

"تحسين قابلية التشكيل لصفحة من الألمنيوم باستخدام المعاملات الحرارية"

احمد نافع راشد
كلية الهندسة
قسم الهندسة الميكانيكية

احمد سعدون عبد العزيز
كلية الهندسة
قسم الهندسة الميكانيكية

الخلاصة:

تم دراسة تأثير عملية التلدين على قابلية التشكيل لصفحة من الألمنيوم وذلك بسبب الاستخدامات الصناعية الكثيرة لهذا المعدن وخاصة في عمليات التشكيل المختلفة حيث أجريت تجارب عملية على نماذج غير ملدنة من الألمنيوم محددة الأبعاد بسمك (1.5) ملم تضمنت إجراء فحص الشد وفحص التشكيل باستخدام خرامة نصف كروية وبدون تزييت ومن ثم إجراء عملية التلدين بدرجات حرارة مختلفة لنماذج وإعادة إجراء الاختبارات المشار إليها أنفاً على النماذج ولقد تبين إن أفضل درجة حرارة تلدين هي (275° c) ولزمن تسخين مقداره (10) دقائق حيث ازداد عمق تشكيل الصفحة بشكل واضح بسبب تأثير التلدين المزيل للاجهادات الناتجة من عملية تصنيع الصفائح وبالتالي حدوث تحسن في قابلية التشكيل للصفحة.

IMPROVEMENT THE FORMABILITY OF ALUMINUM SHEET BY HEAT TREATMENT

Ahmed S. Abdul-Aziz
College of Engineering
Mechanical Department

Ahmed N. Rashid
College of Engineering
Mechanical Department

Abstract:

The effect of annealing at different temperatures on the formability of aluminum sheet of thickness (1.5) mm was studied in this work. Experimental testing including tension test, stretching test by using hemispherical punch without lubricant on the un treated and the annealed specimens. It was noticed that the best annealing temperature is about (275° C), and the best time is about (10) minutes. Improvement of formability occurred due to annealing process on the aluminum sheet.

Keywords: Aluminum, formability, annealing.

مقدمة:

يمكن القول أن قابلية التشكيل للمعدن عبارة عن تداخل لعدة متغيرات أهمها الخواص الميكانيكية ، نظام التشكيل المتبع في تصنيع الأجزاء وعملية التزييت المستخدمة في تلك العملية وتعبير كمية الانفعال عن درجة التشكيل أو التشويه للصفحة المعدنية، وعادةً ما يقاس الانفعال بأدوات مثل (extensometer) أو مقاييس الانفعال (strain gauge).

ويمكن التعبير عن الانفعال المتكون بفعل إجهاد الشد رياضياً بالمعادلة التالية:-

$$e = \frac{L - L_0}{L_0} \dots\dots\dots(1)$$

حيث أن:-

L_0 = مقياس الطول للنموذج قبل الفحص .

L = مقياس الطول للنموذج بعد الفحص .

ويطلق على هذا الانفعال بالانفعال الهندسي (Engineering strain).

أما الانفعال الذي يطلق عليه الانفعال الحقيقي (true strain) فيحسب من المعادلة التالية :

$$\varepsilon = \ln(1+e) \dots\dots\dots(2)$$

ويمكن التعبير عن الإجهاد الهندسي (نموذج فحص مسلط عليه حمل) رياضياً :-

$$S = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(3)$$

حيث أن :

F = الحمل المسلط (Newton).

A_0 = مساحة المقطع الأصلية للنموذج (mm^2)

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

الخصوع ومقاومة الشد القصوى في مخطط (الإجهاد - الانفعال) الهندسيين [2]. ولإيجاد معامل التصلد

الانفعالي (strain hardening exponent) فإنه 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) [1] من المعادلة التالية:

$$\bar{\sigma} = S(1+e) \dots\dots\dots(4)$$

ويحسب (n) من المعادلة التالية:

$$\bar{\sigma} = K \varepsilon^n \dots\dots\dots(5)$$

حيث أن :

$\bar{\sigma}$: الإجهاد الحقيقي (true stress)

K : معامل المقاومة (strength coefficient)

ε : الانفعال الحقيقي (true strain)

n : معامل التصلد الانفعالي (strain hardening exponent)

