

نمذجة السلوك المرن - اللدن لسبائك حديد الصب المستخدمة في تبطين بلاطات مطاحن المواد الأولية في معمل اسمنت طرطوس

الكتورة ميساء شاش*

الدكتور أحمد سلامة*

حسام شعبان***

(تاريخ الإيداع 4 / 9 / 2012. قَبِلَ للنشر في 14 / 10 / 2012)

□ ملخص □

الهدف من الدراسة معرفة السلوك الميكانيكي لسبائك حديد الصب المختلفة و المستخدمة في تبطين مطاحن الاسمنت. عن طريق إعداد نموذج رياضي لدراسة السلوك المرن- اللدن لهذه السبائك ، وبشكل خاص المستخدم منها في معمل اسمنت طرطوس. الدراسة تضمنت تحضير عينات من البلاطات (12×10 cm) و بثخانة (4 cm). تم قياس قساوة العينات، ومن ثم اختبارها على الصدم، باستخدام جهاز خاص، تم تصميمه في سياق البحث والذي يحاكي آلية الصدم التي تتعرض لها البلاطات في المطحنة، ومن ثم قياس قساوتها ثانياً لمعرفة أثر الصدم عليها. نظراً لصعوبة إجراء اختبار الشد والضغط على العينات المدروسة، وبالتالي صعوبة التنبؤ بتغير خواصها الميكانيكية بفعل التقسية الانفعالية. تم إعداد نموذج رياضي لدراسة السلوك الميكانيكي، معتمدين في اختيار البارامترات الأساسية للنموذج بالاعتماد على قيم القساوة. أظهرت النتائج العملية أن هذا المعدن يتقوى بفعل الصدم ، وما ينتج عنه من تغير حد الخضوع ومنانة المعدن ، كما أعطى النموذج نتائج قريبة من النتائج العملية.

الكلمات المفتاحية: المرونة- اللدونة، حديد الصب (GX300)- الصدم، الصلادة.

* مدرسة- قسم المعدات والآليات - كلية الهندسة التقنية-جامعة تشرين - طرطوس

** مدرس- قسم هندسة التصميم والانتاج - كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية-جامعة تشرين - اللاذقية

*** طالب دراسات عليا(ماجستير) - كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية- جامعة تشرين - اللاذقية

Modeling of Cast Iron Alloys Elasto-Plastic Behavior Used in Lining of Raw Materials Milling Plates in Tartous Cement Plant

Dr. Mayssa chache^{*}
Dr. Ahmad Salamah^{**}
Hussam shaaban^{***}

(Received 4 / 9 / 2012. Accepted 14 / 10 / 2012)

□ ABSTRACT □

The objective of this study is to know the mechanical behavior of various alloys of cast iron used in the lining of cement mills, through the preparation of mathematical model to study the elasto-plastic behavior of these alloys, in particular, the alloys used by Tartous cement plant. The study is checks samples of dimensions (12×10 cm) and thickness (4 cm) in order to measure hardness, and impact test using special device which is developed in this research, and it simulates the impact mechanism experienced by the plates in the mill. Finally, the hardness has been measured again to see the effect of impact on these samples.

Because of difficulty of carrying out the tensile test on the studied samples, and the difficulty to predict the change of its mechanical properties due to strain hardening. Mathematical model was developed to study the mechanical behavior, relying on the selection of the basic parameters of the model depending on the hardness values. The practical results show that the process of strain hardening resulting from impact leads to change in the hardness and the durability of metal. The model also gave close results to the practical results.

Keywords: Elasticity, Ductility ,Cast Iron Alloy (GX300), Impact, Hardness.

^{*}Assistant Professor, Department of Equipments and Machinery, Faculty of Technology
Engineering, Tishreen University, Tartous, Syria

^{**}Assistant Professor, Department of Design and production Engineering, Faculty of Mechanical and
Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

^{***} postgraduate Student, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering; Tishreen University,
Lattakia, Syria.

مقدمة:

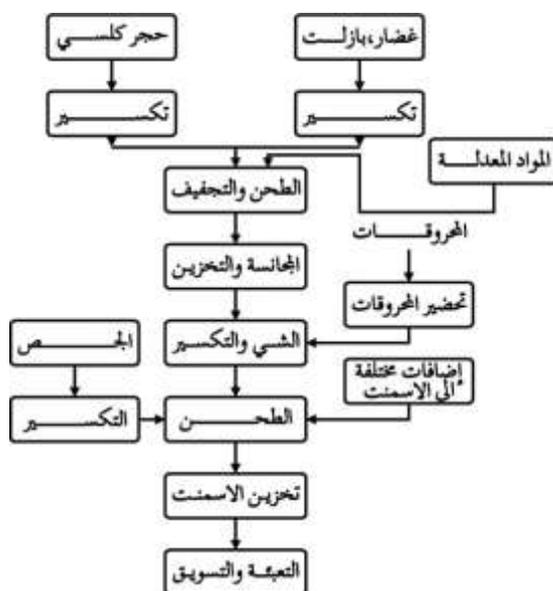
تشكل صناعة الاسمنت في سورية أهمية اقتصادية كبيرة، نظرا للتزايد السكاني والتطور العمراني فقد ازداد الطلب على هذه المادة بصورة فاقت القدرة الإنتاجية المحلية وما رافق ذلك من مشاكل، ولحل هذه المشكلة محليا، يتم العمل على محورين من أجل رفع إنتاجية معامل الاسمنت:

المحور الأول: إحداث معامل جديدة.

