



المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
جامعة أم القرى
كلية العلوم التطبيقية

دراسة خصائص اختبار الشد لسبيكة Sn-37.3%wt Pb

بحث مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة البكالوريوس في الفيزياء

مقدم من الطالبات

سامية جوبير الأحمدى، رغد عطية المحمادي، اسراء بوبكر باوزير
العنود عيد المولد، حنين مبروك الدعدي، سماهر مسعود الدغيلبي
رنين أمل زامكه، نوال معيض المتعاني

اشراف

أ.فاطمة باجعفر

صفر ١٤٣٧ هـ - نوفمبر ٢٠١٥ م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
جامعة أم القرى
كلية العلوم التطبيقية

دراسة خصائص اختبار الشد لسبيكة Sn-37.3%wt Pb

بحث مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة البكالوريوس في الفيزياء

مقدم من الطالبات

سامية جوبير الأحمدى، رغد عطية المحمادي، اسراء بوبكر باوزير
العنود عيد المولد، حنين مبروك الدعدي، سماهر مسعود الدغيلبي
رنين أمل زامكه، نوال معيض المتعاني

اشراف

أ.فاطمة باجعفر

صفر ١٤٣٧ هـ - نوفمبر ٢٠١٥ م

مستخلص البحث

في هذا البحث تم الكشف عن الخصائص الميكانيكية لسبيكة الايوتكتك الرصاص-قصدير (Sn-Pb 37.3% wt) وذلك من خلال اختبار الشد والذي يعتبر أحد أهم الاختبارات الميكانيكية التي تجرى على المواد المختلفة حيث من خلال اجراءه على عينه من المعدن نستطيع استخدام نتائج الاختبار للمفاضلة بين المواد المختلفة أثناء القيام بتطوير أساليب تصنيع جديدة.

وقد تم التعامل مع النتائج المعملية الجاهزة لقيم الحمل والاستطالة لإيجاد منحنى الاجهاد والانفعال الواقع على العينة، والذي من خلاله تم استخراج الخصائص الميكانيكية المتمثلة في قيم حد التناسب واقصى اجهاد للشد واجهاد الكسر واقصى انفعال ومعامل يونغ واجهاد الخضوع، ثم تم إيجاد الرجوعية والمتانة بحساب مساحة المثلث وكافة المساحة تحت المنحنى على التوالي، وبأخذ اللوغاريتم لمنحنى الاجهاد الانفعال الحقيقيين تم ايجاد قيم معامل التصلد ومعامل القوة من خلال ميل المنحنى والجزء المقطوع من المحور الصادي على التوالي.

أظهرت النتائج امتلاك السبيكة لكافة الخواص الميكانيكية السابقة، وتوصي الدراسة بالنظر في خصائص الشد كمعاملات تصميم هامة لاختيار المواد للتطبيقات المرجوة منها.

كلمة شكر

"كن عالماً ... فان لم تستطع فمتعلماً... فان لم تستطع فأحب العلماء ... فإن لم تستطع فلا تبغضهم"

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود بها الى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام اللذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهود كبيرة في سبيل النهضة بجيل الغد

نقدم أسمى آيات الشكر والامتنان إلى والدينا وإلى جامعتنا وإلى اللذين حملوا أقدس رسالة في الحياة إلى جميع أساتذتنا الأفاضل الكرام ونشكر كل من ساهم في إتمام هذه الرسالة وقدم لنا يد العون والمساعدة ونخص بالتقدير والشكر أساتذتنا الكريمة الفاضلة/ فاطمة باجعفر التي لم تتوانى عن مساعدتنا للحظة وتزودنا بالمعلومات المهمة سائلين المولى أن يوفقها ويجعل كل ما تقوم به في سبيل العلم في ميزان حسناتها.

قائمة المحتويات

أ	مستخلص البحث	.....
ب	كلمة شكر	.....
و	قائمة الرموز والمصطلحات	.....
٢	الفصل الأول: المقدمة	.....
٢	٢-١ سبيكة الأيوتكتك (Pb-Sn)	.....
٣	١-٢ أهداف البحث	.....
٣	١-٣ لمحة عامة	.....
٥	الفصل الثاني: المسح الأدبي	.....
٨	الفصل الثالث: اجراء الدراسة والاعتبارات النظرية	.....
٨	١-٣ الاختبارات الميكانيكية Mechanical tests	.....
٨	٢-٣ اختبار الشد Tensile test	.....
٩	١-٢-٣ منحنى الاجهاد والانفعال Stress-Strain Curve	.....
٩	١-٢-٣ Engineering Stress and Strain والانفعال الهندسي والاجهاد الهندسي	.....
١١	٢-٢-٢ خصائص الشد Tensile properties	.....
١٦	الفصل الرابع: النتائج والمناقشة	.....
١٦	١-٤ الحمل والاستطالة Load and Elongation	.....
١٧	٢-٤ منحنى الاجهاد والانفعال الهندسي Engineering Stress-Strain Curve	.....
٢٠	٣-٤ منحنى الاجهاد والانفعال الحقيقي True Stress-Strain Curve	.....
٢٠	٤-٥ معامل الصلادة والقوة Hardening and Strength Coefficient	.....
٢٣	الفصل الخامس: الخلاصة	.....
٢٤	قائمة المراجع	.....