فكلما كانت (n) ذات قيمة كبيرة ما معناه حدوث استطالة كبيرة للنموذج قبل حصول عملية التخصر (necking) أي حدوث مط كـبير للمعدن قبل حدوث عملية التخصر. إن عملية التشكيل على البارد مثل الدرفلة، السحب والكبس تجرى عادة على المعادن والسبائك التي سبق لها إن شكلت على الساخن وهي عادة تمثل المرحلة النهائية من مراحل الإنتاج. إن تأثير التشكيل على البارد يتمثل في تحطيم بنية البلورات وجعلها تأخذ شكلاً طويلاً في اتجاه التشكيل فنقل المطيلية وتزداد الصلادة وبالتالي حدوث التصلد الانفعالي للمعدن [3] ومن المعادن الشائعة الاستخدام في عمليات التشكيل المختلفة ما يسمى بالألمنيوم التجاري (commercial aluminum) حيث يستخدم هذا المعدن في عمليات السحب والكبس والتدوير [4] وكنتيجة لإمكانية درفلة الألمنيوم إلى صفائح رقيقة جداً وكذلك بسبب عدم سميته فإنه يستخدم في تصنيع العلب والحاويات (cans & containers) [5] ويعتبر الحجم الحبيبي للمعدن من العوامل المهمة في السيطرة على الخواص الميكانيكية وعليه فإن عملية التلدين تبدو أهميتها واضحة من خلال استرجاع الألمنيوم للخواص المرغوبة في التشكيل [6]. إن التركيب المشوه للمعدن والنتائج من التشكيل على البارد يعتبر أقل استقراراً من التركيب الملدن الخالي من الانفعال (التلدين المزيل للتبلور) [7] وتتراوح درجة حرارة إعادة التبلور لمعدن الألمنيوم ما بين (150 °C) حسب الباحث [3] و (175 °C) حسب الباحث [7] والتي تعتمد على درجة نقاوة الألمنيوم. وفي هذا البحث تم إجراء تجارب عملية حول تأثير عملية التلدين بدرجات حرارة (225°C)، (250°C) و (275°C) على قابلية التشكيل لصفيحة من الألمنيوم بسبك مقداره (1.5) مم.

(Materials & Experimental work)

المواد وطرق العمل

الجزء العملي من البحث تضمن إجراء عملية التلدين بدرجات حرارة مختلفة لنماذج من صفيحة ألمنيوم بسبك (1.5mm) وإجراء الفحوصات المختبرية اللازمة لها (فحص الصلادة، فحص الشد، فحص قابلية التشكيل) لمعرفة تأثير عملية التلدين على الخواص الميكانيكية وبالتالي على قابلية التشكيل، وهيئت نماذج مصنفة بشكل

مجاميع لغرض إجراء الفحوصات ثم أجريت عملية التلدين للنماذج باستخدام فرن كهربائي نوع (Electric Muffle Furnace) والشكل (1) يوضح الفرن المستخدم في عملية التخمير. اختيرت ثلاث درجات حرارة في عملية التخمير هي (200 oC) و (225 oC) و (275 oC) بالاعتماد أصلاً على درجة حرارة إعادة التبلور للألمنيوم وصنفت النماذج المستخدمة في عملية التلدين حسب جدول رقم (1). أما لمعرفة نقاوة المعدن فقد اجري فحص التحليل الكيميائي في كلية العلوم / قسم الكيمياء، وكانت نتيجة الفحص (AL % 99) كمعدل. ومن ثم أجري فحص الشد باستخدام جهاز فحص الشد نوع (wolpert) وبمعدل ثلاثة فحوصات لكل نوع من أنواع النماذج لأجل التعرف على الخواص الميكانيكية لكل حالة حيث صنعت النماذج وفق المواصفة البريطانية (BS)، الشكل (2) يوضح الجهاز المستخدم في فحص الشد. بعد ذلك اجري فحص الصلادة باستخدام جهاز فحص الصلادة نوع (universal brooks inspection equipment) باختيار أسلوب فحص نوع (HRF) والمستخدم لفحص صلادة الصفائح عادةً ولجميع النماذج، شكل (3) يوضح الجهاز المستخدم في فحص الصلادة. بعدها اجري اختبار التشكيل باستخدام قالب بقطر مقداره (52) مم مع خرامة نصف كروية بقطر (50) مم وبدون تزييت للنماذج الغير ملدنة أولاً ثم أعيدت العملية لجميع النماذج الملدنة، شكل (4) يوضح العدد المستخدمة في اختبار قابلية التشكيل.