المحور الثاني: صيانة المعامل الموجودة من خلال معالجة المشاكل التي تعاني منها و خصوصا أن هذه المشاكل لا تأتي من نقص المادة الأولية، وإنما مردها الأساسي يعود إلى الأعطال المتكررة في الأجهزة العاملة وما يرافقها من توقف العملية الإنتاجية وبالتالي تناقص في الإنتاج.

إن معمل الاسمنت يعدّ خط إنتاجي متكامل يبدأ من كسارة المواد الأولية وينتهي بتخزين وتعبئة الاسمنت كما

هو موضح في الشكل (1).



الشكل (1) مخطط توضيحي لصناعة الاسمنت

على هذا الخط الإنتاجي يوجد نوعان من المطاحن: مطاحن المواد الأولية ومطحنة الاسمنت، وبالتالي فلها أهمية كبيرة في عملية الإنتاج، ودراسة المشاكل التي تتعرض لها المطاحن قد يساعد في تحسين القدرة الإنتاجية [1].

أهمية البحث وأهدافه:

تكمّن أهمية البحث في معرفة تأثير ارتفاع القساوة الناتجة عن عملية التقسية الانفعالية نتيجة الصدم على خواص المعدن و بالتالي على مقاومة الاهتراء لهذه البلاطات، وما يترتب عليه من انهيارها المفاجئ وما ينتج عنه من توقف في عملية الإنتاج.

خصائص ومواصفات البلاطات المستخدمة حالياً في مطاحن اسمنت طرطوس:

تبطن المطحنة من الداخل ببلاطات مهمتها حماية الجسم الأساسي للمطحنة من التآكل [2] ويجب أن تتصف

هذه البلاطات بما يلي:

- متجانسة التركيب ومتجانسة الصلادة.
- مقاومة للصدمات.
- معدل تآكل منخفض.
- مقاومة للتشوه والكسر.

يستخدم حالياً في معمل اسمنت طرطوس نوعان من البلاطات:

1. بلاطات من مصدر خارجي من تصنيع شركة موجوتو البلجيكية، حيث بين التحليل الكيميائي لهذه البلاطات بأنها سبيكة فولاذية تحتوي على نسبة كبيرة من المنغنيز وعناصر أخرى بنسب متفاوتة وهي موضحة في الجدول (1) مع نسبة وجودها.

الجدول (1) التركيب الكيميائي للبلاطات المستوردة.

العنصر	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
النسبة المئوية	83.4	0.354	0.573	12.8	0.084	0.0411	2.49	0.0626

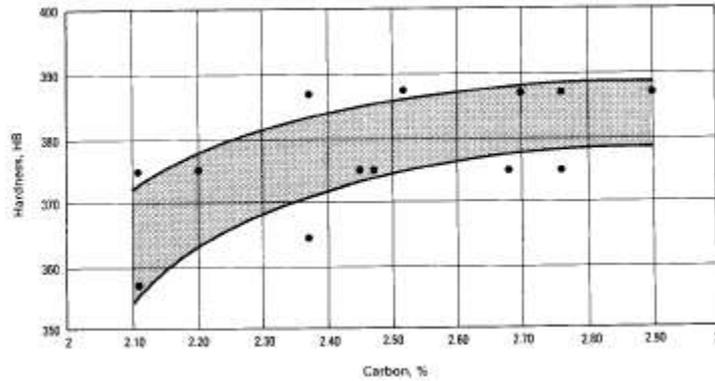
2. وبلاطات مصنعة محلياً و هي الأكثر استخداماً، لذلك لقد ركزنا في هذا البحث على دراسة هذه السبيكة المصنعة محلياً. نتائج التحليل الطيفي للنوع المحلي تبين أنها من سبائك حديد الصب ذات نسب كربون عالية، كما أنها غنية بالكروم والنيكل كما هو مبين في الجدول (2) .

3.

الجدول (2) التركيب الكيميائي للبلاطات المحلية.

العنصر	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
النسبة المئوية	81.7	3.25	0.025	0.18	0.003	0.0092	9.36	3.73

- إن وجود الكربون بنسبة % 3.5 - 2.7 يعطي السبيكة قساوة بحدود 375 HB و المخطط التالي بين أثر الكربون على قساوة هذه السبائك كما في الشكل .



الشكل (2) تأثير نسبة الكربون على قساوة حديد الزهر الأبيض.

أما إضافة الكروم لهذه السبائك فيكون للأسباب التالية:

• تشكل الكريبد.

• تحسين مقاومة الصدم.

• ثبات البنية على درجات الحرارة العالية.

إن مقاومة الاهتراء بالتآكل الجيدة نسبياً والمتانة ومقاومة التآكل توجد في خلطات حديد الصب عالية المحتوى من الكروم، وهذا يقود إلى تطوير سلسلة من الحديد المارتنزيتي أو الأوستنيتي والذي يحتوي على نسبة كروم -12 28% وذلك لأن الكروم في هذه الخلطات يوجد على شكل كريدات و التي تحتفظ بقساوتها على درجة حرارة عالية [3].

أما تأثير إضافة النيكل الى السبيكة فيتجسد في توزيعه بشكل كامل في الطور الأوستنيتي حيث أنه يعزز تشكل الغرافيت، وعادة تتم موازنة هذا التأثير بإضافة جزء واحد من الكروم مقابل ثلاثة أجزاء من النيكل في المركبات وإذا كان المطلوب سبيكة بيضاء (لا يوجد فيها الكربون بشكل حر مما يجعل لون مقطع العينة أبيض) بشكل كامل فإنه يمكن زيادة كمية الكروم، وفي الحديد عالي الكروم يمكن أن تصل نسبة النيكل 15% وذلك من أجل استقرار طور الأوستنيت.

