

تأثير اللحام على قابلية التشكيل لصفائح صلب كاربوني

د.وليد جلال علي- قسم الهندسة الميكانيكية

جامعة الموصل

الخلاصة :

يعتبر مخطط حد التشكيل من الوسائل المهمة في تحديد قابلية تشكيل الصفائح المعدنية، حيث لكل صفيحة معدنية منحنى حد تشكيل خاص بها يحدد قابليتها على التشكيل وحدود الانفعال ومناطق التشكيل. يتطلب في بعض الأحيان اللحام التقابلي لصفحتين أو أكثر للحصول على خامة واحدة حيث يتم تشكيلها فيما بعد كما في بعض أجزاء بدن سيارة . في هذا البحث تم دراسة تأثير لحام القوس الكهربائي على مخطط حد التشكيل لصفائح صلب كاربون . لقد لوحظ أن اللحام يؤثر وبشكل ملحوظ على منحنى حد التشكيل حيث أنخفض حد الانفعال الرئيس والثانوي لصفائح الصلب بعد اللحام والتشكيل.

The Effect of Welding on the Formability of Carbon Steel Sheet

Waleed J. Ali

Mechanical Engineering Department, Mosul University, Mosul

Abstract

Forming Limit Diagram (FLD) is considered as an important tool in the determination of the formability of metal sheets. There is a Forming Limit Curve (FLC) for each sheet metal shows its formability, limit strains and forming regions. It is required some times to butt welding of two or more sheets of different thicknesses to get one blank to be formed latter, such as in some parts of car body. In this work the effect of electric arc welding on the forming limit diagram, of carbon steel, was studied. It was noticed that welding affects the forming limit curve, where the major and minor strains are lowered for the steel sheet.

Key Words : Welding, Formability, Forming Limit Diagram

قبل في 2006/6/26

أستلم في 2005/7/18

المقدمة

تشكل عمليات تشكيل الصفائح المعدنية نسبة كبيرة من عمليات تشكيل المعادن وتدخل هذه العمليات في إنتاج الهيكل الخارجي للسيارات ومنها الابواب وغطاء المحرك والواقيات.. وغيرها... وتعتبر عملية تشكيل الصفائح المعدنية من العمليات النهائية التي تجري الصفائح وتعتمد بقوة على عدة متغيرات مثل خواص المعدن وسلوكه في أثناء التشكيل وكذلك التزبييت ومعدات التشكيل.

لكل معدن أو سبيكة حدود تشكيل في عمليات تشكيل الصفائح المعدنية وهذه الحدود تقاس بقابلية المعدن لى التشكيل من خلال حد التشكيل (Forming Limit Diagram) الذي يمثل الحدود القصوى للإنفعال الرئيس والانفعال الثانوي على سطح الصفيحة حيث أن هذا المنحني يفصل بين منطقة التشكيل السليمة و منطقة الفشل وكذلك يؤدي الى معرفة مناطق التشكيل الحرجة لكل معدن .

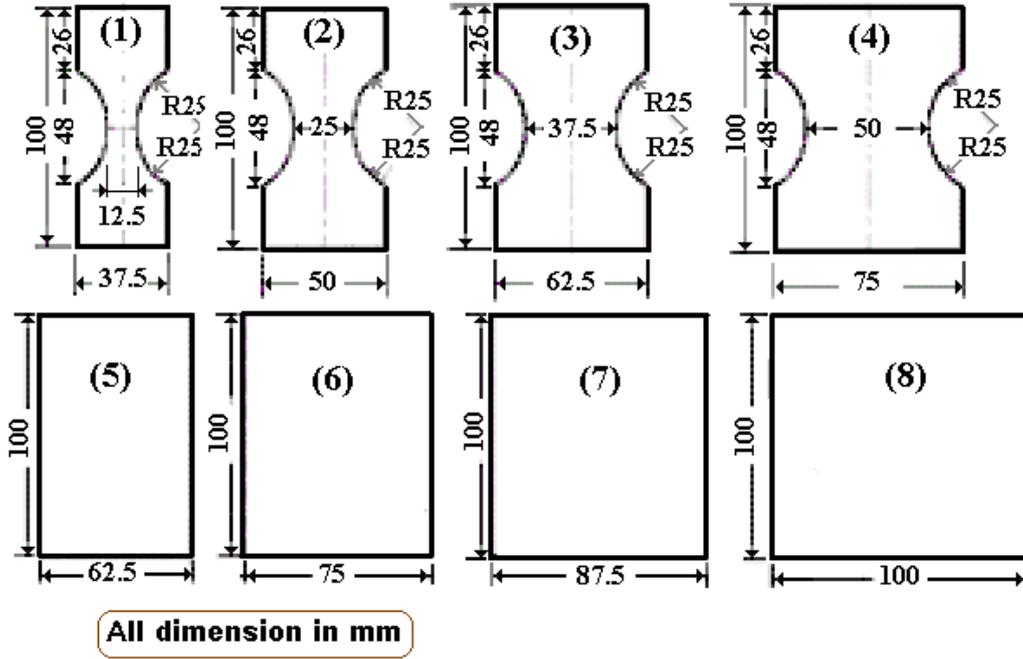
منذ استخدام منحني حد التشكيل والذي بداهه الـ (Keeler and Backofen1963)
[1]اللدان قاما بتعيين الجهة اليمنى من المنحني والتي تبعهما الباحث (Goodwin1968) [2]