نتائج فحص الشد

اجري فحص الشد لكل مجموعة من النماذج وبمعدل ثلاثة نماذج لكل حالة ثم أجريت الحسابات اللازمة لإيجاد معامل التصلد الانفعالي لصفحة الألمنيوم وذلك باستخدام طريقة رياضية [8] حيث تبين أن قيمة معامل التصلد الانفعالي لصفحة الألمنيوم قيد البحث (0.28) والشكل (5) يوضح أبعاد النموذج المستخدم في فحص الشد. لوحظ من نتائج الفحص حصول زيادة في مقدار الاستطالة الحاصلة لجميع النماذج الملدنة عما هو عليه في النماذج الغير الملدنة، وهذه الاستطالة تزداد بالتدرج مع زيادة درجة حرارة التلدين وصولاً إلى درجة (275 °C) حيث أن النسبة المئوية للاستطالة الكلية للنماذج الغير مخمرة كانت بقيمة (9 %) في حين ازدادت إلى (12 %) للنماذج التي تم تلدينها بدرجة (275 °C) مما يدل على حدوث تحسن في مطيلية المعدن. إضافة إلى ذلك لوحظ حدوث نقصان في مقاومة الشد القصوى للنماذج الملدنة عما هو عليه للنماذج الغير ملدنة مما يدل على وجود تأثير لعملية التلدين في تغير الخواص الميكانيكية لصفحة الألمنيوم، ويبدو أيضاً حدوث تغير في الحجم الحبيبي للنماذج نتيجة لاستخدام درجات حرارة تلدين مختلفة تراوحت من (225°C) إلى (275°C). الشكل (6) يبين نماذج الألمنيوم بعد إجراء فحص الشد.

فحص الصلادة:**Hardness test**

اجري فحص الصلادة باستخدام صلادة روكويل نوع (F) أي مقياس (HRF) كونه يستخدم عادة لفحص صلادة الصفائح وخاصة الملدنة لأنه يعتمد على تسليط حمل صغير نسبياً (60 kg f) مع أداة تغلغل هي عبارة عن كرة من الفولاذ بقطر (1/16") ونلاحظ من جدول رقم (3) حدوث انخفاض في الصلادة لجميع النماذج الملدنة عما هو عليه في النماذج الغير معاملة حرارياً (untreated) ما معناه حدوث تأثير لعملية التلدين للنماذج وحدث التليين المطلوب (softening) أي حدوث إزالة كاملة للاجهادات و يلاحظ أن اقل صلادة كانت تخص النموذج الملدن بأعلى درجة حرارة (275 °C) وهذا يتفق مع [3] بأن الصلادة تتخفض بزيادة درجة حرارة التلدين ومن المعروف تأثير هذه الخاصية المهمة للمعدن على قابلية التشكيل حيث إنها تتناسب عكسياً مع المطيلية. الجدول رقم (3) يبين نتائج فحص الصلادة للنماذج علماً أن نتيجة الفحص تمثل معدل لثلاثة قراءات.

اختبار قابلية التشكيل :**Formability test**

أجري الاختبار باستخدام قالب و خرامة نصف كروية (hemispherical punch) بدون تزييت لدراسة تأثير التلدين على عمق النموذج مع ثبوت الحمل والجدول (4) يوضح نتيجة فحص التشكيل بالمط (stretching) للنماذج الملدنة والغير ملدنة ويمكن التعرف على تحسن قابلية التشكيل للنماذج المخمرة عن النماذج الغير ملدنة من خلال التقعر الحاصل للنموذج حيث يزداد بشكل كبير للنموذج (D) وتقل هذه الزيادة في عمق التقعر بنقصان درجة حرارة التلدين المستخدمة. كما انه عند اختيار حمل انضغاطي موحد في هذا الاختبار مقداره (6000 N) ولجميع النماذج يتضح العمق المنكون لكل نموذج . والجدول (5) يبين هذه الحالة ومن هذا الجدول يتضح أيضاً وجود تأثير لعملية التلدين على خواص صفيحة الألمنيوم في ظروف (biaxial stresses). والشكل (7) يبين مستوى التغيير في العمق بين النماذج.

الاستنتاجات:**Conclusions:**

- ١- تزداد الاستطالة الحاصلة للنماذج الملدنة عما كانت عليه قبل عملية التلدين.
- وتقل مقاومة الشد القصوى للنماذج الملدنة عما كانت عليه قبل عملية التلدين.
- ٢- حدوث تحسن في قابلية التشكيل لصفحة الألمنيوم سواء في حالة (uniaxial tension) و (biaxial stretching) وفي ظروف تشكيل بدون تزييت (dry) عند إجراء عملية التلدين.
- ٣- أفضل درجة حرارة تلدين والتي تعطي اكبر قابلية تشكيل هي (275 °C) وبزمن تلدين مقداره (10) دقيقة .

