تأثير حجم وشكل وتوزيع العيوب السطحية على عملية التشكيل لصفائح الألمنيوم

احمد نافع راشد
مدرس مساعد
جامعة الموصل / قسم الهندسة الميكانيكية

الخلاصة

تم إجراء البحث على نماذج من صفائح الألمنيوم بسمك (1) ملم ملدنة بدرجة(275°C) حيث تم دراسة تأثير حجم العيوب السطحية على عملية التشكيل بالمط من خلال عمل عيوب مختلفة الإحجام على سطح النماذج قبل إجراء عملية التشكيل بالمط ومن ثم تشكيل النماذج باستخدام خرامة نصف كروية وبدون تزييت وصولا إلى نقطة الكسر. فوجد إن لحجم العيوب تأثير كبير على عملية نشوء الكسر في النماذج المشكلة. والكلام ذاته ينطبق على شكل العيوب. كما تم توزيع العيوب بطرق توزيع مختلفة ودراسة تأثير ذلك على موقع الكسر فوجد إن لطريقة توزيع العيوب اثر كبير على موقع الكسر مما أعطى صورة واضحة عن الأماكن التي تتركز فيها عملية التشكيل وبالتالي إمكانية التحكم بها للتقليل من نشوء الكسر.

الكلمات المفتاحية: الومنيوم,التشكيل بالمط ,العيوب السطحية

Effect of size, shape and distribution of surface defects on the forming of aluminum sheet

Ahmed Nafie Rashid
Assistant Lecturer
Mosul University / Mechanical Engineering Department

Abstract

The research was conducted on samples of aluminum sheet with 1 mm thickness, annealed at (275 C°). To examine the effect of the size of surface defects on the stretch forming by introducing defects of different sizes on the surface of the sheet before forming process .Then forming the samples using a hemispherical punch without lubrication up to the fracture point. It was found that the defects size have a big effect on the fracture initiation and its propagation. The same result was found for the defect shape. Also the defect distribution was studied, where the defects distribution shows big effect on fracture position, which gave a clear picture of the forming is concentrated. Giving the opportunity to control forming and reduce the fracture.

Keywords: Aluminum, Stretch forming, Surface defects.

أستلم: 31 - 8 - 2010 قبل: 17 - 2 - 2011

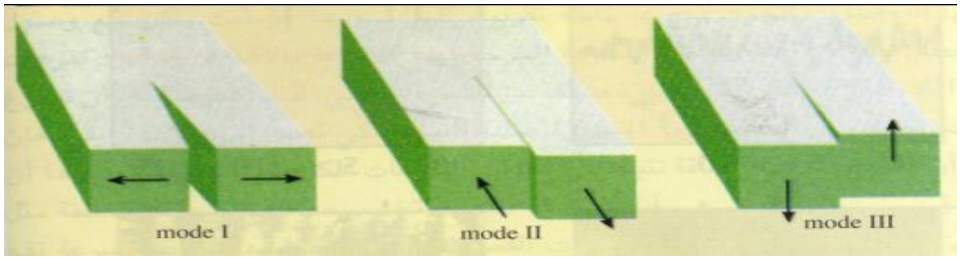
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قائمة الرموز

Lo	مقياس الطول للنموذج قبل الفحص .
L	مقياس الطول للنموذج بعد الفحص .
F	الحمل المسلط (Newton).
Ao	مساحة المقطع الأصلية للنموذج (mm^2)
σ	الإجهاد الحقيقي (true stress)
K	معامل المقاومة (strength coefficient)
ε	الانفعال الحقيقي (true strain)
n	معامل التصلد الانفعالي (strain hardening exponent)

المقدمة

تعتبر الشقوق سبب لتكسر المواد الصلبة فعندما تخضع مادة ما إلى إجهاد ما تستطيل الروابط الذرية بحيث تختزن طاقة مرنة في المادة نتيجة ذلك ويقود هذا السلوك المرن إلى العلاقة الخطية المألوفة بين الإجهاد والانفعال و التي تمتط فيها الروابط بمقدار يقارب (10-20%) من أطوالها الأصلية قبل أن تتحطم ، وفي حين يتضمن هذا السلوك المرن مقاومة عالية ضد ضعضعة المادة فإن هذا الحد لا تبلغه المادة أبدا في الواقع بل عوضا عن ذلك تضخم العيوب الصغيرة الموجودة في المادة الإجهاد الموضعي إلى أن يصبح كبيرا بما يكفي لتحطيم الروابط الذرية والسماح بنمو التشققات والتي تتصف في المواد المختلفة بسلوك شمولي مدهش حيث يقع سلوكها في أحد ثلاثة أصناف فقط وحسب طريقة تطبيق الإجهاد والشكل (1) يوضح ذلك حيث أن النمط (i) يوضح الكسر الحاصل بسبب تحميل شدي عمودي على الشق وهو أكثر أنواع التحميل انتشارا في تجارب التشققات المختبرية . أما النمط (ii) للكسر فيتضمن سطوحا تنزلق فوق بعضها البعض حيث تشاهد في الهزات الأرضية وفي عمليات أخرى للاحتكاك . في حين نجد مثلا بسيطا عن التحميل في النمط (iii) عند محاولة تمزيق غلاف علبة حلوى بغية فتحها ، الأمر الذي سيكون صعبا بدون وجود ثلم صغير يفعل فعل بذرة للتشقق . ينطبق النمطين (i,ii) على تشكيل المعادن السميكة (Bulk forming) أما النمط (iii) فينطبق على حالات أخرى.