لإكمال الجهة اليسرى للمنحني تم البحث باستخدام طرق مختلفة لتعيين منحني حد التشكيل عمليا باستخدام خرامات (Punches) مختلفة الأشكال: روية (Hemispherical) ودائرية مسطحة (Flat) وإهليلجية (Ellipses) ومستطيلة (Rectangular) [3]. لقد استخدمت الخرامة النصف كروية من قبل باحثين عديدين منهم [4] (Veerman and Hartman 1971) [5] (Shakeri and Dariani 2000) [6] (Kim et al 2003) ية الشد والمط لتعيين منحني حد التشكيل للصفائح المعدنية وقد صممت النماذج بحيث عند التشكيل تعطي مسارات إنفعال تمتد من إنفعال قريب من شد أحادي الاتجاه -Uni (axial Tension) (Stretching) قريب من ثنائي الاتجاه متساوي (Equi-biaxial).

بحوث السابقة على تعيين مخططات حد التشكيل (FLDs) معين ثابت للصفحة المراد تشكيلها ولكن قد يتطلب في بعض الأحيان تشكيل صفائح لها أكثر لتكوّن جزء ما كما في بعض أجزاء سيارة الصالون كالأرضية و بطانة الباب الجانبية ولوح حفظ العجلة وغطاء السطح... مما يتطلب دراسة تأثير اللحام على قابلية التشكيل للصفائح المراد تشكيلها في هذا البحث تم دراسة تأثير لحام القوس الكهربائي اليدوي على قابلية تشكيل لصفحة صلب كاربوني تحتوي على (0.4%) تقريبا من خلال بناء منحني حد التشكيل له قبل وبعد عملية اللحام.

الجانب العملي

كاربوني سمكها () وقد تم تقدير نسبة الكاربون فيها بالاعتماد على تقدير نسبة لبيرا لايت والفرايت باستخدام الفحص المجهرى وكانت نسبة (0.4%) . ولغرض بناء مخطط حد الانفعال والذي يكون بين مسار إنفعال أحادي الشد ومسار إنفعال متساوي تم تحضير نماذج بالأبعاد الموضحة في شكل () [7]. حيث تم تحضير ثمانية أشكال من النماذج لصفائح كما هي (أي غير (بعدد اثنين لكل شكل وند القوس الكهربائي اليدوي. قسمت النماذج الى نوعين النوع الأول يتكون من أربعة نماذج (- 4 (1) لها نفس الطول (100) ومختلفة العرض (37.5 , 50 , 62.5 , 75) وجود أقواس نصف قطرها 25 ملم بجانب كل نموذج لرسم الجهة اليسرى من المنحني أي تم قطع التقويس وذلك باستخدام قالب خاص صنع لهذا الغرض (شكل رقم). و لغرض رسم الجهة اليمنى من منحني حد التشكيل استخدم النوع الثاني من النماذج (5 - 8) التي تتكون من أربعة نماذج لها نفس الطول (100) (62.5 75 87.5 100) [7] .



شكل (١) أبعاد النماذج المستخدمة لتعيين منحنى حد التشكيل

لغرض قياس الانفعال الحقيقي ولتحديد حد الانفعال طبعت دوائر بقطر (2 ملم) على سطح لية التشكيل وقد تم التأكد من دقة الأبعاد بواسطة ميكروسكوب قياس متنقل وبدقة (0.01 ملم). بعد الانتهاء من طباعة الدوائر تبدأ عملية التشكيل باستخدام خرامة ذات راس (50) وكذلك قالب بقطر (52) ومثبت للخامة من نفس المعدن مع ().