عند إضافة كمية من النيكل تصل لـ 2.5% إلى حديد الصب الأبيض منخفض الكروم ينتج لدينا بنية برليتية أنعم وأقوى وهذا يحسن من مقاومة السحج، كما أننا نحتاج لكميات أكبر من النيكل تصل لحدود 4.5% من أجل تخميد تشكل البرليت بشكل كامل وهذا يؤمن الحصول على حديد مارتنزيتي عند تبريد المسبوكة في القالب وتترك لتبرد حتى تصل لدرجة حرارة الغرفة، وهذا التطبيق الأخير يشكل الأساس لإنتاج حديد الصب النيكل القاسي (Ni-Hard cast irons) والذي يعرف عادة في المراجع العلمية القياسية بحديد المارتنزيت كروم . نيكل [3] و [4].

طرائق البحث و مواده:

أجري البحث على عينات من سبائك الحديد المصنعة محليا و المستخدمة في تبطين مطاحن اسمنت طرطوس و الموضح تركيبها الكيميائي في الجدول (2). حيث أجري اختبار التحليل الكيميائي باستخدام جهاز التحليل الطيفي للمعادن "Foundry Master" في مخبر مقاومة المواد في كلية الهندسة التقنية بجامعة تشرين، حيث تم أخذ ثلاث قراءات و أخذ المتوسط للقراءات الثلاث.

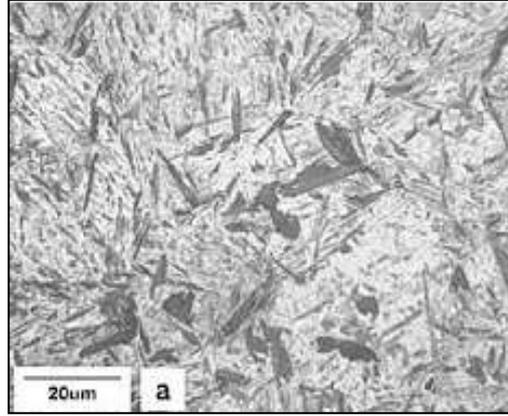
• إجراء التجارب

تم تحضير عينات الاختبار بصهر معدن الحديد مع العناصر السبائكية المطلوبة من قبل الشركة المستخدمة لهذه البلاطات، وفق النسب ويتم التأكد من نسب العناصر السبائكية عن طريق التحليل الكيميائي للمصهور بحيث تكون مطابقة للبلاطات المصنعة محليا من حيث التركيب الكيميائي. بعد مرحلة الصهر يتم صب المصهور في قوالب رملية مصنعة بطريقة نصف آلية، وتترك لتبرد حتى تصل لدرجة الحرارة المطلوبة (درجة الجو) وتقدر هذه المدة الزمنية بحوالي: 24-36 ساعة، ولكن عندما قمنا بصب العينات وكونها بمقاسات أصغر من البلاطات الفعلية، حيث أن أبعادها (12*10*4 cm) وكما هي موضحة في الشكل (3)، فقد قدر الزمن اللازم لتصلبها ضمن القالب بحدود 8-12 ساعة.



الشكل (3) عينة الاختبار

ثم أجريت عملية معالجة حرارية لهذه العينات، حيث تم تسخينها في أفران كهربائية حتى الدرجة 700 درجة مئوية وبقاؤها ساعتين وهي درجة حرارة التخمير، ومن ثم تركها تبرد ببطء، والغاية من هذه المرحلة إعادة ترتيب البنية الداخلية للبلاط والتخلص من الإجهادات الحرارية الداخلية الناتجة عن عملية الصب. نحصل في نهاية العملية على بنية مارتنزيتية تحوي بعض الكرييدات كما هو موضح في الشكل (4).



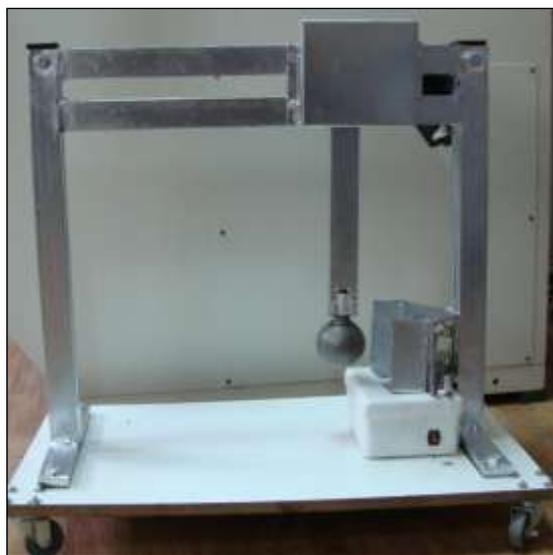
الشكل (4) بنية سبيكة حديد الصب الكرومي.

بعد تحضير العينات تم تحليلها كيميائياً كما ورد سابقاً، ثم أخضعت لاختبار الصدم مدة زمنية كافية (ما يقارب ثماني ساعات) حيث وضعت في ظروف العمل، بعد ذلك تم قياس قساوتها، وبالاعتماد على القيم الناتجة تم تطبيق النموذج الرياضي الذي اعتمد في هذا البحث لتحديد الخواص الميكانيكية للعينات المدروسة .