الشكل (1): يبين أنماط الكسور

الجزء النظري

استعمل المهندس البريطاني (Alan Griffith) في العام (1920 م) الأنماط في الشكل (1) لوصف سلوك التشققات المجهرية رياضيا , فلاحظ أن الطاقة اللازمة لنمو شق موجود (سلفا) يقدمها تحرير الطاقة المرنة المختزنة بجوار الشق . وأوضح أنه من أجل أطوال الشق القصيرة تكون الطاقة المرنة المنطلقة أقل مما يلزم لتحطيم الروابط الذرية وبالتالي توحي بوجود طول حرج ينبغي تجاوزه كي يستمر كبر الشق وفي الواقع لو لم يكن الأمر كذلك لتحطمت جميع المواد الصلبة فور خضوعها للتوتر (Tension) [1] . ولغرض استخدام هذه النظرية في دراسة نشوء الكسر ونموه في عمليات التشكيل لابد من التعرف على قابلية التشكيل والمراحل التي تمر بها الصفائح المعدنية وصولا الى الشكل النهائي. يمكن القول أن قابلية التشكيل للمعدن هي نتيجة مباشرة لتداخل عدة متغيرات أهمها الخواص الميكانيكية للمعدن ، نظام التشكيل المتبع في تصنيع الأجزاء وعملية التزييت المستخدمة في تلك العملية.إن كمية الانفعال تعبر عن درجة التشكيل أو التشويه للصفيحة، وعادة يقاس الانفعال بأدوات مثل مقاييس الانفعال (Strain Gauge) كما يمكن التعبير عن الانفعال الحاصل بفعل إجهاد الشد رياضيا بالمعادلة التالية[1,2]:

$$e=L-Lo/Lo \qquad \ldots\ldots(1)$$

ويطلق على هذا الانفعال بالانفعال الهندسي (Engineering strain). أما الانفعال الذي يطلق عليه الانفعال الحقيقي (true strain) فيحسب من المعادلة التالية :

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

$\varepsilon = Ln(1+e)$ ..... (2)

ويمكن التعبير عن الإجهاد الهندسي (لنموذج فحص مسلط علية حمل) رياضياً :-

$S = F/Ao\ m$ ..... (3)

ولمعامل التصلد الانفعالي (strain hardening exponent) أهمية كبيرة في تشكيل المعادن فهو يعطي تصور واضح عن سلوك المعدن في منطقة التشويه المنتظم (uniform strain)، وهي المنطقة المحددة بين نقطة الخضوع ومقاومة الشد القصوى في مخطط (الإجهاد / الانفعال) الهندسيين،حيث اشارالباحثين (K Sieger & S Wanger)إلى انه بازدياد قيمة معامل التصلد الانفعالي وازدياد الإجهاد المنتظم قلت قابلية حدوث التخصر الموضعي ونشوء الكسر في عملية التشكيل بالمط وبهذا يمكن تسليط قوة اكبر على مركز القطعة المشكلة وبالتالي زيادة قابلية التشكيل.[3] ولإيجاد قيمة معامل التصلد الانفعالي (strain hardening exponent) فانه يصعب استخدام الإجهاد الهندسي (S) بسبب اعتماده على مساحة مقطع ثابتة خلال تسليط الحمل ولهذا يجب الأخذ بنظر الاعتبار تغير مساحة المقطع للنموذج خلال فحص الشد وبالتالي إيجاد الإجهاد الحقيقي (true stress) [4]من المعادلة التالية:

$\sigma = S(1+e)$ ..... (4)

ويحسب (n) من المعادلة التالية:

$\sigma = K\ \varepsilon\ \hat{}\ n$ ..... (5)

إن عملية التشكيل على البارد كالدرفلة والسحب والكبس تجري عادة على المعادن والسبائك التي سبق لها أن شكلت على الساخن وهي عادة تمثل المرحلة النهائية من مراحل الإنتاج. أن تأثير التشكيل على البارد يتمثل في تحطيم بنية البلورات وجعلها تأخذ شكلا طوليا في اتجاه التشكيل ، لهذا تزداد الصلادة وتقل المطيلية وبالتالي حدوث ما يعرف بالتصلد الانفعالي وهذا يرجع للدور الكبير الذي تلعبه الانخلاعات خلال هذه العملية والتي تزداد كثافتها الاف المرات عما كانت عليه قبل البدء بعملية التشكيل لذا وقبل الإستمرار بعمليات التشكيل المختلفة على المعادن المشكلة على البارد (الصفائح مثلا) يصبح تليين المعدن أمراً ضرورياً ويتم ذلك بإجراء عملية التخمير والمتضمنة إعادة تسخين المعدن إلى درجات حرارة تكفي لحدوث تغييرات في البنية يعقبها التبريد البطئ في الفرن [2,5].

المواد وطرق العمل

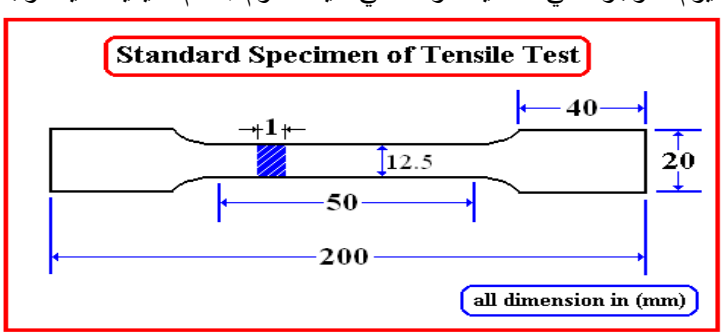
يتضمن الجزء العملي من البحث تهيئة صفيحة الألمنيوم وقطع نماذج الفحص ، إجراء المعاملات الحرارية للنماذج ، وكذلك عمل العيوب الصناعية للنماذج وبإشكال ومواقع وطرق توزيع مختلفة لهذه العيوب ، ففي البداية تم تصنيع نماذج الكبس البارد لصفائح بسمك 1 ملم و بأبعاد (*100 *100) ملم في الورشة الميكانيكية وكذلك تصنيع نماذج فحص الشد حسب المواصفة القياسية .أجريت بعدها عملية التخمير للنماذج كافة ثم تم استحداث العيوب المختلفة على نماذج التشكيل بالمط وذلك لمعرفة تأثير موقع وشكل هذه العيوب على نشوء الكسر وتكونه وبالتالي على قابلية التشكيل .