تم استخدام جهاز الشد كمكبس في عملية التشكيل حيث تم وضع القالب على جهاز الكبس وتم تثبيت كل من النماذج الثمانية بواسطة مثبت الخامة () في عملية الكبس كانت (دقيقة) حيث يتم إيقاف هذه العملية عند بدء هب الجهاز والذي يدل على حصول التخصر أو الكسر في النموذج.

تم إتباع طريقة Hecker [8] لتحديد حد الانفعال حيث صنف الدوائر (التي تصبح إهليلجات بعد عملية التشكيل) Necked Accepted Fractured.

تم قياس الصلادة من منطقة اللحام عبر المنطقة المتأثرة بالحرارة HAZ الى المنطقة غير المتأثرة بالحرارة باستخدام Break Inspection equipment



شكل رقم (٢) يبين مكبس قص التفويس



شكل رقم (٣) يبين أجزاء قالب السحب

النتائج والمناقشة

تم تعيين منحنيات حد التشكيل لصفائح الصلب المستخدمة في الدراسة قبل وبعد عملية اللحام وذلك من حساب الانفعالين الحقيقيين (1, 2) بعد قياس للدوائر المقبولة والمتحصرة () و بإتباع طريقة Hecker [8] و تحديد هذين الانفعالين الرئيس والثانوي.



الشكل ٤. صورة لمنطقة الكسر وفيها يظهر الدوائر (الاهليلجات Ellipses) المقبولة والمتحصرة والمتشققة

لين الحقيقيين باستخدام العلاقات التالية) :-

$$d = d(d)/d$$

$$d_1$$

$$1 = \frac{d(d)}{d}$$

$$d_0$$

$$d_2$$

$$2 = \frac{d(d)}{d}$$

$$d_0$$

$$\epsilon_1 = \ln \frac{d_1}{d_0} \dots \dots \dots (1) \text{ الانفعال الرئيس}$$

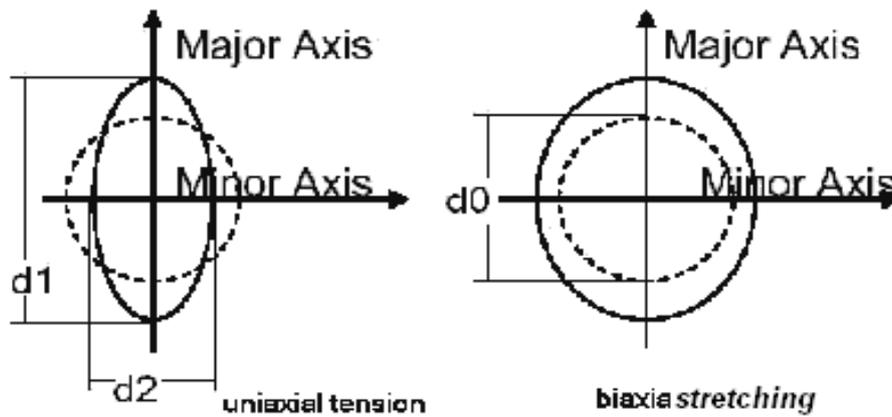
$$\varepsilon_2 = \ln \frac{d_2}{d_0} \dots \dots \dots (2) \text{ الانفعال الثانوي}$$

حيث

(d0): قطر الدائرة قبل التشكيل

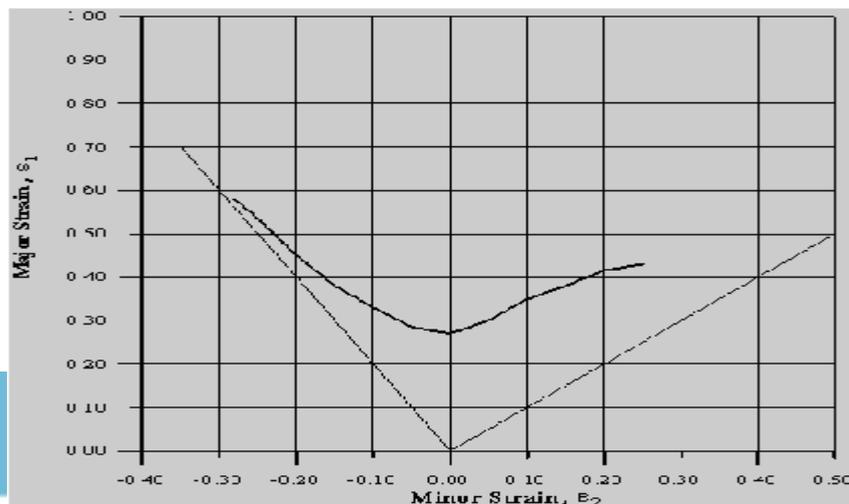
(d1): القطر الرئيسي للاهليج بعد التشكيل

(d2): القطر الثانوي للاهليج بعد التشكيل



شكل (٥). يوضح الدائرة قبل وبعد عملية التشكيل لمسار الشد الأحادي uniaxial tension والثنائي المتساوي equibiaxial stretching