قائمة الأشكال

- شكل (١.٣) قوة الشد المطبقة على وحدة المساحات ٩
- شكل (٢.٣) الانفعال الهندسي الحاصل في العينة ١٠
- شكل (٣.٣) منحني الإجهاد- الانفعال لمعدن مطيل ١١
- شكل (٤.٣) معامل يونغ من منحني الاجهاد الانفعال ١٢
- شكل (٥.٣) الرجوعية من منحني الاجهاد الانفعال ١٣
- شكل (٦.٣) المساحة الكلية تحت منحني الاجهاد والانفعال ١٣
- شكل (١.٤) منحني الحمل والاستطالة ١٧
- شكل (٢.٤) منحني الاجهاد والانفعال الهندسي ١٧
- شكل (٣.٤) تعيين قيمة اجهاد الخضوع من منحني الاجهاد الانفعال ١٨
- شكل (٤.٤) ايجاد الرجوعية والمثانة من منحني الاجهاد والانفعال ١٩
- شكل (٥.٤) منحني الاجهاد والانفعال الحقيقي ٢٠
- شكل (٦.٤) اللوغاريتم الطبيعي لمنحني الاجهاد والانفعال ٢١

قائمة الجداول

- جدول (١.٤) النتائج المستخرجة من منحنى الاجهاد والانفعال الهندسي.....١٩
- جدول (٢.٤) قيم معامل القوة والصلادة.....٢١

قائمة الرموز والمصطلحات

الاجهاد الهندسي	σ
الانفعال الهندسي	ϵ
الاجهاد الحقيقي	σ_{true}
الانفعال الحقيقي	ϵ_{true}
حد التناسب	σ_P
معامل يونج	Y
اجهاد الخضوع	σ_Y
اقصى اجهاد للشد	E_u
اجهاد الكسر	E_f
اقصى انفعال	E_m
الرجوعية	R
المتانة	T
معامل التصلد الانفعالي	N
معامل القوة	A

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول

المقدمة

لما كانت الحاجة الى بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية التي لا يتفق وجودها في الفلزات النقية، لذلك يغلب استخدام الفلزات في صورة سبائك (alloys) تختلف في خواصها عن المادتين المكونتين لها بهدف التعديل في خصائصها أو للحصول على خصائص جديدة لا يتصف بها أي من الفلزات المكونة للسبيكة. لذا تعرف السبيكة بأنها اتحاد فلزين أو أكثر لينتج فلز جديد بخصائص مختلفة عن الفلز الأساس، ويمكن التحكم في بعض هذه الخواص بتغيير نسب العناصر الداخلة في تركيب السبيكة. وعلى الرغم من التقدم الكبير في علم المواد، يتطلع الباحثون الى الكشف عن خصائص أفضل وذلك بمعرفة التغيير في سلوك المواد نتيجة تغير الظروف المحيطة بها

في هذا البحث تم إيجاد الخواص الميكانيكية لسبيكة الأيوتيك (Pb Sn-37.3% wt) من خلال رسم منحنى الاجهاد والانفعال الهندسي لها باستخدام برنامج الأورجن لرسم وتحليل البيانات، حيث تم أخذ القياسات للعينة معملياً في جامعة الملك عبد العزيز بقسم الفيزياء من خلال اختبار الشد باستخدام جهاز CMT-4000 mechanical tester.

٢-١ سبيكة الأيوتكتك (Pb-Sn)

يقصد بها سبيكة مكونة من القصدير والرصاص بنسب مختلفة تتميز بعدة صفات من أهمها الليونة الجيدة، ودرجة الحرارة المنخفضة 183 C^0 .

تستخدم هذه السبائك في العديد من التطبيقات مثل لحام ألواح جسم السيارات، وفي وصل الروابط الإلكترونية والميكانيكية [١].

١-٢ أهداف البحث

١. فهم مبدأ اختبار الشد من خلال العلاقة بين الاجهاد والانفعال.
٢. معرفة معنى الإجهاد والانفعال والتميز بين الحقيقي والهندسي.
٣. استنتاج الخواص الميكانيكية من المنحنيات (اجهاد الخضوع ومعامل المرونة واجهاد الكسر والمتانة والرجوعية ... الخ).
٤. إجراء الحسابات ورسم المنحنيات باستخدام برنامج "origin" لرسم وتحليل البيانات.

١-٣ لمحة عامة

قسّم هذا البحث الى عدة فصول مدعمة بالمعادلات اللازمة والرسوم البيانية والجداول وذلك حسب الترتيب التالي:

الفصل الأول يبرز نبذة مختصرة عن أهداف الدراسة وأهميتها متضمناً مفهوم السبائك بشكل بسيط والسبب في الدراسة.

مقدمة عامة عن السبائك بشكل عام وسبيكة (Pb-Sn) بشكل خاص، أيضاً الأهداف وأهم ما سنقوم به.

الفصل الثاني يعرض خلفية بسيطة عن الاختبارات الميكانيكية مع التركيز على أهم القوانين والنظريات الخاصة باختبار الشد.

الفصل الثالث يقدم استقراء لبعض الدراسات السابقة التي قام بها العلماء عن اختبار الشد.

الفصل الرابع يقدم عرضاً للنتائج التي تم إيجادها باستخدام برنامج origin وذلك من خلال رسم المنحنيات وإجراء الحسابات لاستنتاج الخصائص.

الفصل الخامس يتناول ملخصاً شاملاً للبحث وبعض التوصيات لهذه الدراسة.

الفصل الثاني

المسح الأديبي

الفصل الثاني

المسح الأدبي

في السنوات الأخيرة ونتيجة للتطور الصناعي الكبير في مختلف المجالات، وزيادة الحاجة الى المعادن والسبائك على وجه الخصوص مع تطور المجتمعات، أدى التقدم في دراسة الخواص الفيزيائية للمعادن الى تطوير صناعة السبائك المعدنية بهدف الاستفادة من الخواص الجديدة للسبائك في مختلف الصناعات. وقد أجريت العديد من الدراسات للحصول على تحسين مستمر لهذه السبائك من خلال دراسة الخصائص الميكانيكية لها والعمل على تحسينها.

في عام ٢٠٠٣ درس سون وآخرون (Song et al) خصائص الشد على سبيكة النحاس قصدير-Sn-Zn مع إضافة مختلفة من الفضة Ag أظهرت النتائج انخفاض قوة الشد وزيادة الليونة [٢].