تهيئة المواد الأولية

تضمنت تهيئة صفيحة من الألمنيوم النقي بأبعاد (1000*2000mm) وبسمك (1.mm) وتم أخذ نموذج من الصفيحة لفحصها لغرض معرفة نسبة نقاوة الألمنيوم الموجودة في الصفيحة وذلك في كلية العلوم / قسم الكيمياء حيث وجد أن الصفيحة هي ألمنيوم نقي (Pure Aluminum) بنسبة (99.5%) وشوائب بنسبة (0.5%) .

تهيئة نماذج الفحص

1- نماذج الشد : تم تهيئة نماذج فحص الشد حسب المواصفة القياسية (ASTM370) والشكل(2) يبين ابعاد نموذج فحص الشد.



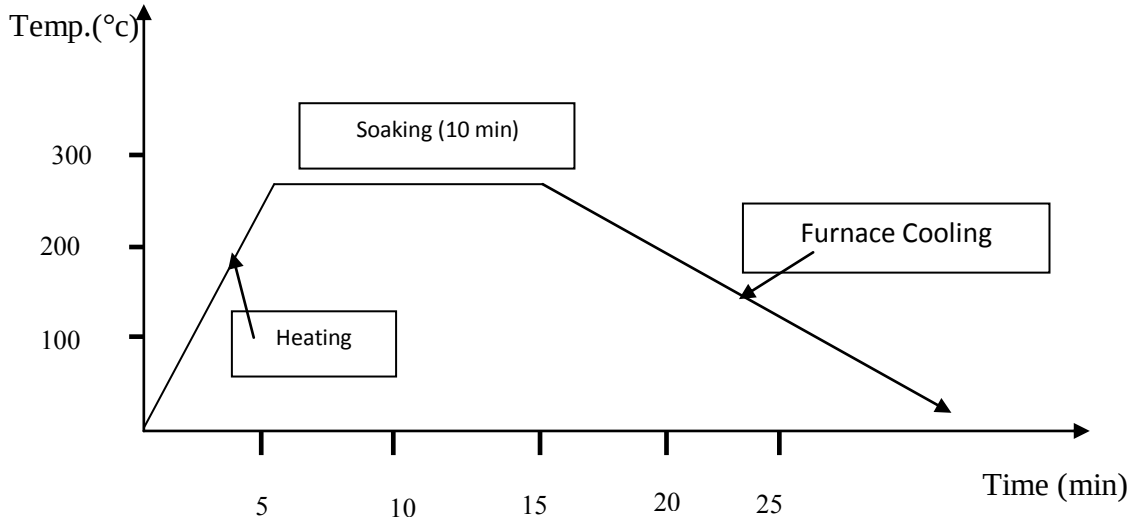
شكل (2) :نموذج فحص الشد حسب المواصفة القياسية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2- نماذج اختبار التشكيل بالمط : تم تصنيع نماذج بأبعاد (100*100mm) وقد بلغ عدد النماذج المصنعة (80) قطعة .

المعاملات الحرارية (عملية التخمير)

أجريت عملية التخمير المزيل للإجهاد للنماذج باستخدام فرن كهربائي نوع (Electric Muffle Furnace) وتم اختيار درجة الحرارة (275) درجة مئوية ولزمن مقداره (10 min) في عملية التخمير للنماذج وبالاعتماد أصلا على درجة حرارة إعادة التبلور للألمنيوم .والشكل (3) يوضح مراحل عملية التخمير المستخدمة في هذه الدراسة .



شكل (3) :مراحل عملية التخمير

اختيار موقع وشكل العيوب الخارجية

1- تهيئة النماذج الخاصة بدراسة تأثير حجم وشكل العيوب : لغرض دراسة تأثير شكل وحجم العيوب تم اختيار ثلاث حالات :-

أ- عيب على شكل مخروطي حيث تم استخدام جهاز فحص الصلادة (بطريقة HRC)للحصول على هذا النوع من العيوب السطحية وكان حجم العيب ($0.025mm^3$).حيث إن ارتفاع المخروط= 0.2mm وبزاوية 120 درجة وبقطر للأثر 0.692mm

$V= 1/3\ HA$ ..... (6)

ب- عيب على شكل نصف كروي بقطر (1.26 mm) أي بحجم ($1.047\ mm^3$) حيث تم إستخدام جهاز فحص الصلادة بطريقة HRB للحصول على هذا النوع ان العيوب السطحية.

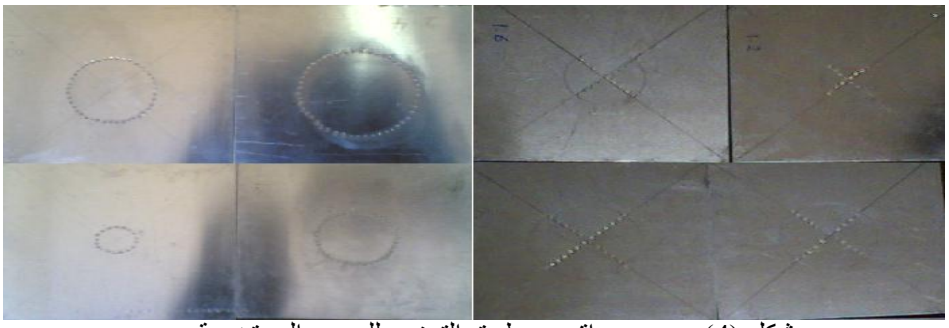
$V=4/3\pi r^3$ ..... (7)

ج- عيب على شكل نصف كروي بقطر (1.65mm) أي بحجم ($2.35mm^3$) حيث تم إستخدام أزميل حديدي وبطريقة يدوية للحصول على هذا النوع من العيوب السطحية.