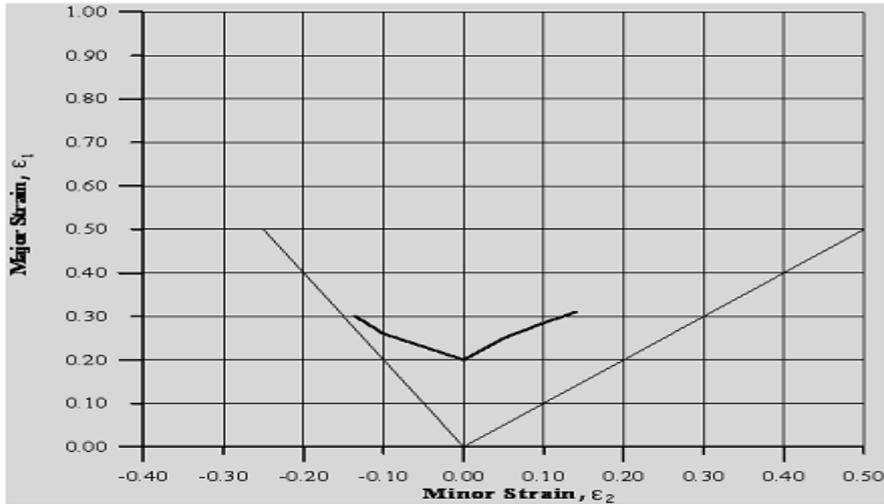
الشكل () يوضح مخطط حد التشكيل (FLD) للصفائح غير الملحومة وفيها يكون الانفعال الرئيس الأعلى في الجهة القريبة من مسار الشد الأحادي (uniaxial tension path) بينما الانفعال الثنائي المحور (plane strain path)



(الانفعالات)

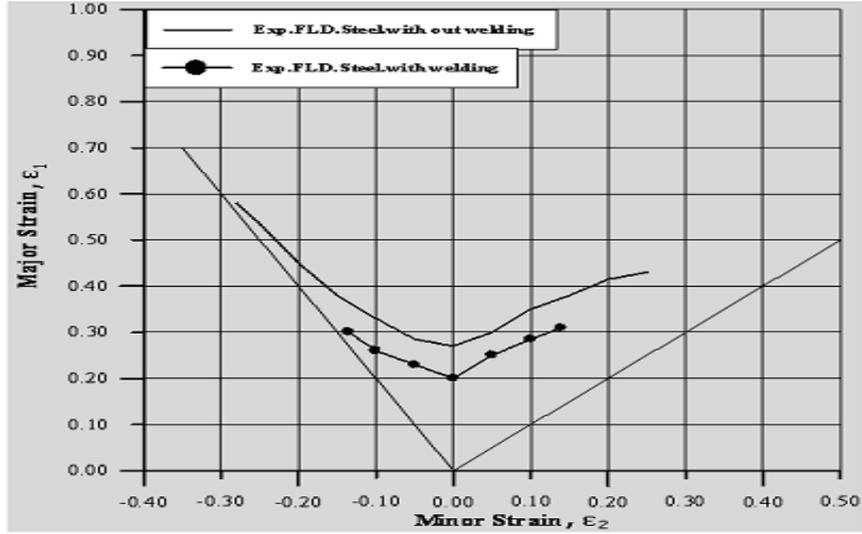
() مخطط حد التشكيل لصفائح صلب غير ملحومة

() يبين مخطط حد التشكيل لصفحة ملحومة وفيها يبدو وا
من الانفعال الرئيس 1 2



شكل (٧) مخطط حد التشكيل لصفائح صلب ملحومة

الشكل () يبين المقارنة بين منحنى حد التشكيل (FLCs) للصفائح الملحومة وغير الملحومة حيث تأثير اللحام واضحا على قابلية التشكيل ممثلا بمنحنى حد التشكيل. لقد انخفض الانفعال الرئيس لكل المسارات نتيجة تأثير اللحام وكذلك بالنسبة للانفعال الثانوي.