في عام ٢٠٠٤ أجرى تان (E. Tan) وآخرون اختبار الشد على ألياف polymeric PLC باستخدام جهاز اختبار الشد، وأظهرت النتائج انخفاض مميز في قوة الشد وتمدد عالي عند درجة حرارة الغرفة ووجد أيضا ان الاختبارات الميكانيكية تعتمد على قطر الألياف حيث وجد انخفاض في قيم قوة الشد واجهاد الخضوع مع زيادة قطر الالياف [٣].

في عام ٢٠٠٨ أجرى منذر راضي وأسيل أموري اختبار الشد على سبيكة (Al-4%Cu-1.5%Mg) وإضافة عنصر النيكل النقي اليها بنسب مختلفة. أوضحت النتائج بأن إضافة نسب بشكل مختلف الى سبيكة البحث يؤدي الى زيادة قيم مقاومة الشد وقيم مقاومة الخضوع وتسبب أيضا زيادة في نسبة الاستطالة للسبائك الحاوية على النيكل مقارنة مع سبيكة البحث الخالية من النيكل [٤].

في عام ٢٠١١ أجرى عزت وآخرون اختبار الشد على سبيكة (Si-Al-Mg) وتأثير المعالجات الحرارية عليها وأوضحت النتائج بأن اضافة نسب مختلفة الى سبيكة البحث يؤدي الى زيادة قيم مقاومة الشد وقيم مقاومة الخضوع للمادة المترابطة كانت أعلى مقارنة بالمادة الأساس وتحسن الخواص الميكانيكية لها [٥].

في هذا البحث سنركز على دراسة بعض الخصائص الميكانيكية لسبيكة الايوتكتك الرصاص-قصدير (Sn-Pb) من خلال اختبار الشد.

الفصل الثالث

اجراء الدراسة والاعتبارات النظرية

الفصل الثالث

اجراء الدراسة والاعتبارات النظرية

استخدام المواد في أي تصميم ميكانيكي يعتمد على الخواص الميكانيكية لها والتي يتم استخراجها عادة من عدة اختبارات ميكانيكية يمكن من خلالها تعيين نوع المعدن ومواصفاته. يقدم هذا الفصل مقدمة بسيطة عن أهمية هذه الاختبارات وأنواعها مع التركيز على اختبار الشد ولفهم أهمية المواصفات المستخرجة من اختبار الشد سنعطي نبذة عن مفاهيم هذه المواصفات.

١-٣ الاختبارات الميكانيكية Mechanical tests

تعتبر الاختبارات الميكانيكية ذات اهمية عظمى لارتباط معظم المشاريع الاقتصادية بها، حيث يمكن من خلال دراستها معرفة مدى وقوة تحمل المواد لبيئة العمل المختلفة.

ومن أنواع الاختبارات الميكانيكية:

- الاختبارات المتلفة ومنها اختبار الشد واختبار الضغط.
- اختبارات الغير المتلفة ومنها الفحص بالمجال المغناطيسي أو الفحص بالموجات فوق الصوتية [٣].

٢-٣ اختبار الشد Tensile test

هو الاختبار الأكثر شهرة في اختبار المواد، يُستخدم على نطاق واسع لتوفير معلومات أساسية عن مقاومة المواد وللتحقق من استيفاءها لمواصفات قياسية. حيث يتم على عينة من المعدن توضع على

مكينة الاختبار ثم يتم التأثير بقوة شد أحادية المحور تتزايد باستمرار حتى الكسر، ويتم في الوقت ذاته رصد استطالة العينة كدالة في قوة الشد (الحمل)، ثم ترسم علاقة بين الإجهاد والانفعال ومن هذا المنحنى يمكن معرفة العديد من الخصائص الميكانيكية للمعدن المختبر [٦].

١-٢-٣ منحنى الاجهاد والانفعال Stress-Strain Curve

تظهر نتائج اختبار الشد في منحنى الاجهاد والانفعال، حيث يمثل الاجهاد بالإحداثي الصادي والانفعال بالإحداثي السيني، ويختلف هذا المنحنى باختلاف نوع المادة فالمعادن تختلف في سلوكها تحت تأثير حمل الشد المطبق عليها تبعاً لطبيعة تلك المواد.

فعندما تتعرض المادة الى قوة الشد تخضع الى تشوه في شكلها، أي أنها تقع تحت إجهاد ينتج عنه انفعال.

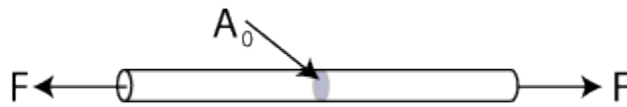
١-٢-٣-١ الاجهاد الهندسي والانفعال الهندسي Engineering Stress and Strain

- الإجهاد الهندسي Engineering Stress

هو قوه الشد المؤثرة على العينة (الحمل) عمودياً على وحدة المساحة كما هو موضح بالشكل (١.٣)

$$\sigma(\text{Stress}) = \frac{\text{الحمل (Load)}}{\text{المساحة (Area)}} \quad (١.٣)$$

حيث وحدة الاجهاد σ هي $[N/m^2]$ أو $[Pa]$ [٧].



شكل (١.٣) قوة الشد المطبقة على وحدة المساحات

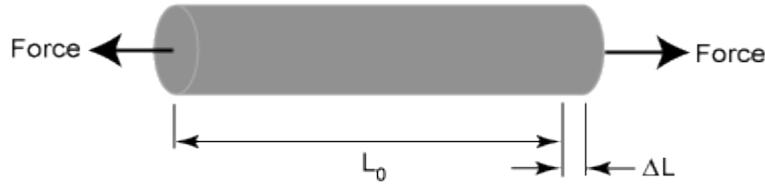
وللإجهاد أنواع عدة منها:

- اجهاد استطاله ويسبب زيادة في الطول.
- اجهاد ضغط ويسبب نقص في الطول أو تغير في حجم العينة.
- اجهاد قص ويسبب تغير في الشكل العام للجسم الهندسي [٨].