$V=4/3\pi r^3$ ..... (8)

تم قياس عمق الاثر باستخدام Dial gage حيث تم تثبيته على جهاز فحص الصلادة لكي تكون جميع العيوب بعمق متساوي واما بالنسبة لقطر الاثر فقد تم قياسه باستخدام مجهر ذو عدسة مدرجة خاصة لهذا الغرض. إن عملية فصل تاثير شكل العيوب عن حجمها عملية صعبة ونتيجة لعدم توفر الإمكانيات اللازمة لذلك فقد تم التعامل مع شكل العيوب وحجومها كعامل واحد .ولغرض دراسة تأثير حجم وشكل العيوب على الكسر لا بد من تثبيت العامل الآخر وهو موقع العيب في القطعة المعدنية . لذلك تم اختبار تأثير مواقع وطرق توزيع مختلفة للعيوب في مركز النماذج التي جري عليها الإختبار .والشكل (4) يمثل بعض المواقع مع طرق التوزيع للعيوب المستخدمة ، بعد إختيار موقع وتوزيع للعيوب ثابت لكل القطع تم البدء بتغيير شكل وحجم العيوب وحسب الحالات الثلاث المذكورة آنفا وإجراء عملية التشكيل وصولا إلى كسر النماذج المفحوصة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (4) يوضح مواقع مع طرق التوزيع للعيوب المستخدمة

2- تهيئة النماذج الخاصة بدراسة تأثير موقع وتوزيع العيوب

لغرض دراسة تاثير موقع وتوزيع العيوب على الكسر تم تثبيت العامل السابق (شكل وحجم العيب) حيث تم إختيار النوع الثالث من العيوب (عيب نصف كروي بقطر 1.65mm) ولجميع القطع المراد فحصها وذلك لكونه العيب ذو التأثير الأكبر وكما سنلاحظ من النتائج .

وللتعرف على تأثير موقع وتوزيع العيوب على الكسر اختيرت مسافات مختلفة من مركز القطعة وعلى شكل دوائر متغيرة وحسب الأقطار التالية (12،16 ،20،24،28،32،36،40،44،48mm) هذا بالنسبة لتأثير الموقع . أما بالنسبة لتأثير توزيع العيوب تم اختيار نوعين من التوزيع للعيوب :

أ- توزيع العيوب على محيط الدوائر المرسومة ونرمز لهذا التوزيع بالرمز" O ".

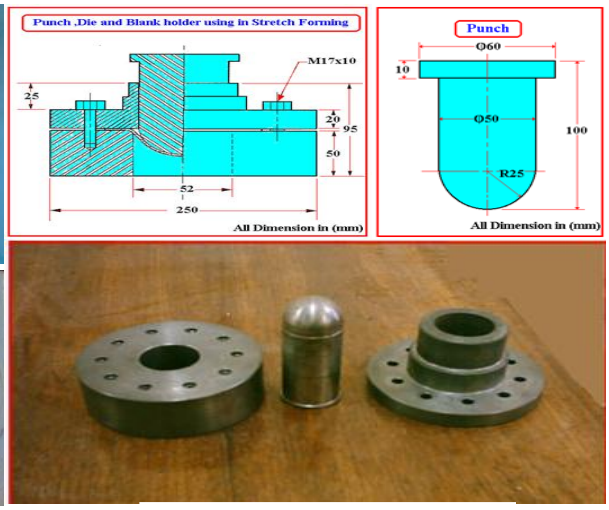
ب-توزيع العيوب على الأقطار المتعامدة للدوائر المرسومة ونرمز لهذا النوع من التوزيع بالرمز"X". كما في الشكل (4)

اختبار التشكيل بالمط

يعتبر التشكيل بالمط (Stretch Forming) من العمليات المهمة والأساسية والسائدة في عمليات التشكيل للصفائح المعدنية حيث يستخدم قالب (Die) وماسك النموذج(Blank Holder) وخرامة نصف كروية (Hemispherical Punch) وتوضع الصفيحة المعدنية (النموذج)على القالب ثم تكبس بالخرامة أي تمط المادة فوق الخرامة بحيث تأخذ شكل الخرامة كما في الشكل (5) [6]

تم أجراء عملية المط على النماذج بوساطة خرامة نصف كروية (Hemispherical Punch) باستخدام جهاز فحص الشد بعد تحويله إلى جهاز كبس كما في الشكل(7) , ويتم وضع النموذج على القالب، ويربط بأحكام داخل القالب , وتوضع الأجزاء (الخرامة والقالب وماسك الخامة) على جهاز فحص الشد , ثم نبدأ بتشكيل النماذج بوساطة حركة الخرامة إلى داخل القالب بمعدل

(20 mm/min) نلاحظ ارتفاع الحمل المسلط تدريجيا مع عمق التشكيل ،ويستمر إلى أن يصل الحمل إلى الحد الأقصى وحال انخفاض الحمل تم إيقاف الخرامة حيث يكون النموذج قد تعرض إلى تخصر أو كسر, نلاحظ تغير أشكال النماذج بعد التشكيل وكما في الشكل (6) .



شكل (5) الخرامة والقالب ومثبت

شكل (6) نماذج بعد الكبس

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

فحص الشد

اجري فحص الشد باستخدام جهاز فحص الشد نوع (Wolpert) وكانت النماذج مصنعة وفق المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM370) والشكل (7) يوضح الجهاز المستخدم في الفحص.