• اختبار القساوة

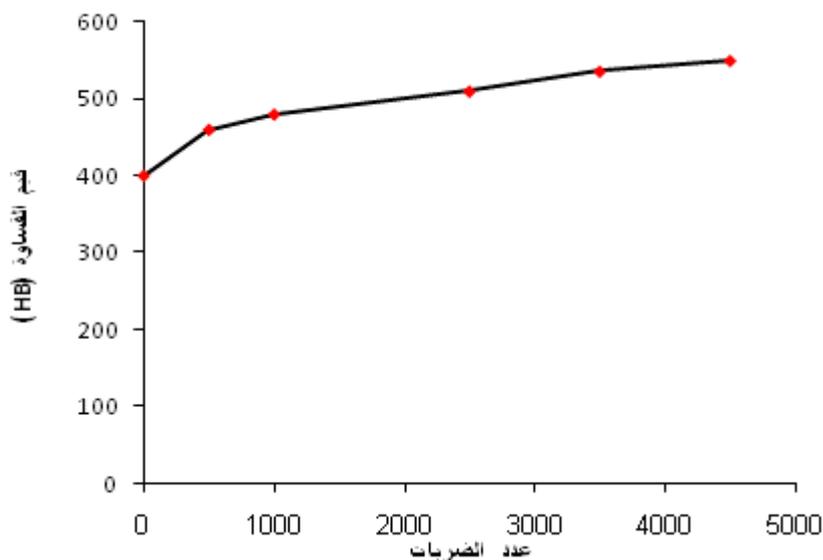
بعد تحضير العينات، تم قياس قساوة هذه السبيكة باستخدام جهاز اختبار القساوة من نوع "HARTIP 3000" وسجلنا القيم HRC 43-46، وهذه القيم تكافئ (400-500 HB). ثم قمنا بقياس قساوة البلاطات المستخدمة في المطاحن بعد انهيارها و التي تملك نفس التركيب الكيميائي للعينات المحضرة ، حيث تم قياس قساوة عدة عينات بشكل عشوائي ، فكانت القساوة حوالي HRC 65. مما يبين وجود تصدق انفعالي في هذه العينات.

من أجل معرفة مقدار التصلد الانفعالي ، قمنا بتصميم جهاز صدم خاص يحاكي واقع العمل في المطحنة كما هو مبين في الشكل (5).



الشكل (5) جهاز اختبار الصدم الخاص

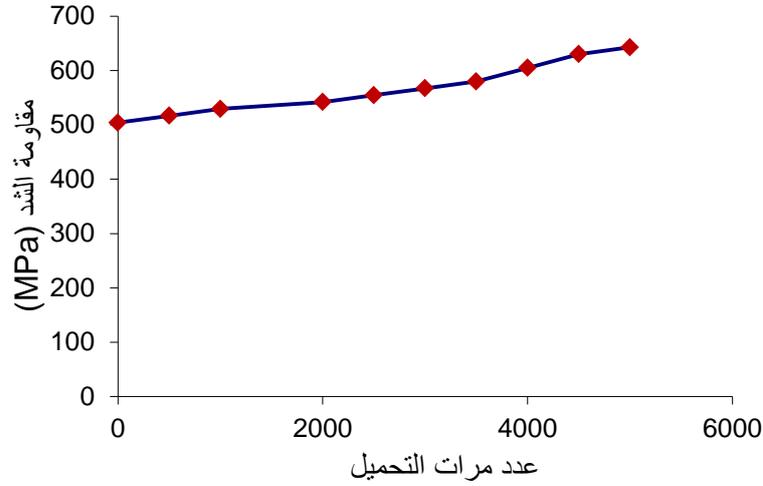
بعد إجراء تجربة الصدم المماثلة لآلية الصدم التي تتعرض لها البلاطة، تؤخذ أرقام القساوة خلال فترات زمنية مختلفة، فنحصل على المنحني المبين في الشكل (6)، حيث يمثل المحور الشاقولي رقم برنل والمحور الأفقي يمثل عدد الصدمات التي تمت خلال الزمن المدروس.



الشكل (6) تزايد قيم القساوة بالتحميل

بالاعتماد على قيم اختبار القساوة أوجدنا مقاومة الشد للسبيكة المدروسة [5] وفق العلاقة التالية:

$$R_m = 3.55 \times HB \quad [MPa]$$



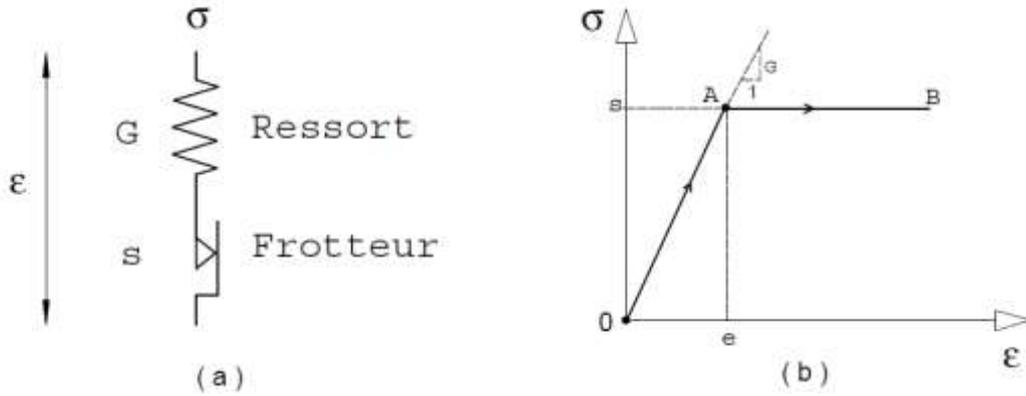
الشكل (7) مقاومة الشد للعينة المدروسة

من المخطط اموضح في الشكل (7) نلاحظ تزايد قيم مقاومة الشد مع ازدياد عدد مرات التحميل و هو ما يسمى بظاهرة التقسية بالتصلد الانفعالي، هذه الظاهرة تؤدي إلى انهيار البلاطات بشكل مفاجئ.

