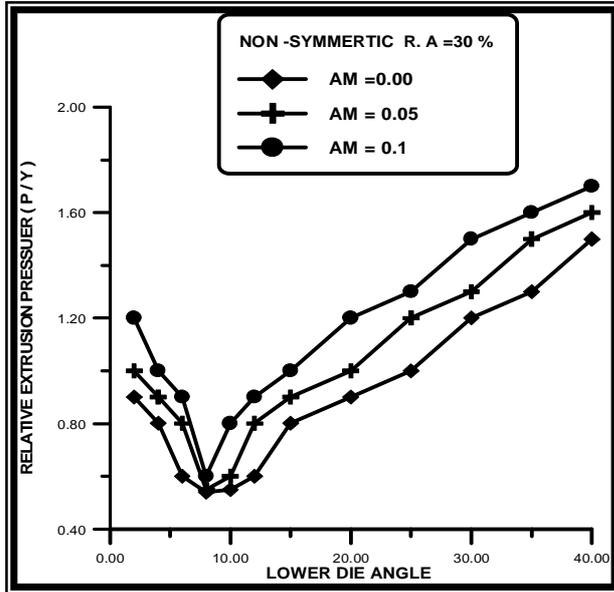


شكل (19) مدى انحراف المنتج عندما تزداد الازاحة ومقدارها = 0.03m ويكون انحراف المنتج ( $\alpha=60^\circ$ ) نحو الاعلى



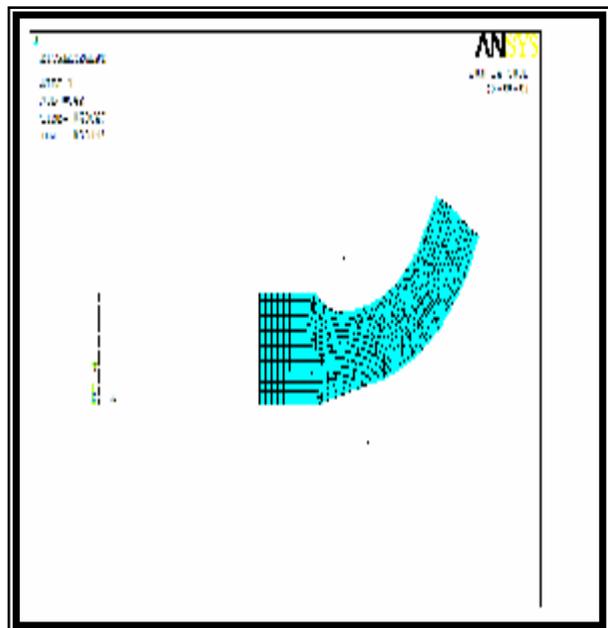
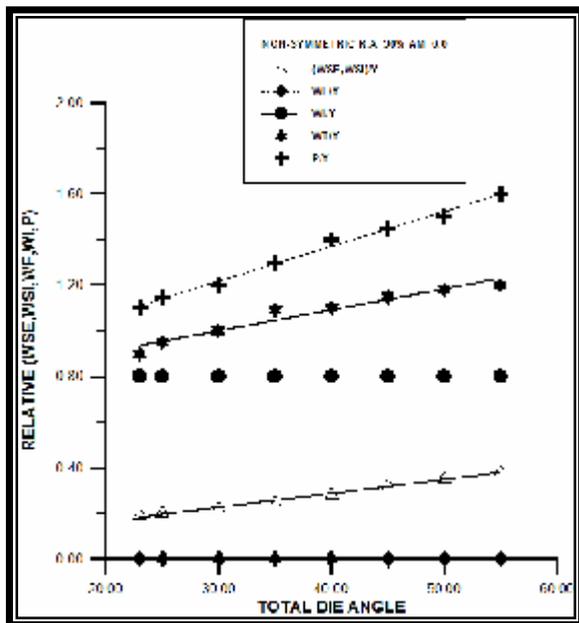
شكل (17) مقدار انحراف المنتج عند ازاحة 0.02m ويكون الانحراف نحو الاعلى عند  $\alpha=53.5^\circ$





شكل (22) تأثير معامل الاحتكاك و انصاف زوايا القالب السفلية على ضغط البثق النسبي

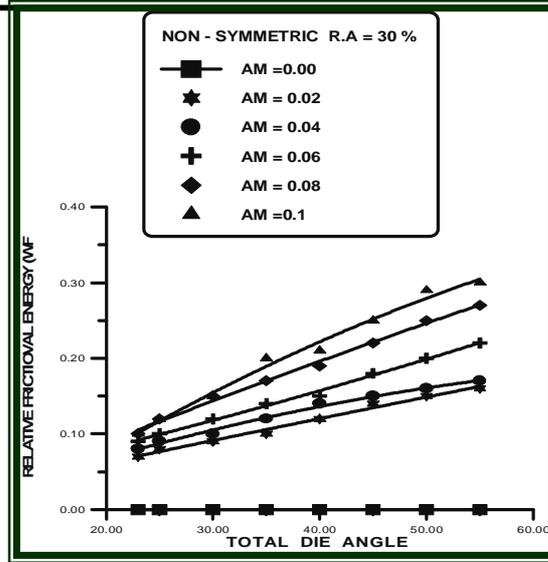
شكل (20) قالب غير متناظر ومنتجا مستطيل الشكل نصف زاوية القالب السفلية = 8 و يلاحظ ميلان المنتج نحو و الاسفل



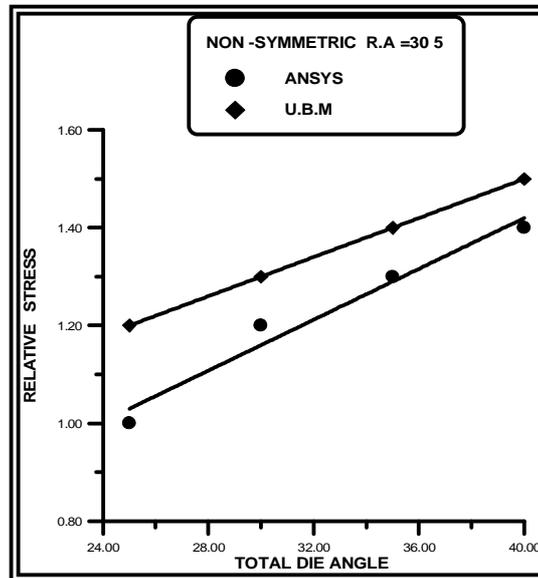
شكل (23) تأثير زوايا قالب في مكونات الطاقة المستهلكة في عملية بثق القوالب غير المتناظرة

شكل (21) المنتج مستطيل الشكل بعد البثق نصف زاوية القالب السفلية = 25 و يلاحظ ميلان المنتج نحو الاعلى





شكل (24) العلاقة بين زوايا القالب الكلية و الطاقة المستهلكة نتيجة الاحتكاك مع استخدام عامل احتكاك



شكل رقم (25) العلاقة بين زاوية القالب الكلية واجهاد البثق النسبي لمنتج مستطيل الشكل