شكل (7) جهاز فحص الشد

النتائج

نظراً لأهمية معامل التصلد الانفعالي في عملية التشكيل للصفائح المعدنية والذي يعتبر من المؤشرات الهامة في معرفة قابلية التشكيل حيث تم حساب قيمة معامل التصلد الإنفعالي(n-value) من خلال إجراء فحص الشد لنموذج من الصفيحة، وما يهم في الفحص هو منطقة التشويه المنتظم (Uniform Strain Region).وعند إجراء فحص الشد يتم إنشاء مخطط (الإجهاد - الانفعال) الهندسيين ثم يتم إنشاء مخطط (الإجهاد - الانفعال) الحقيقيين في المرحلة الثانية .ومن خلال رسم مخطط ثالث هو لوغاريتم (الإجهاد - الانفعال) الحقيقيين يمكن إيجاد قيمة (n) و (K) حيث تمثل (n) ميل منطقة اللدونة في المخطط ، وتمثل (K) نقطة تقاطع (Log ε) عند انفعال مساوي وحدة واحدة مع العلاقة البيانية ووحداته تمثل وحدات إجهاد وباستخدام المعادلات التالية:

$$\sigma = K\varepsilon^n \quad \ldots\ldots (9)$$

$$\text{Log } \sigma = \text{Log } k + \text{Log } \varepsilon \quad \ldots\ldots (10)$$

If log K =0

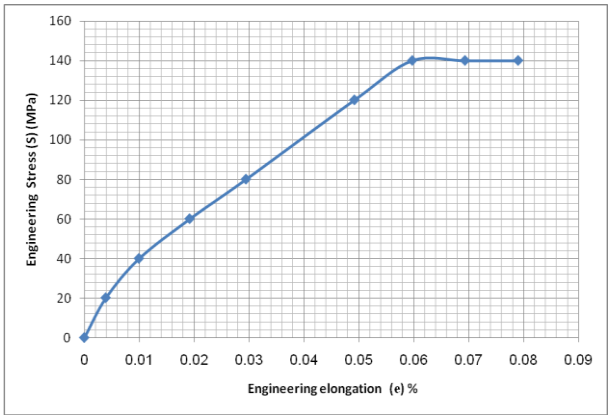
$$n = \text{Log } \sigma / \text{Log } \varepsilon \quad \ldots\ldots (11)$$

at $\varepsilon = 1$

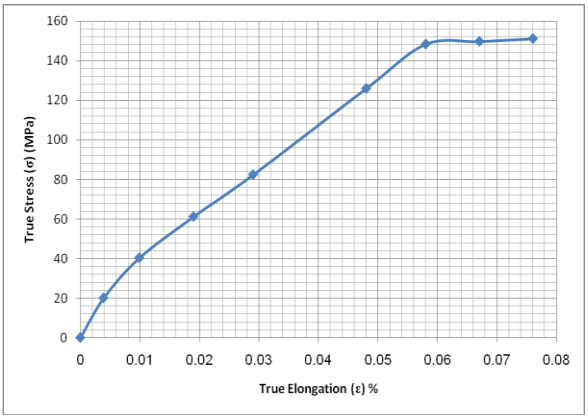
$\text{Log } \varepsilon = 0$

$\text{Log } \sigma = \text{Log } k$

$A_o = 12.5\text{mm}^2$ / $L_o = 50\,\text{mm}$ / $n = 0.25$ / $K = 302.4\,\text{MPa}$



شكل (8) يبين العلاقة بين (الإجهاد – الإنفعال) الهندسي



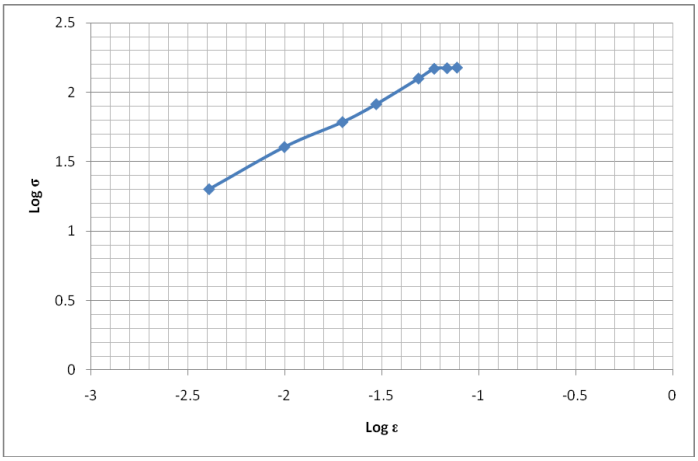
شكل (9) مخطط يبين العلاقة بين (الإجهاد - الإنفعال) الحقيقي

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

التحليل والمناقشة

تـم مناقشـة النتـائج علـى عـدة محـاور وكالاتي:

1- تـأثير حجم وشكل العيوب على الكسر : بعد إجراء عملية التشكيل على النماذج التي تحتوي على العيوب ذات الأنواع الثلاث المذكورة آنفا عند تهيئة النماذج (أ، ب، ج) وتشكيلها بالمط حتى الوصول لكسر النماذج . يتم قياس بعد الكسر عن مركز النموذج المفحوصة ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع نموذج لايحتوي على عيوب (قطعة سليمة) ، والجدول (1) يبين بعد الكسر عن مركز ثلاث نماذج كل منها تحتوي على نوع من أنواع العيوب الثلاث ومقارنتها مع نموذج رابع سليم .



شكل (10) مخطط يبين العلاقة بين (لوغاريتم الإجهاد – لوغاريتم الإنفعال) الحقيقي

الجدول (1) يبين بعد الكسر عن مركز ثلاث نماذج كل منها تحتوي على نوع من أنواع العيوب الثلاث ومقارنتها مع نموذج رابع سليم .