النتائج والمناقشة:

1. النموذج الرياضي لدراسة السلوك الميكانيكي للعينات :

إن النموذج الذي يصف السلوك المرن- اللدن للمواد المعدنية هو عبارة عن نموذج (modul) مؤلف من نابض ذي صلابة G وزلاقة ذات حد مرونة ثابت S موصولين على التسلسل كما هو مبين في الشكل (. يسمى هذا النموذج بنموذج سان فنان الأساسي وحيد العنصر (Saint venant) [6].



الشكل (8) السلوك الميكانيكي لنموذج سان فنان بعنصر واحد.

عندما تكون الاجهادات أقل من قيمة حد المرونة (S) فإن النابض فقط هو الذي يتحرك والزلاقة ثابتة. عندما تكون الاجهادات مساوية لقيمة (S) فإن الزلاقة تتحرك والنابض يبقى ثابت .

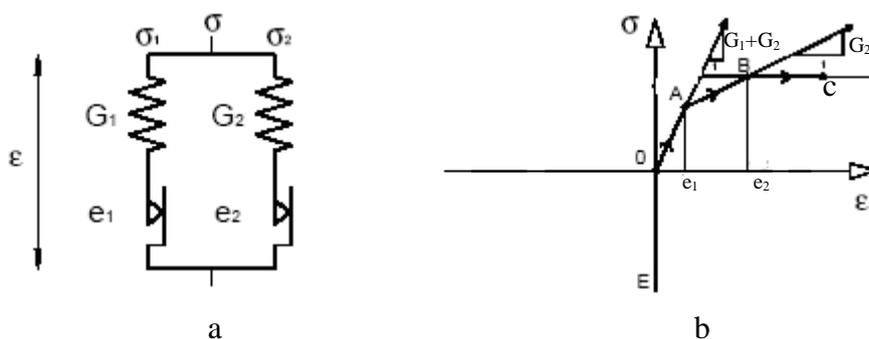
العلاقة الرياضية لهذا الموديل هي $e = \frac{\sigma}{G}$ حيث أن e هي قيمة التشوهات المقابلة لحد المرونة (عتبة المرونة).

نرمز للتشوهات بالرمز ϵ ، وللإجهادات بالرمز σ .

عندما: $e < \epsilon$ تكون التشوهات في المنطقة المرنة والنابض هو الذي يتحرك.

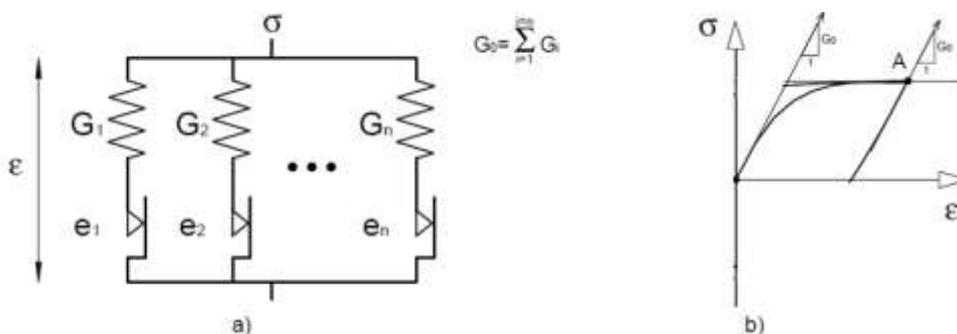
$e > \epsilon$ تكون التشوهات في المنطقة اللدنة والزلافة هي التي تتحرك.

إذا أخذنا عنصرين من نموذج سان فنان موصولين على التفرع (خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع)، يتمثل هذا النموذج بالمزدوجة $(G_1 ; e_1)$ ، $(G_2 ; e_2)$ حيث أن $e_1 < e_2$ فإن الإجهادات الناتجة عبارة عن مجموع إجهادات العنصرين σ_1 ، σ_2 ، بينما التشوهات الناتجة مساوية للتشوهات في كل عنصر.



الشكل (9) السلوك الميكانيكي لنموذج سان فنان بعنصرين.

المضلع OC يتكون من ثلاث قطع منفصلة (OA, AB, BC). المنطقة OA تمثل السلوك المرن في العنصرين أي متمثلة بحركة النابض في العنصرين ومعامل الصلابة الكلي عبارة عن مجموع معاملي الصلابة للعنصرين $G_1 + G_2$. بينما في المنطقة AB فإن الزلافة في العنصر الأول تبدأ بالحركة ومعامل الصلابة يبدأ بالتناقص حتى القيمة G_1 . في المنطقة BC فإن الزلافتين في كلا العنصرين تبدأن بالحركة ومعامل الصلابة للنموذج يصبح مساويا للصفر، إذ مع بدء حركة الزلافتين يصبح في المرحلة اللدنة و التي يكون فيها معامل الصلابة مساويا للصفر [7].



الشكل (10) السلوك الميكانيكي لنموذج سان فنان بـ n عنصر.