- الانفعال الهندسي Engineering Strain

هو استجابة المادة للقوة المؤثرة عليها ويُعطى بحاصل قسمة الاستطالة الحاصلة في العينة على الطول الأصلي.

$$\varepsilon(\text{strain}) \text{ الانفعال} = \frac{\text{الاستطالة (Elongation)}}{\text{الطول الأصلي (Orininal Length)}} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2.3)$$



شكل (٢.٣) الانفعال الهندسي الحاصل في العينة

وقد يعطى بالتغير في الحجم بالنسبة للحجم الأصلي [٧].

٢-١-٢-٣ الاجهاد الحقيقي والانفعال الحقيقي True stress and strain

الاجهاد الحقيقي: هو قوه الشد المؤثرة على العينة (الحمل) عمودياً على وحدة المساحة اللحظية.

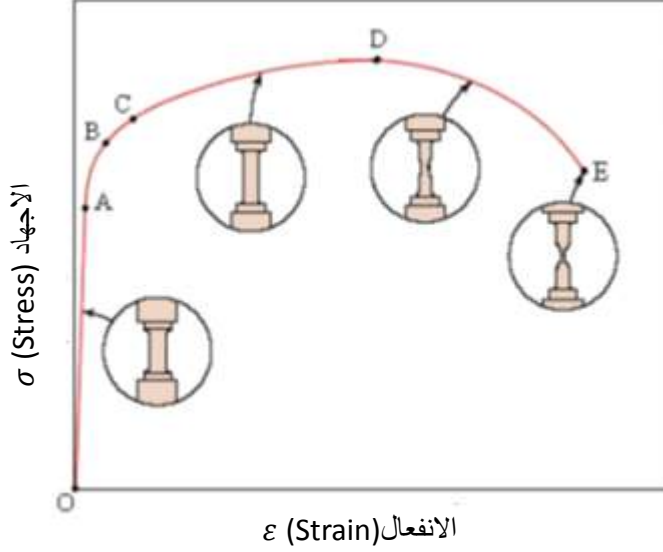
$$\sigma_{true} = \sigma (1 + \varepsilon) \quad (3.3)$$

الانفعال الحقيقي: يعطى باللوغاريتم الطبيعي لقسمة الطول النهائي على الطول الأصلي [9, 10]

$$\varepsilon_{true} = \ln(1 + \varepsilon) \quad (4.3)$$

٢-٢-٢ خصائص الشد Tensile properties

يفيد اختبار الشد وبالتالي منحنيات الاجهاد الانفعال في دراسة السلوك الميكانيكي للمادة حيث يُستنتج منها الخواص الميكانيكية التي تعطي معلومات مهمة في التطبيقات المختلفة، ويوضح الشكل (٣.٣) منحنى الاجهاد والانفعال لمادة مطيلية (مادة يحدث لها تشوه كبير قبل الكسر).



شكل (٣.٣) منحنى الإجهاد- الانفعال لمعدن مطيل

يمكن تقسيم المنطقة اعتماداً على السلوك الى ثلاث مناطق:

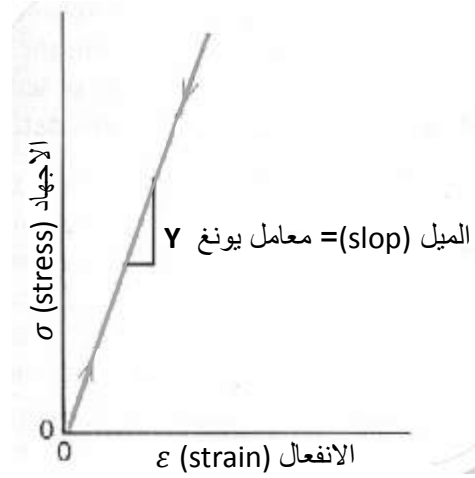
- تتمثل المنطقة الأولى بخط مستقيم (حتى النقطة A) يمثل السلوك المرن (elastic behavior) حيث ضمن هذه المنطقة تستعيد المادة شكلها الأصلي بزوال الاجهاد.
- بعدها تصبح زيادة الانفعال غير خطية مع زيادة الاجهاد يمثل السلوك الغير مرن (plastic behavior) حتى اقصى اجهاد للشد عند النقطة D
- بعدها يقل الاجهاد تدريجياً ويحدث تمزق للعينة (rupture) عند النقطة E [١١].

وفيما يلي تعريف بالخصائص الميكانيكية وكيفية استخراجها.

- **حد التناسب σ_p (Proportional Limit):** أقصى قيمة للإجهاد في المنطقة المرنة (الخطية) حيث بعدها تنتهي العلاقة الخطية بين الإجهاد والانفعال وهي الأحداثي الصادي للنقطة A
- **معامل يونج Y (Young Modulus):** هي خاصية المادة لمقاومة التشوه وهي قيمة ثابتة يمكن استخراجها من ميل الخط المستقيم (منطقة المرونة) كما هو موضح بالشكل (٤.٣)

$$Y = \frac{\text{الإجهاد (Stress)}}{\text{الانفعال (strain)}} = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (٥.٣)$$

بوحدة [Pa]