بعد الكسر عن مركز القطعة السليمة	بعد الكسر عن مركز القطعة التي تحتوي على عيب نوع (أ)	بعد الكسر عن مركز القطعة التي تحتوي على عيب نوع (ب)	بعد الكسر عن مركز القطعة التي تحتوي على عيب نوع (ج) (مم)
9mm	9mm	8.5mm	8mm

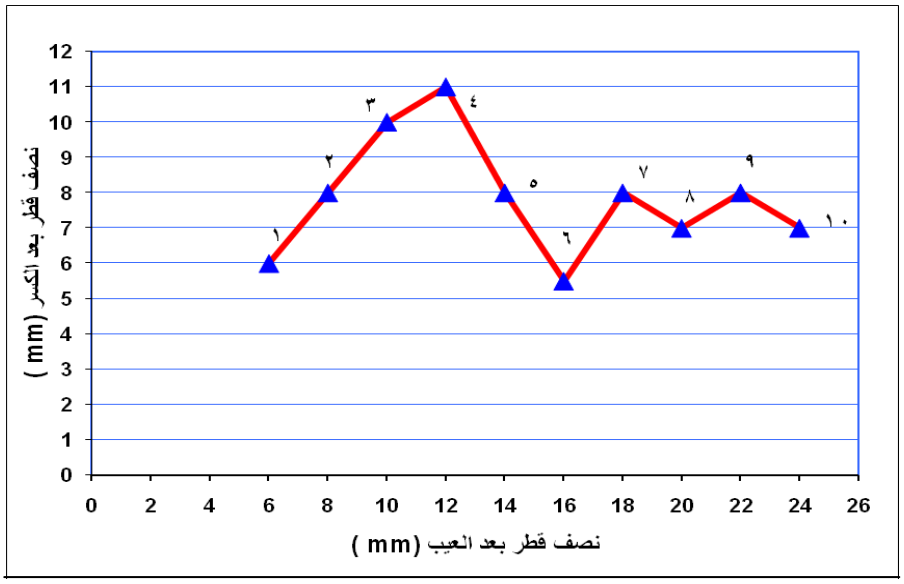
من الجدول نلاحظ أن بعد الكسر عن مركز النموذج السليم هو (9 mm) وفي حالة إحتواء النموذج على عيب من النوع (أ) كان بعد الكسر عن المركز (9mm) حيث نلاحظ عدم تأثر بعد الكسر عن مركز النموذج في هذه الحالة وسبب ذلك هو كون حجم العيب صغير نسبياً ($0.025mm^3$) أقل من حجم العيوب الأخرى . أما بالنسبة للنماذج التي تحتوي على عيوب من نوع (ب،ج) وبحجم اكبر ($2.35 - 1.047mm^3$) وعلى التوالي ، نلاحظ التأثير يكون واضح وأشد للعيوب على منطقة الكسر حيث أدى وجود العيوب إلى زحف الكسر بإتجاه مركز النماذج إذ أن وجود العيوب أدى إلى حدوث ضعف في المنطقة مما أدى إلى حدوث التشكيل فيها بدل المنطقة السابقة (في النموذج السليم). وبالتالي أدى ذلك إلى حدوث زحف الكسر نحو مركز النموذج .في بعض الحالات نلاحظ حدوث تشوه كبير في شكل العيوب وخاصة العيوب ذات الحجم الكبير وكما في الشكل (11) وكيف أن منطقة الكسر كانت قريبة من منطقة العيب وبالتالي يمكن أن نستنتج انه كلما زاد حجم العيب كلما كان تأثيره اكبر على عملية بدء الكسر ونموه كما ان تاثير التصلد الانفعالي الذي سببه وجود العيوب كونها تمثل تشكيل على البارد او إنها تعتبر تشكيل لدن موضعي في تلك المناطق ساعد كثيرا في عملية نشوء الكسر.

شكل (11) نماذج تحتوي على عيوب ذات حجم كبير

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أما بالنسبة لشكل العيب فقد اشار الباحث Henry حول شكل العيب وتأثيره على الكسر إن العيوب كلما كانت تحتوي على حواف حادة (sharp edge) فإن ذلك يسهل عملية بدء الكسر ونموه [7]. وفي الحالات التي تم تناولها في هذا البحث (أ،ب،ج) فإن العيب نوع (أ) يحتوي على حافة حادة نوعا ما وهي قمة المخروط أما النوعان (ب،ج) فهما لا يحتويان على ذلك لأنه عبارة عن نصف كرة . ولكن الذي حصل أن تأثير حجم العيب طغى على تأثير شكل العيب كون حجم العيب (ب،ج) أكبر من حجم العيب (أ) .ونظرا لعدم توفر مخروط في جهاز فحص الصلادة بطريقة (HRC) بحجم الكرة في طريقة (HRB) وعدم إمكانية ضبط مقاس الأزميل ودقة خلق العيوب بالطريقة اليدوية ، لذلك لم نتمكن من إثبات تأثير الحواف الحادة للعيب على الكسر . ولكن نستطيع أن نجزم - حسب نظرية التشقق والكسر- بأنه لو كان كل من العيوب (أ ، ب ، ج) لهم نفس الحجم لكان تأثير العيب نوع (أ) على الكسر أكبر من الأنواع الأخرى .

2- تأثير موقع العيوب على الكسر : لغرض التعرف على تأثير موقع العيوب على الكسر ومن نتائج الفحوصات تم رسم علاقة بين بعد الكسر عن مركز النماذج المفحوصة وبين نصف قطر الدائرة التي تم توزيع العيوب على محيطها والشكل رقم (12) يوضح تأثير موقع العيوب موزعة على محيط دوائر مختلفة الأقطار والذي رمز له بالرمز(o)



شكل (12) مخطط يبين العلاقة بين نصف قطر بعد الكسر مع نصف قطر بعد العيب

من الشكل نلاحظ بصورة عامة أن تغيير موقع العيوب ذو أثر كبير على موقع الكسر .بمقارنة النتائج في المخطط السابق نلاحظ أن الكسر في أغلب مناطق التوزيع قد تأثر بموقع العيوب وفي نفس الوقت أختلف عن موقعه في النموذج السليم (حيث كان -كما اشرنا سابقا- نصف قطر الكسر للقطعة السليمة 9mm) , فمثلا في النقاط (1-2-5-6-7-8-9-10) نلاحظ أن نصف قطر بعد الكسر أقل من (9mm) مما يشير إلى أن مواقع التوزيع للعيوب هذه تؤدي إلى زحف الكسر نحو مركز النموذج بنسب متفاوتة , حيث سجلت النقطة رقم (6) نصف قطر كسر مقداره (5.5mm) وكذلك النقطة رقم (1) حيث سجلت نصف قطر كسر مقداره (6mm) أي أن وجود العيوب في هذين الموقعين يعطيان أكبر زحف للكسر نحو مركز النموذج , أي أنهما النقطتان الأكثر تأثيرا على الكسر .أما فيما يخص النقاط (8-10) فقد سجلت نصف قطر كسر (7mm) أي أن تأثير الكسر في هذين الموقعين كان أقل من السابق .