يمثل الشكل (10) نموذج سان فنان مكوّن من n عدد لا متناهي موصول على التفرع. نحصل على نموذج سان فنان العام الذي يتمثل بسلسلة من المزدوجات المنفصلة $(G_1 ; e_1)$ ،، $(G_n - e_n)$ والمحقة للشرط:

حيث أن $e_n < \dots < e_2 < e_1$ بحيث تكون قيمة e_1 قريبة من الصفر دالة على أن سلوك هذا النموذج غير مرن من البداية أي لا يوجد مجال مرن. إن نموذج سان فنان العام يمكننا من الحصول على منحنى إجهادات-تشوهات مشابه للمنحنى الذي يصف سلوك المواد المعدنية الخاضعة للتحميل. هذا النموذج معرف رياضياً بتابع نوعي $g(e)$ حيث أن المشتق $g''(e)$ هو معامل الصلابة للمزدوجات التي قيمة حدها بين $e + de$ ، و بحيث تكون قيمة معامل الصلابة الكلي للنموذج معطى بالتكامل التالي $\int_0^{\infty} g(e)de = G_0$ ، بفرض الشروط البدائية هي:

$$g(0) = g'(0) = 0$$

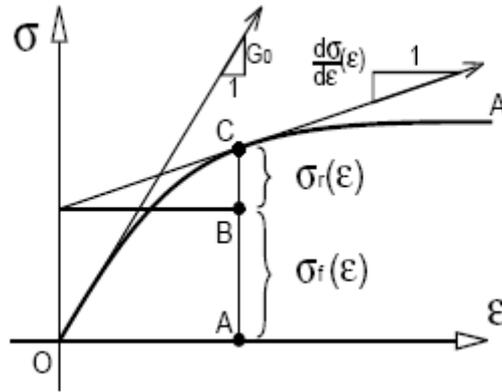
الخواص الميكانيكية للنموذج:

إن التشوهات تكون لدنة (غير رجعية) من بداية التحميل، أي لا يوجد سلوك مرن بحت في المواد المعدنية ، وهذه الخاصية تأتي من الفرضية التالية:

$$\lim_{e \rightarrow 0} g''(e) = 0 \quad (1)$$

إذا تأملنا في مسار التحميل الأول OA (الشكل) بالنسبة إلى تشوه معين ϵ يكون الإجهاد المحمول من قبل النموذج:

$$\sigma(\epsilon) = \sigma_r(\epsilon) + \sigma_f(\epsilon) \quad (2)$$



الشكل (11) عرض النموذج عند التحميل الاول

حيث أن:

σ_r : الإجهاد الكلي للنموذج الناتج عن حركة النواض في النموذج مع ثبات الزلاقات (إجهادات المرونة).

σ_f : الاجهاد الكلي للنموذج و الناتج عن حركة الزلاقات في النموذج مع ثبات النواض (إجهادات اللدونة)

يمكن كتابة الإجهادات المقابلة للتحميل الأول بالشكل التالي :

$$\sigma_r(\epsilon) = \int_{\epsilon}^{\infty} \epsilon \cdot g''(e) de \quad (3)$$

$$\sigma_f(\epsilon) = \int_0^{\epsilon} e \cdot g''(e) de \quad (4)$$

بمكاملة العلاقتين 3 و 4 نحصل على

$$\sigma_r(\epsilon) = G_0 \cdot \epsilon - g'(\epsilon) \cdot \epsilon$$

$$\sigma_f(\varepsilon) = g'(\varepsilon) \cdot \varepsilon - g(\varepsilon)$$

وبناء عليه ، يمكن كتابة المعادلة (2) تحت الصيغة التالية لمنحني الحمل الأول :

$$\sigma_0 = G_0 \cdot \varepsilon - g(\varepsilon) \quad (5)$$

و يمكن كتابة الإجهادات وفق المعادلات التالية:

$$\sigma_f(\varepsilon) = \sigma(\varepsilon) - \frac{d\sigma}{d\varepsilon}(\varepsilon) \cdot \varepsilon \quad (6)$$

$$\sigma_r(\varepsilon) = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}(\varepsilon) \cdot \varepsilon \quad (7)$$

خصائص المرونة للنموذج:

السلوك المرن للمعادن، والذي يتمثل بدراسة العلاقة بين الاجهاد المطبق والانفعال في مجال المرونة، حيث تكون العلاقة خطية يتم دراسته وفق قانون هوك في الحالة العامة

$$\sigma_{ij} = E_{ijkl} \cdot \varepsilon_{kl} \quad (8)$$

حيث أن $i, j, k, h = 1, 2, 3$

E_{ijkl} : تتصور (tensor) معامل المرونة، ويملك الخواص التالية :

$$E_{ijkl} = E_{khij} = E_{jikh}$$

باعتبار العينة متجانسة و موحدة الخواص.

وفق النموذج المدروس فقد تم في نمذجة السلوك الميكانيكي للعينات وفق قانون هوك (Law Hook) كتابع

لمعاملات لاميه (Lame) وفق العلاقة التالية:

$$\sigma_{ij} = \lambda \cdot \varepsilon_{kh} \cdot \delta_{ij} + 2\mu \cdot \varepsilon_{ij} \quad (9)$$

حيث لدينا :

$$\mu = \frac{E}{(1+\nu)} \quad , \quad \lambda = \frac{E \cdot \nu}{(1+\nu) \cdot (1-2\nu)}$$

λ و ν : معاملات لاميه (Lame)، و التي تمثل البارامترات الأساسية الناتجة عن تجربة القص

ν : معامل بواسون (معامل الانضغاط العرضي)

E : معامل يونغ (معامل المرونة)

2. الخصائص الترموديناميكية للنموذج

الرموز التالية المستخدمة في دراسة الخصائص الترموديناميكية: Pe القوى الخارجية، E القدرة الداخلية ، S الانتروبي، \emptyset التبديد الطبيعي Π الطاقة القابلة للعكس و Q معدل الحرارة المرتبط بالظاهرة غير القابلة للعكس تحسب جميع الكميات لوحدة حجم عنصر مادة متجانسة نحدد شكلياً : $(\theta) = ToS = I$ مع كون To هي درجة الحرارة الأولية المعتمدة كثابت .