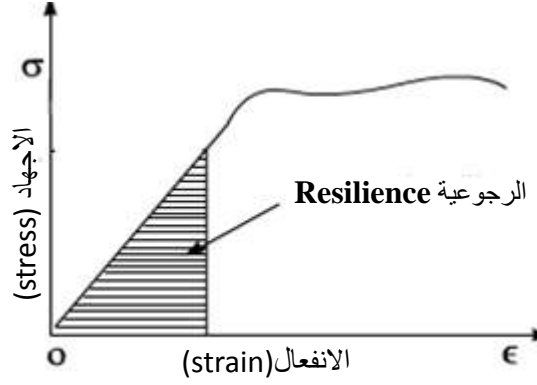


شكل (٤.٣) معامل يونج من منحنى الإجهاد الانفعال

- **إجهاد الخضوع σ_y (Yield Strength):** عندها تنتهي مرونة المادة وتبدأ دخول حالة اللدونة، وهي الأحداثي الصادي للنقطة C حيث تكون زياده الانفعال كبيره مقارنة بزيادة الإجهاد
- **أقصى إجهاد للشد σ_u (Ultimate Stress):** أقصى إجهاد تستطيع المادة تحمله، وهي الأحداثي الصادي للنقطة D أي أعلى نقطه بالمنحنى.
- **إجهاد الكسر σ_f (Fracture Stress):** النقطة التي يحصل عندها الكسر للعينة، وهي الأحداثي الصادي للنقطة E آخر نقطه بالمنحنى

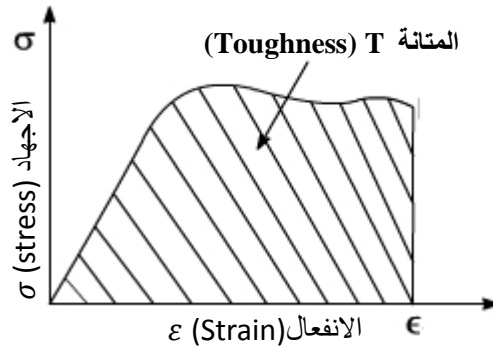
- أقصى انفعال ϵ_m (Strain Maximum): وهي أقصى انفعال للمادة وهي الاحداثي السيني للنقطة E.

- الرجوعية R (Resilience): هي قدرة المادة على امتصاص الطاقة المرنة التي تختفي تماماً بعد زوال الحمل المؤثر، أي الطاقة التي تختزنها العينة خلال حدود المرونة وتعين بالمساحة تحت الجزء المستقيم (الجزء المرن من منحنى الإجهاد والانفعال) كما هو موضح بالشكل (٥.٣).



شكل (٥.٣) الرجوعية من منحنى الاجهاد الانفعال

- المتانة T (Toughness): هي قدرة المادة على مقاومة الأحمال الميكانيكية، أي مقدرتها على تحمل الصدمات وامتصاص الطاقة الميكانيكية، ويقصد بالمادة المتينة المادة التي تتحمل اجهاد كبير مع تغير كبير في الشكل دون كسر، وتقاس المتانة بالطاقة الكلية التي تختزنها المادة خلال مرحله الشد وتحسب من خلال حساب المساحة الكلية تحت منحنى الاجهاد الانفعال بالكامل كما هو موضح بالشكل (٦.٣) [٦، ١٢].



شكل (٦.٣) المساحة الكلية تحت منحنى الاجهاد والانفعال

- معامل التصلد الانفعالي n (Strain hardening exponent): له اهمية كبيره في اختبار الشد حيث انه يوضح سلوك المادة عند حدوث الاختبار ويحافظ على شكل المادة من التشوه الناتج من القوة الخارجية ويعتمد على مساحة المقطع الثابتة خلال تسليط القوة ويمكن استنتاجه من خلال الاجهاد الحقيقي.
- معامل القوة A (Strength coefficient): هي القوة الخارجية التي تسبب في تشوه المادة اثناء الاختبار الشد وتستننتج من خلال الاجهاد والانفعال الحقيقي وهي مرتبطة بمعامل التصلد الانفعالي من خلال العلاقة التالية

$$\sigma_T = A \varepsilon_T^n \quad (٦.٣)$$

ولإيجاد كل من معامل التصلد الانفعالي نأخذ اللوغاريتم الطبيعي لطرفي المعادلة (٦.٣) [٩، ١٣].

$$\ln \sigma_T = \ln A + n \ln \varepsilon_T \quad (٧.٣)$$

والذي تمثل معادلة خط مستقيم ميله (n) والجزء المقطوع من المحور الصادي $(\ln A)$.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

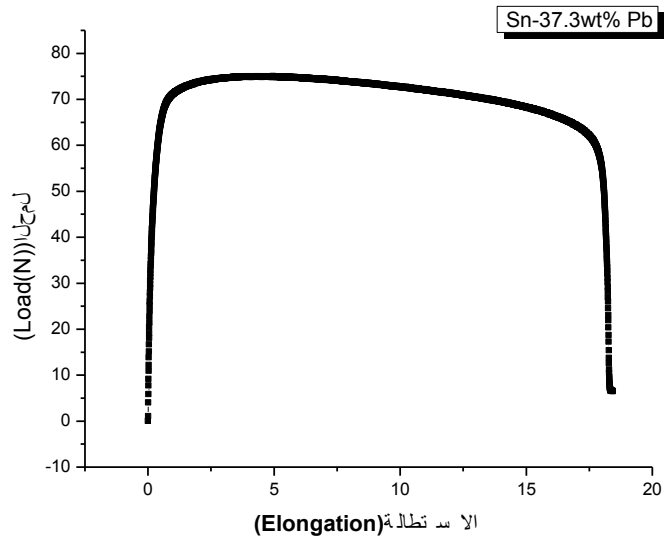
الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

في هذا الفصل تم إيجاد الخصائص الميكانيكية لسبيكة (الأيوكتك Sb-Sn) المُقاسة عملياً من خلال اختبار الشد بجهاز (CMT-4000 mechanical tester)، حيث تم أخذ النتائج العملية، وباستخدام المفاهيم والقوانين التي تم الحديث عنها في الفصل السابق، تم إيجاد كافة المواصفات للعينة من خلال حساب واستخراج النتائج ورسم المنحنيات باستخدام برنامج الأورجن (Origin) لرسم وتحليل البيانات.