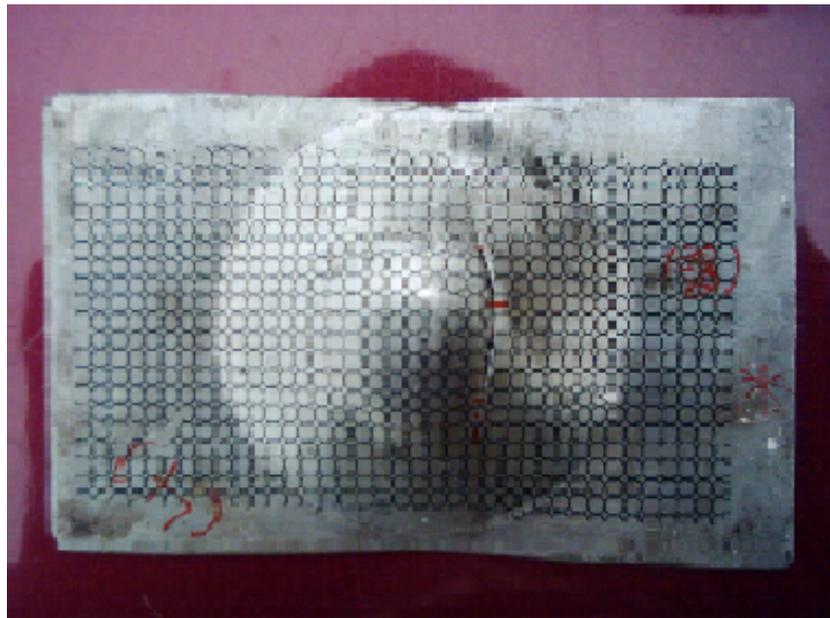
() مقارنة بين منحنى حد التشكيل للصفائح الملحومة وغير الملحومة

يلاحظ من الشكلين () والكسر في النماذج غير الملحومة قد حصل بعيدا عن المركز (pole) بينما في النماذج الملحومة () يقع التخصر والكسر قريبا من المركز في المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ). إن في عملية التشكيل وعندما تلامس الخرامة نصف الكروية الصفيحة وتبدأ عملية السحب يزداد الشد في الصفيحة مع ففي حالة عدم وجود احتكاك بين الصفيحة والخرامة فإن أعظم شد و انفعال يكون في المركز ولذلك يحصل التخصر و الفشل على شكل تمزق فيه ولكن عمليا ونظرا لوجود احتكاك (كما في هذه الدراسة) فان توزيع الانفعال الرئيس من المركز الى حافة التثبيت سيكون كما في الشكل () [9].



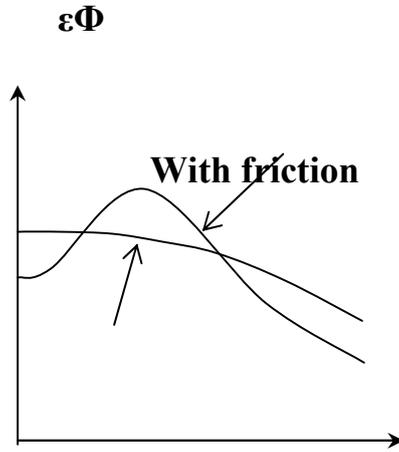


(أ)



(ب)

() () فوتوغرافيتان للنموذجين رقم () () . ()
(



$\epsilon\Phi$ = الانفعال الرئيس

Frictionless

r = المسافة من المركز

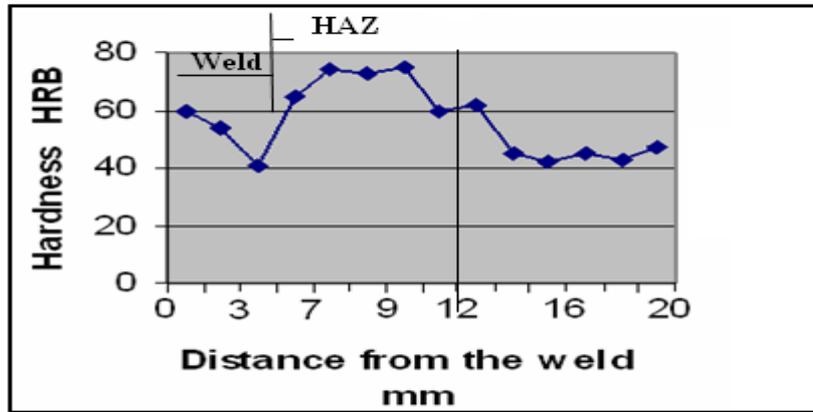
r

. توزيع الانفعال لخامة مشكلة بالمط باستخدام خرامة نصف كروية [9]