References:

المصادر:

- [1]: Yun ling, "uniaxial true stress- strain after necking", Amp. Journal of Technology, Vol .5 June 1996.
- [2]: Taylan Altan, "the importance of the n-value in sheet metal forming", stamping Journal, oct. 2001.
- [3]: [د. حسين باقر رحمة الله ، "مبادئ هندسة المعادن والمواد" ، مطبعة جامعة الموصل ، ١٩٨٥ .
- [4]: Higgins Raymond A., Engineering metallurgy _5th edition, part 1, 1983.
- [5]: Aluminum, Minerals Council of Australia and Australian geological survey organization, 1999.
- [6]: Metal suppliers on line, 1100-0-aluminum material property data sheet, copyright 1995-2000.
- [7]: Annealing, Serdar Z.Elgun, sep.17, 1999
- [8]: Z.Marciniak," Mechanics of sheet metal forming " Butter worth –Heinemann, Oxford, 2002, pp (6-7).

جدول رقم (1): درجة حرارة التلدين وزمن الإبقاء لكل نموذج.

specimen	Annealing condition	Soaking time (min)	Cooling medium
D	Annealed at 275 °C	10	furnace
C	Annealed at 225 °C	=	=
B	Annealed at 200 °C	=	=
A	Untreated	=	=

جدول (2) : أبعاد نموذج فحص الشد (mm).

Lt	L0	B	b	t
200	50	28	15	1.5

جدول رقم (3): نتائج فحص الصلادة

النموذج	D	C	B	A
الصلادة HRF	54	60	63	96

جدول رقم (4): نتائج قياس أقصى تقعر (للنموذج) بعد التشكيل بالمط

النموذج	Force (KN)	Depth of cup (mm)
A	12.5	10.2
B	6.6	12.75
C	6.4	13.14
D	6.2	14

جدول (5): عمق التقعر بفعل التشكيل بالمط لجميع النماذج تحت حمل ثابت (6000 N)

النموذج	A	B	C	D
عمق التقعر (mm)	12.4	11	9.25	3.7



الشكل (٢)



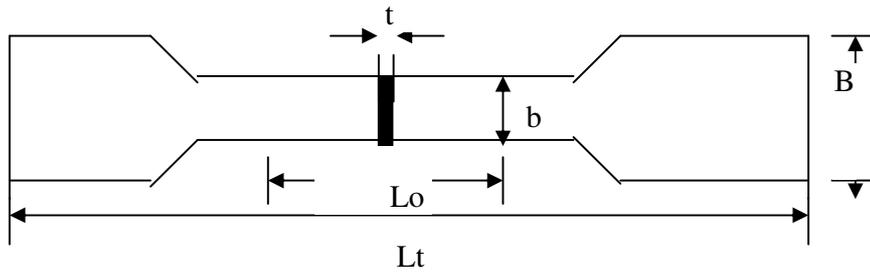
الشكل (١)



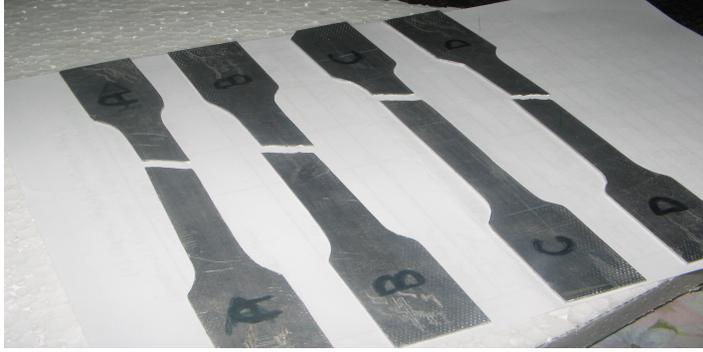
شكل رقم (4): العدد المستخدمة في التشكيل وتشمل الخرامة والقالب .
 قطر القالب: (52) مم.
 قطر الخرامة: (50) مم.



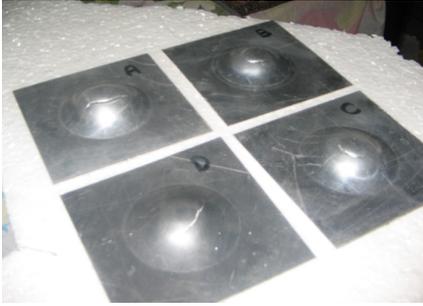
رقم (3): جهاز فحص الصلادة



شكل رقم (5) نموذج فحص الشد حسب المواصفة البريطانية (BS)



شكل رقم (6): النماذج بعد فحص الشد



شكل رقم (7): النماذج (A,B,C,D) بعد إجراء اختبار التشكيل

محور الهندسه المدنيه