١-٤ الحمل والاستطالة Load and Elongation

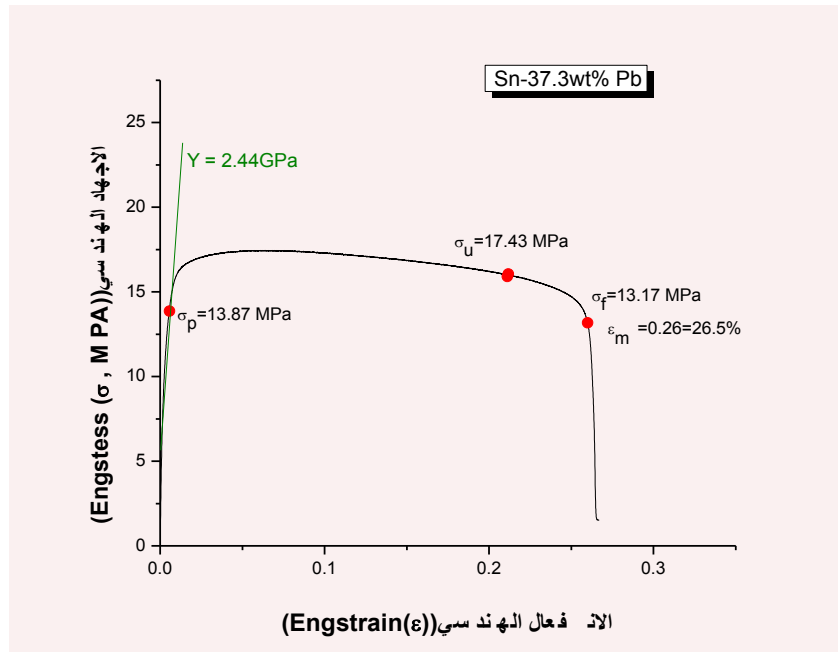
في اختبار الشد تتعرض العينة الى قوى شد تُتطبق عليها (الحمل) حيث يتم استطالة العينة حتى تنكسر، القيم الناتجة من الجهاز هي الحمل والاستطالة الممثلة بالمنحنى (١.٤)



شكل (١.٤) منحنى الحمل والاستطالة

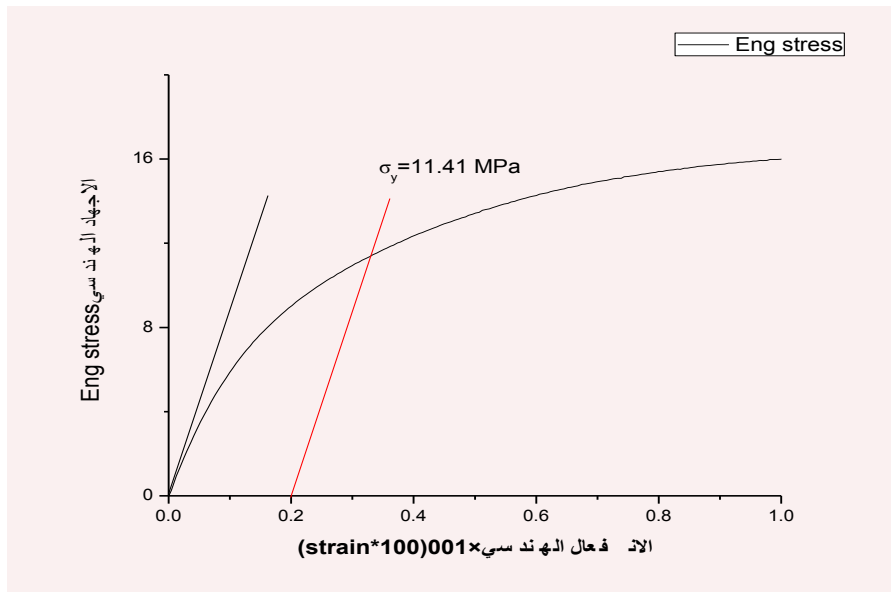
٢-٤ منحنى الاجهاد والانفعال الهندسي Engineering Stress-Strain Curve

كما تم الحديث سابقاً تستخرج الخواص الميكانيكية من منحنى الاجهاد والانفعال حيث تم رسمه باستخدام العلاقات (١.٣) (٢.٣)



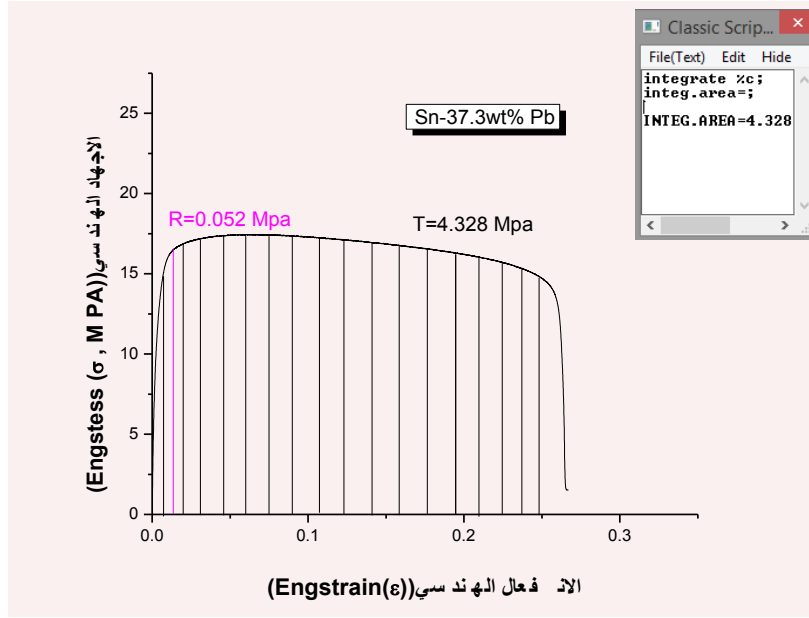
شكل (٢.٤) منحنى الاجهاد والانفعال الهندسي

من المنحنى (٢.٤) تم استخراج قيم حد التناسب (σ_p) واقصى اجهاد للشد واجهاد الكسر (σ_u) واقصى انفعال (ϵ_m) وحساب ميل الخط المستقيم (معامل يونغ (Y)) وتُعيّن قيمة اجهاد الخضوع برسم خط موازي لميل الخط المستقيم من عند النقطة (0.2) كما يتضح من الشكل (٣.٤).