أما فيما يخص النقاط (2-5-7-9) فقد سجلت نصف قطر كسر (7mm) وهي المناطق ذات التأثير الأقل على الكسر .نلاحظ أن النقاط (3-4) أعطت زحفا للكسر بعيدا عن مركز النموذج حيث كان نصف قطر الكسر (10-11mm) على التوالي .من الضروري الإشارة إلى أن توزيع العيوب بدأ من محيط دائرة نصف قطرها (6mm) لأن التوزيع على دوائر أقل منه لم يؤثر على موقع الكسر .ومما ذكر سابقا يمكن أن نستنتج إلى أن هنالك مناطق في النماذج المشكلة لا تؤثر على موقع الكسر (أي يمكن أن نشير إلى أن هذه المناطق لم يحصل فيها تشكيل أصلا) أو حصل مقدار قليل مقارنة بباقي المناطق الأخرى . ومناطق أخرى تؤثر على الكسر ويمكن تصنيفها إلى نوعين :-

أ- مناطق تؤدي إلى زحف الكسر نحو مركز القطعة وتمثل (80%) من مجموع النماذج ، حيث أن (10%) من النماذج زحفت الكسر نحو مركز القطعة عن موقعها الأصلي بمقدار (3.5mm) ، كما أن (10%) من النماذج زحفت الكسر نحو مركز القطعة عن موقعها الأصلي بمقدار (3mm) ، وأن (20%) من النماذج زحفت الكسر نحو مركز القطعة عن

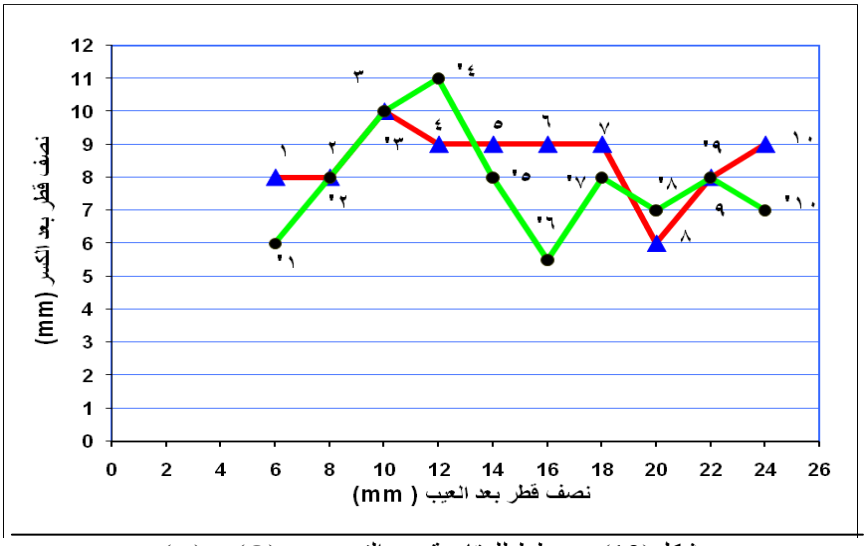
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

موقعها الأصلي بمقدار (2mm) ، وأن (40%) من النماذج زحفت الكسر نحو المركز عن موقعها الأصلي بمقدار (1mm).

ب - مناطق تؤدي إلى زحف الكسر نحو خارج مركز القطعة وتمثل (20%) من مجموع النماذج ، حيث أن (10%) من النماذج زحفت الكسر خارج موقعها الأصلي وبمقدار (1mm) ، كذلك (10%) من النماذج زحفت الكسر نحو الخارج بمقدار (2mm) . لقد اشار الباحثان Erik Schedin & Arne Melander الى ان توزيع الاجهادات على سطح القطعة المشكلة يختلف من منطقة لاخرى ويكون عادة متركزا في اتجاه مركز القطعة في عملية التشكيل بالمط [8].وهذا ما ظهر واضحا من خلال النتائج السابقة حيث سبب وجود العيوب وحدوث التصلد الانفعالي الذي سببته العيوب في بعض المناطق زحفا للكسر نحو مركز القطعة المشكلة وبنسبة 80% من مجموع النتائج وهذا يفسر سبب زحف الكسر.

تأثير طرق التوزيع للعيوب على الكسر

من الشكل (13) وعند مقارنة التوزيع الأول للعيوب والذي كان على محيط الدوائر المختلفة الأقطار ورمزنا له بالرمز (O) ، اما التوزيع الآخر فكان على الأقطار المتعامدة ورمزنا له بالرمز (X) ، يمكن أن نلاحظ وبسهولة التأثير الكبير لتوزيع العيوب على محيط الدوائر (O) على موقع الكسر مقارنة بتوزيع العيوب على الأقطار المتعامدة ففي نوع التوزيع الأول كان هنالك تأثير بإتجاهين كما أشرنا سابقا في (أ,ب) .