يدون القانون الأول في الترموديناميك للحالة شبه السكونية :

$$P_e = \dot{E} + \left(-\dot{Q}_{ii} \right) = -P_i \quad (10)$$

\dot{E} تمثل كمية الطاقة الداخلية المخزنة في النابض (السلوك المرن) حيث تساوي:

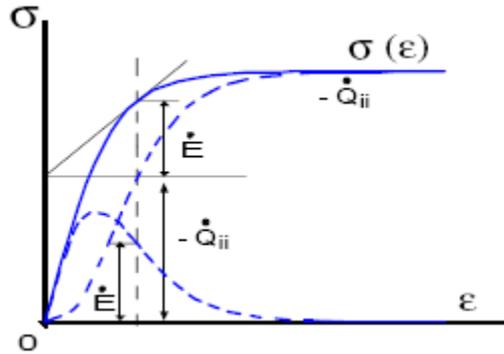
$$\dot{E} = \sigma_f \cdot \dot{\epsilon} = \dot{\sigma} \cdot \epsilon$$

$\left(-\dot{Q}_{ii} \right)$ تمثل كمية الحرارة المرتبطة بحركة الزالقة (السلوك اللدن) و تعطى بالعلاقة:

$$-\dot{Q}_{ii} = \sigma_f \cdot \dot{\epsilon} = \sigma \cdot \dot{\epsilon} - \epsilon \cdot \dot{\sigma}$$

$$P_e = -P_i = \sigma \cdot \dot{\epsilon}$$

من خلال هذه العلاقة يمكن الحصول على منحنى كمية الحرارة \dot{Q}_{ii} والطاقة المخزنة \dot{E} انطلاقاً من منحنى الإجهاد والانفعال $\sigma(\epsilon)$ ، كما هو موضح في الشكل .



الشكل (12) تحديد قيمة الطاقة المخزنة وكمية الحرارة من منحنى التحميل.

القانون الثاني في الترموديناميك يكتب وفق النموذج بالعلاقة التالية :

$$\phi = P_e - \Pi = -P_i - \Pi \geq 0$$

حيث أن :

Φ الضياعات الناتجة في مرحلة اللدونة.

Π : الطاقة في مجال المرونة (الرجوعية).

من خلال دراسة النموذج نلاحظ أنه يحقق المبدأ الأول و المبدأ الثاني في الترموديناميك، كما أنه يمثل الحالة المرنة للمادة في الحالة العامة، وهذا ينطبق على السلوك المرن- اللدن للمواد المعدنية بشكل عام و للعينات المستخدمة في دراستنا [8].

3. اختبار النموذج :

في هذه المرحلة من البحث قمنا بدراسة السلوك الميكانيكي للعينات المعدة والمطابقة بتركيبها للبلاطات المصنعة محلياً ، كما قمنا بدراسة السلوك الميكانيكي للبلاطات المستوردة و التي أتينا على ذكرها في بداية البحث.

لإجراء عملية النمذجة نحتاج إلى البارامترات التي تمثل الخصائص الأساسية للمواد المعدنية، ويمكن الحصول عليها من الدراسات التجريبية التي تمت على العينات و بالاعتماد على قيم القساوة وكذلك من الدراسات التجريبية السابقة [3].

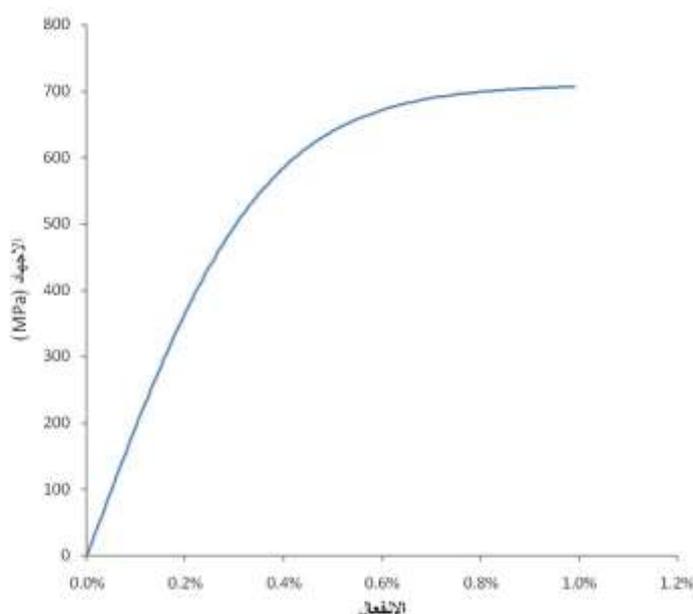
حد الخضوع الناتج من اختبار الشد: $y_0 = 410 \text{ Mpa}$.

معامل المرونة $E=205 \text{ GPa}$.

معامل بواسون $\nu = 0.3$.

كما أن الدراسات التي تمت لهذا النوع من السبائك ، تبين أن مقدار الانفعال في

هذه السبيكة لا يتجاوز 1%.



الشكل (13) اختبار الشد لسبيكة حديد الصب الكرومي (عينة وطنية).