شكل (٣.٤) تعيين قيمة اجهاد الخضوع من منحنى الاجهاد الانفعال

ومن نفس المنحنى تم إيجاد الرجوعية (R) والمتانة (T) بحساب مساحة المثلث وكافة المساحة تحت المنحنى على التوالي (شكل (٤.٤)) يسرد الجدول (١.٤) كافة خواص الشد المحسوبة للعينة.



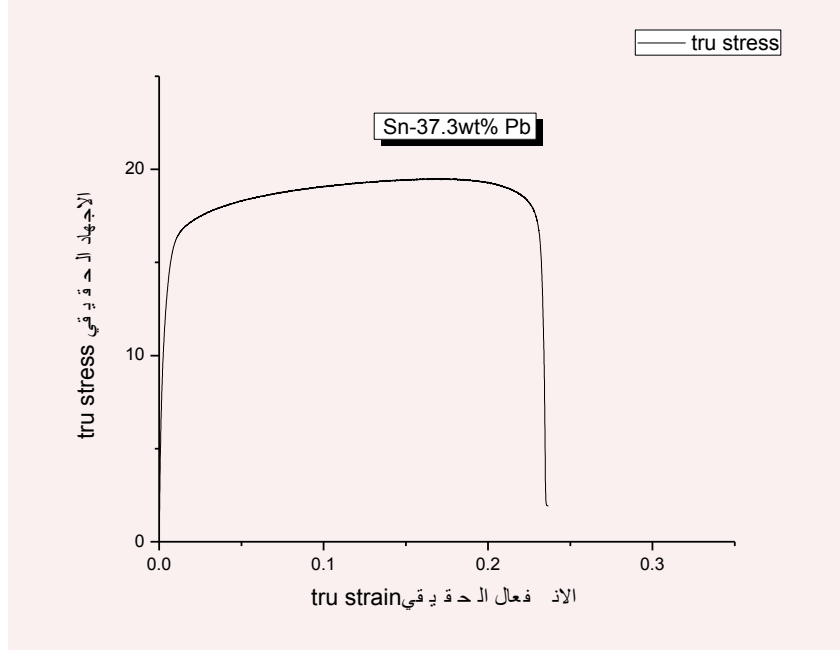
شكل (٤.٤) ايجاد الرجوعية والامتانة من منحنى الاجهاد والانفعال

جدول (١.٤) النتائج المستخرجة من منحنى الاجهاد والانفعال الهندسي

الخاصية	الرمز	القيمة
حد التناسب (Proportional Limit)	σ_p	13.87 MPa
معامل يونج (Young Modulus)	Y	2.44 GPa
اجهاد الخضوع (Yield Strength)	σ_y	11.41 MPa
أقصى اجهاد للشد (Ultimate Stress)	σ_u	17.43 MPa
اجهاد الكسر (Fracture Stress)	σ_f	13.17 MPa
اقصى انفعال (Strain Maximum)	ϵ_m	0.26
الرجوعية (Resilience)	R	0.052 MPa
الامتانة (Toughness)	T	4.328 MPa

٣-٤ منحنى الاجهاد والانفعال الحقيقي True Stress-Strain Curve

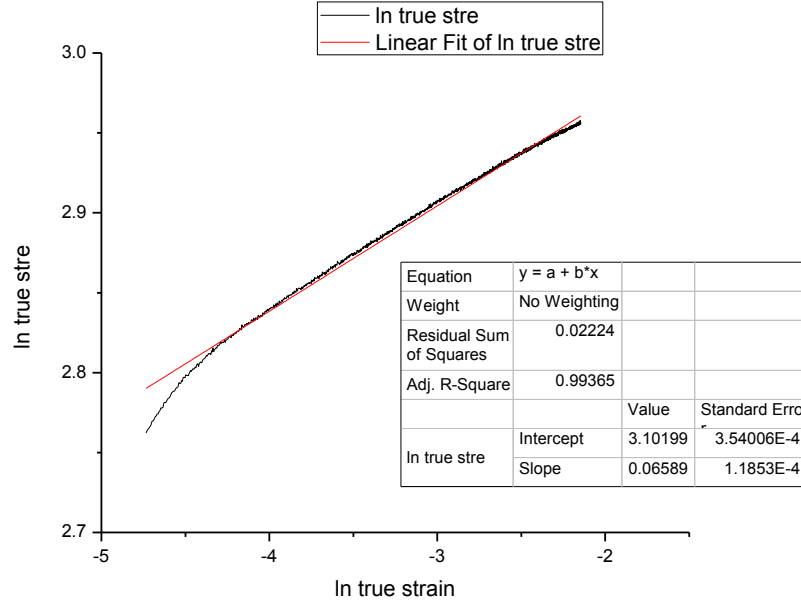
باستخدام العلاقات التي تربط بين الاجهاد والانفعال الحقيقي والاجهاد والانفعال الهندسي تم الحصول على المنحنى (٥.٤).