نتيجة لإجهاد احتكاك التلامس (μP) الذي يكون باتجاه المركز (pole) فان أكبر إجهاد شد وأكبر انفعال سيكون على مسافة من المركز والذي فيها يحصل التخصر أو الكسر و () يوضح مكان حصول الكسر للنماذج 4 5 في الصفيحة غير الملحومة حيث يقع ()

في حالة النماذج الملحومة ونتيجة لتعرض الصفيحة في المنطقة القريبة من منطقة اللحام (Heat Affected Zone HAZ) درجات حرارة عالية (تصل الى طور الاوستنايت Austenite في بعض مناطقها) تحصل عملية تغيير تركيب

المعدن مما يؤدي الى زيادة الصلادة في المنطقة المتأثرة بالحرارة [10] . ()
يوضح توزيع الصلادة (HRB) من مركز اللحام الى المنطقة غير المتأ
للصفيحة المستخدمة في الدراسة وقبل عملية التشكيل . إن زيادة الصلادة في هذه المنطقة كما هو
معلوم يرافقها انخفاض في المطيلية ductility مما يؤدي الى حصول تخسر وفشل فيها مبكر
وبانفعال أقل مقارنة بالصفيحة غير الملحومة وهذا بالتالي يؤدي الى خفض قابلية التشكيل أي
خفض منحنى حد التشكيل (FLC) () حيث بلغت
% تقريبا. وهذا يفسر حصول الكسر في المنطقة المتأثرة
() HAZ .



() توزيع الصلادة (HRB) اللحام الى المنطقة غير المتأثرة بالحرارة
للصفيحة

الاستنتاجات

عند لحام صفائح من الصلب الكربوني وتشكيلها باستخدام خرامة نصف كروية ومقارنة قابلية
تشكيلها مع صفائح غير ملحومة يمكن الخروج بالاستنتاجات التالية:-

HAZ

. عملية اللحام تؤدي الى حصول زيادة بالصلاد
وهذه يرافقها انخفاض بالمطيلية في هذه المنطقة .

حصول تخرس وفشل تحت اجهادات وانفعالات أقل من تلك للصفحة غير الملحومة وهذا يؤدي الى انخفاض في منحنى حد التشكيل للصفحة وبالتالي الى تقليل لقابلية التشكيل وبشكل ملحوظ.

معظم الكسور حصلت في المنطقة المتأثرة بالحرارة HAZ بينما في الصفائح غير الملحومة حصلت الكسور بمنطقة أبعد عن المركز.

المراجع

1. Keeler S.P. and Backofen W.A.(1963) Plastic Instability and Fracture in Sheets Stretched Over Rigid Punches, Transaction of The ASM,Vol.56,25-48
2. Goodwin G.M.(1968) ,Application of Strain Analysis to Sheet Metal Forming Problems in the Press Shop ,Society of Automotive Engineers ,Technical Paper No 680093
3. Maciniak, Z.,Kuczynski ,K .and Pokra,T (1973) Influence of Plastic Properties of a Material on the Forming Limit Diagram for Sheet Metal in Tension ,Int. J. Mech. Sci ,Vol.15 pp.789-805.
4. Veerman ,C.C. Hartman,L.Peels,J.J. Determination of Appearing Strain and Admissible Strain in Cold Reduced Sheets , Sheet Metal Industrial,Vol.98,1971 pp 678-680.
5. Shakeri,M.A. and Dariani ,B.M.”Theoretical and Experimental Analysis of Sheet Metal Formability Limits” ,Rev. Met. CIT Sci.Genie Mater.,May 2000,663-670.
6. Kim K.J. and Choi,S.H.,” Formability of AA5182 /Polypropylene/ AA5182 Sandwich Sheets, Journal of Material Processing Technology139 (2003).
7. Hitchcok – Manthey, LLC <http://www.surfacestrain.comUSA>.
8. Hecker, S.S.,(1975) “Simple Technique for Determining Forming Limit Curve” Sheet Metal Industries, pp.671-676.
9. Z.Marcinal, J.L.Duncan, and S.J.Hui 2002 “Mechanics of sheet Metal Forming”Butterworth Heinemann,pp132-133
10. Bolton, W.,(1998) . Engineering Materials Technology. Butterworth Heinemann PP 384.