شكل(13): مخطط للمقارنة بين التوزيعين (O) و (X)

أما في التوزيع الثاني فمن الملاحظ أن التأثير إنقسم إلى :-

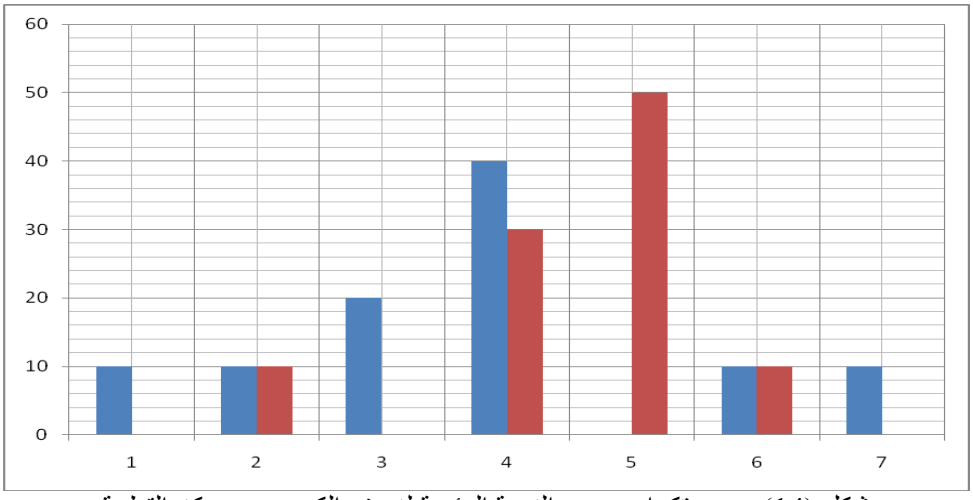
1- زحف للكسر بإتجاه المركز كما في النقاط (1-2-8-9) وتمثل (40%) من النماذج.
2- زحف للكسر بإتجاه خارج مركز القطعة كما في النقطة(3) وتمثل (10%) من النماذج .
3- ظهور الكسر على بعد (9mm) من المركز كما في النقاط (4-5-6-7-10) وهو نصف قطر الكسر للقطعة السليمة , أي ان الكسر لم يتأثر موقعه وهو التأثير السائد لهذا التوزيع وتمثل (50%) من النماذج .

يمكن الإشارة إلى أن النقاط (2-2') كان لها نفس التأثير في التوزيعين (سببت زحف للكسر بإتجاه المركز) ولكنها كانت ذو تأثير أكبر في التوزيع الأول حيث تمثل هذه النقطة (40%) في التوزيع الأول أما في التوزيع الثاني فتمثل (30%) من النماذج.كما أن النقطة رقم (3-3') في التوزيعين أعطت نفس التأثير ونفس الشئ ينطبق على رقم (9-9').ومما ذكر آنفا نستطيع أن نستنتج أن التوزيع الأول كان ذو تاثير أكبر على موقع الكسر قياسا بالتوزيع الثاني الذي كان تأثيره قليل جدا , حيث لاحظنا (50%) من مناطق التوزيع لهذا النوع لم تؤثر على موقع الكسر وكان تأثير المتبقي منها قليلا حيث أعطت في أغلب الأحيان (40%) منها زحفا بمقدار (1mm) فقط ، أما بالنسبة للتوزيع الأول فإن جميع النماذج قد أثرت على موقع الكسر حيث لم نحصل على أية قطعة من التوزيع نوع (O) وحصل فيها كسر على بعد (9mm) وهو بعد الكسر عن المركز في القطعة السليمة .وهذه النسب المئوية موضحة في المدرج التكراري شكل رقم (15) .

ويمكن تفسير ذلك بأنه في حالة التوزيع الثاني ولجميع الأقطار كانت هناك مجموعة من العيوب تقع على بعد (9mm) من المركز (وهو نصف قطر الكسر للنموذج السليم) أي أن جميع القطع في هذا النوع من التوزيع كانت تحتوي قبل البدء بعملية التشكيل على عيوب في المنطقة المتوقع حصول الكسر فيها وبالتالي حدث الكسر في تلك المنطقة.اما التفسير لظهور الكسر في مناطق بعيدة عن العيوب فيرجع الى اختلاف توزيع الاجهادات على سطح القطع المشكلة وكما اشار الباحثات Erik Schedin & Arne Melander حيث ادى وجود العيوب في بعض المناطق الى تغيير توزيع

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الاجهادات وتركيزها في تلك المنطقة بدلا عن المنطقة المتوقع حصول الكسر[8]. كما يمكن تفسيره من ناحية أخرى وهي أنه عندما كان توزيع العيوب بشكل متعامد (X) كان عدد العيوب أقل في كل قطعة وكانت متوزعة على قطري دوائر مختلفة الأقطار في القطعة الواحدة وهذا سبب تشتت تأثير هذا النوع من العيوب على موقع الكسر نسبة إلى موقعه الأصلي للقطعة السليمة (9mm) .



شكل (14) مدرج تكراري يبين النسبة المئوية لزحف الكسر عن مركز القطعة

الاستنتاجات

1- كلما كان العيب ذو حجم أكبر كلما كان تأثيره على التشكيل أكبر .
2- تكون عملية الكسر في حالة توزيع العيوب من نوع (O) غير منتظمة أي إما تكون بعيدة أو قريبة من منطقة مركز الكسر (9mm) .
3- لوحظ من خلال الفحوصات عندما يكون توزيع العيوب من نوع (X) أن أغلب مناطق الكسر تساوي (9mm) وهو كما موجود في القطعة السليمة .

المصادر

1- مجلة عالم الذرة (مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية) العدد 112 (تشرين الثاني\كانون الأول) لسنة 2007
2- مبادئ هندسة المعادن والمواد د حسين باقر رحمة الله مطبعة جامعة الموصل 1985
3- Formability Characteristics of Aluminum Sheet . K. Sieger and S. Wanger Stuttgart University.1994
4- Amp Journal Technology Vol.5 \ june 1996
5- The Science and Engineering of Materials .Donald R Askeland 2004
6- Metal forming, fundamental and applications American society for metals 1985 Forming and Forging Vol. 14 1993
7- Deformable Bodies and their Material Behavior . Henry W. Has Lach, JR.2004
8- On the Strain Distribution During the Stretch Forming of Low and Hidh Strength Sheet Steel. Erik Schedin and Arne Melander ,Journal of Mechanical working Technology vol.15 1087

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com