شكل (٥.٤) منحنى الاجهاد والانفعال الحقيقي

٤-٥ معامل الصلادة والقوة Hardening and Strength Coefficient

بعد رسم منحنى الاجهاد الانفعال الحقيقيين، ثم أخذ اللوغاريتم لهما ورسم منحنى آخر أوجدنا منه الميل وهو معامل التصلد، ومعامل القوة من خلال الجزء المقطوع من المحور الصادي.



شكل (٦.٤) اللوغاريتم الطبيعي لمنحنى الاجهاد والانفعال

جدول (٢.٤) قيم معامل القوة والصلادة

0.06589 MPa	n	معامل القوة (Strain hardening exponent)
3.10199 MPa	A	معامل الصلادة (Strength coefficient)

نستنتج من هذه النتائج أن هذه السبيكة تمتلك خواص ميكانيكية مهمة تتضمن المتانة والقدرة على التشكل، كما تمتاز بلدونة عالية جداً من خلال قيمة اجهاد الخضوع لها.

الفصل الخامس

الخلاصة

الفصل الخامس

الخلاصة

في هذا البحث تمت دراسة اختبار الشد لسبيكة الايوتكتك الرصاص -قصدير (Sn-37.3% wt Pb) وذلك بغرض التعرف على أهم الخواص الميكانيكية المهمة للعينة للتحقق من استيفائها لمعايير ومواصفات قياسية حيث يُعتمد على نتائج هذا الاختبار في المفاضلة بين المواد لاستخدامها للتطبيقات الصناعية المختلفة

بعد التعرف على هذه الخصائص ومفاهيمها نظرياً تم ايجادها للسبيكة المقاسة معملياً في جامعة الملك عبد العزيز بواسطة جهاز اختبار الشد CMT-4000 mechanical tester، حيث تتمثل النتائج العملية في قيم الحمل المطبق على العينة والاستطالة لها. تم ايجاد الاجهاد والانفعال للعينة من خلال علاقتها مع الحمل والاستطالة ومن ثم رسم منحنى الاجهاد والانفعال الهندسي وتعيين بعض خواص الشد لها مثل مقاومة الشد وهي اعلي قيمة للاجهاد في منحنى الاجهاد والانفعال ومعامل يونغ الذي يمثل حد المرونة للعينة واجهاد الكسر واقصى انفعال للعينة واجهاد الخضوع، ثم حساب المساحة الكاملة للمنحنى والذي تعطي خاصية المتانة للعينة وحساب مساحة المثلث في منطقة المرونة والذي تمثل خاصية المتانة، وبرسم منحنى اللوغاريتم الطبيعي لمنحنى الاجهاد والانفعال الحقيقيين تم ايجاد قيم معامل القوة والتصلد.

أظهرت النتائج امتلاك السبيكة لكافة الخواص الميكانيكية السابقة حيث تمتاز بالليونة واللدونة والمتانة. وتجدر الإشارة الى أنه قد اجريت العديد من الدراسات في السنوات الأخيرة للحصول على تحسن مستمر لسبائك الرصاص قصدير بإضافة عناصر سبائكية أخرى [١٤].

توصي الدراسة بالنظر في خصائص الشد كأداة لمعرفة مدى وقوة تحمل المواد لبيئة العمل المختلفة.

قائمة المراجع

- [1] Alnakhilani, A., Abdulhafiz, M. ,Azimah, K. Creep Testing Of Superplastic Lead–Tin Eutectic Alloy At High Temperature. *Damascus University Journal for the Basic Sciences*.**28** 2:131-145. 2011
- [2] Song, Y.S. , Youn, J.R. Influence of dispersion states of carbon nanotubes on physical properties of epoxy nanocomposites. *Carbon*.**43** 7:1378-1385. 2005
- [3] Tan, E., Ng, S. ,Lim, C. Tensile testing of a single ultrafine polymeric fiber. *Biomaterials*.**26** 13:1453-1456. 2005
- [٤] راضي، منذر، أسيل أموري، تأثير اضافة عنصر النيكل على سبيكة الالمونيوم-نحاس مجلة الهندسة والتكنولوجيا. ٢٨. ٥. ٢٠١١
- [٥] عزت، نوال، صاحب الصفار، منال حميد، تأثير درجة حرارة التعتيق و المعالجة الحرارية الميكانيكية في الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة (Al-Mg-Si)/Al₂O₃ مجلة جامعة الملك عبدالعزيز(مركز النشر العلمي). ٢٢. ١٤٥-١:١٦٦-١. ٢٠١١
- [6] Roylance, D. Mechanical Properties of Materials MIT 2008.
- [٧] الهيئة المصرية للتوحيد القياسي، وزارة الصناعة. المواصفات القياسية المصرية لاختبار المواد المعدنية والوصلات الملحومة بيروت: دار الراتب الجامعية (١٩٨٤).
- [٨] عمار، أحمد شوقي خواص المادة بيروت: دار الراتب الجامعية (١٩٨٥).
- [9] Altan, T. the importance of the n-value in sheet metal forming. *stamping Journal* 2001.
- [10] Ling, Y. Uniaxial true stress-strain after necking. *AMP Journal of Technology*.**5**:37-48 1996.
- [11] Roylance, D. Stress-strain curves. *Massachusetts Institute of Technology study, Cambridge* 2001.

- [12] Meyers, M.A. , Chawla, K.K. *Mechanical behavior of materials*. vol. 2. Cambridge University Press Cambridge 2009.
- [13] Altan, T , Oh, S.-I. ,Gegel, G. Metal forming fundamentals and applications. *American Society for Metals*, 1983:353 1983.
- [14] Schoeller, H., Bansal, S., Knobloch, A., Shaddock, D. ,Cho, J. Effect of alloying elements on the creep behavior of high Pb-based solders . *Materials Science and Engineering: A*.**528** 3:1063-10702011.