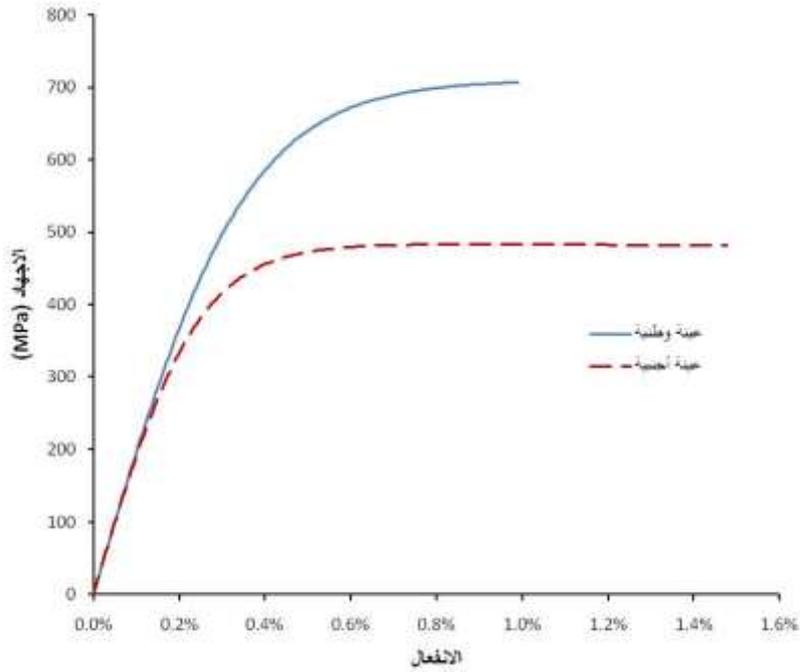
من دراسة المنحني الموضح في الشكل(13)، يمكن ملاحظة أن النموذج السابق أعطى نتائج لاختبار شد، حيث نلاحظ أن قيمة الشد العظمى حوالي 690 MPa و هي قيم متقاربة مع القيم القياسية لهذا النوع من السبائك، كما نلاحظ أن قيمة الاستطالة هي أيضا بحدود 1% .

بعد نمذجة اختبار الشد لعينة حديد الصب الكرومي (عينة وطنية)، قمنا باتباع الخطوات ذاتها لتحديد البارامترات الأساسية التي تحدد سلوك العينة ذات المصدر الخارجي و هي من نوع فولاد منغيزي و التي أشرنا إليها في بداية البحث، فحصلنا على البارامترات الأساسية التالية:

حد الخضوع الناتج من اختبار الشد $Y_0= 280 \text{ MPa}$

معامل المرونة $E=190 \text{ Gpa}$.

معامل بواسون $\nu=0.26$.



الشكل (14) اختبار الشد للعينة الوطنية و الأجنبية.

يبين الشكل (14) الفرق الواضح بين الخصائص الميكانيكية لكلا النوعين من العينات المدروسة. من خلال متابعة البحث في هذا المجال و إجراء اختبارات أخرى سوف تعرض الجدوى الاقتصادية في دراسات لاحقة.

الاستنتاجات والتوصيات

من خلال ما تم عرضه نخلص إلى مجموعة من النتائج و التوصيات:

1. نظرا لأهمية معرفة الخواص الميكانيكية للسبائك المصنوعة محلياً من جهة، ونظرا لصعوبة إجراء اختبار الشد على هذا النوع بسبب القساوة العالية من جهة أخرى، يمكن اعتبار هذا النموذج بمثابة اختبار شد يمكن اعتماد نتائجه في العمليات التصميمية.
2. لإتمام دراسة النموذج، يجب أن يحاكي عملية الطحن و التي تتمثل بتحميل دوري. كان لا بد من استكمالها من أجل معرفة التغيرات الميكانيكية الناتجة عن التحميل و بالتالي التنبؤ بانهيار هذه البلاطات، و هو ما نقوم به في موضوع البحث ، وقد توصلنا الى نتائج مرضية . سيتم عرضها في أطروحة الماجيستر .
3. يمكن دراسة سبائك مختلفة مستخدمة في معمل اسمنت طرطوس، أو أي معمل اسمنت في سورية، وحتى اختبار العينات المستوردة. وبالتالي القدرة على تحديد الأفضل، من دون اللجوء إلى الاختبارات العملية التي تتطلب استهلاك في المواد و في الوقت ، وما لهذين العاملين من أثر كبير على العملية الاقتصادية.

المراجع:

1. الاسمنت في العالم -الانتاج-الاستهلاك-الاستيراد-التصدير، الاتحاد العربي للاسمنت و مواد البناء، ص3-37، تشرين الأول 1992
2. م. هناء كركري ، ضبط جودة الاسمنت و مواصفاته ، مجلة العمران العربي -العدد 124- ص-99-1994-67
3. ASM Handbook,Volume 1 Publication Information and Contributors 01 Sep 2005, 150-179
4. Sergio Villanueva Bravo, Control of Carbides and Graphite in Ni-hard Type Cast Iron for Hot Strip Mills. Materials Science Forum Vols. 561-565 (2007) pp 1023-1026
5. Horst blumenaner: werkstoff prufung/ lepzy/ stutlyant. 1994.(اختبارات المواد- ألماني)
6. Favier. D, Contribution à l'étude et à l'identification d'une loi de comportement à structure héréditaire: Le cas de l'acier à palier. PhD thesis, Institut National Polytechnique de Grenoble; (1981)PP III 28- 40
7. Bles. G, Bases thermodynamiques de la modélisation du comportement des matériaux tissés et des polymères solides. PhD thesis, Université Joseph Fourier, Grenoble1. (2002)PP 87-100
8. DJIMLI Lynda, Analyse du phénomène de rochet : essais et modélisation, PHD, universite mentouri – Constantine faculte des sciences de l'ingenieur, 21 Juin (2010)PP 14-40