خواص الكلال الميكانيكي لسبيكة البراص CZ121 المطلية بالنيكل بطريقة الترسيب الكهربائي

رعد احمد رسول أحمد أزهر سعيد
قسم الفيزياء / كلية التربية
جامعة الموصل

الاستلام القبول
١١ / ١١ / ٢٠١٠ ١٢ / ٠٤ / ٢٠١١

Abstract

This research which includes (copper alloys formation and studying of their physical properties).
It has been tested both the rotating fatigue & hardness including their two types (shore & Vickers) for four *CZ121* brass alloy states.

The first state represents the uncoated standard brass alloy. The second one represents the coated alloy by Nickel by electro deposition process directly for 20 min duration. The third case represents the coated alloy by nickel too but after removing the stress at 275 ℃ . The last state was quenched alloy by water after heating to 875 ℃ for 45 min duration. All experiments were tested at the stress ration (R= -1).

The results of fatigue test clarified that the coated alloy by Nickel after removing stress at 275 ℃ , characterized that it is the longest life because the stresses were removed and the cracks on its surface were filled by electro deposition, which has high ability to contact adhesion. Then the second best results were presented by the direct coated alloy by Nickel within the same electro deposition state. The third state according to its performance was *CZ121* standard alloy without any change. The last one was *CZ121* after heating it to 875 ℃ then quenched by water.

Concerning the results of hardness test (shore ,Vickers) they can be arranged from the best as follow: the alloy electro deposition by Nickel the direct coating *CZ121* alloy, the alloy electro deposition by Nickel after removing stress at 275 ℃ , the next was the standard *CZ121* alloy without any effect on it, the last one was quenched alloy by water after heating at 875 ℃ as respectively.

الخلاصة:

تضمن البحث فحص الكلال الدوراني والصلادة بنوعيها شور وفيكرز لسبيكة البراص (*CZ121*)، تمثلت هذه الفحوصات أربع حالات: الحالة الأولى كانت لسبيكة البراص القياسية غير المطلية (بدون إجراء تعديلات عليها)، أما الحالة الثانية تمثلت سبيكة البـراص المطليـة بالنيكل بعد الترسيب الكهربائي بالنيكل عليها ولمدة ٢٠ دقيقة، وتمثلت الحالة الثالثـة سـبيكة البراص المطلية بالنيكل بعد إزالة الاجهادات عليها بدرجة حرارة 275 ℃، أما الحالة الرابعة فكانت لسبيكة البراص بعد تسخينها إلى درجة حرارة 875 ℃ ولمدة ٤٥ دقيقة ثـم التبريـد المفاجئ لها بالماء.

تمت فحوصات الكلال الدوراني بنسبة إجهاد (R = -1)، فقد بينت نتائج اختبار الكلال بأن الحالة الثالثة وهي السبيكة المطلية بالنيكل بعد إزالة الإجهادات عليهـا بدرجـة حـرارة 275 ℃ بأنها تميزت عن بقية الحالات بكونها الأعلى من حيث الأداء كونهـا تمـت إزالـة الإجهادات على سطوحها الخارجية والبنية الداخلية، ومن ثم فإن عمليـة الطـلاء الكهربـائي بالنيكل عملت على سد الشقوق الموجودة على السطح الذي يتمتع بقدرة إلتصاق عالية، وتلتها ثانيةً من حيث الأداء سبيكة البراص ذات الطلاء المباشر بالنيكل، وجـاءت بعـدها الـسبيكة القياسية من حيث الأداء، وأخيراً كانت الحالة الرابعة وهي سبيكة البراص بعد التبريد المفاجئ بالماء.

أما نتائج الصلادة للاختبارين شور وفيكرز كانت لـسبيكة البـراص بعـد الطـلاء الكهربائي بالنيكل ثم لسبيكة إزالة الاجهادات عند درجة حرارة 275 ℃ والطلاء الكهربـائي ومن ثم لسبيكة البراص القياسية دون أي إجراء عليها، وأخيرا لسبيكة التبريد المفاجئ بالمـاء بعد تسخينها إلى 875 ℃ على التوالي.

المقدمــة:

تتمتع سبائك النحاس ومن ضمنها سبيكة البراص *CZ121* قيد البحث بمقاومة نوعية عالية للصدأ تفوق الحديد وباقي أنواع السبائك الأخرى، فقد استخدم هذا النوع من السبائك في المجالات البحرية المتعددة، كالمنشآت البعيدة عن الشاطئ (داخل مياه البحار والمحيطات) وفي معدات التنقيب عن البترول والغازات وأنابيب الوقود وهكذا تعددت الاستعمالات والمنافع لهذه السبائك [1].

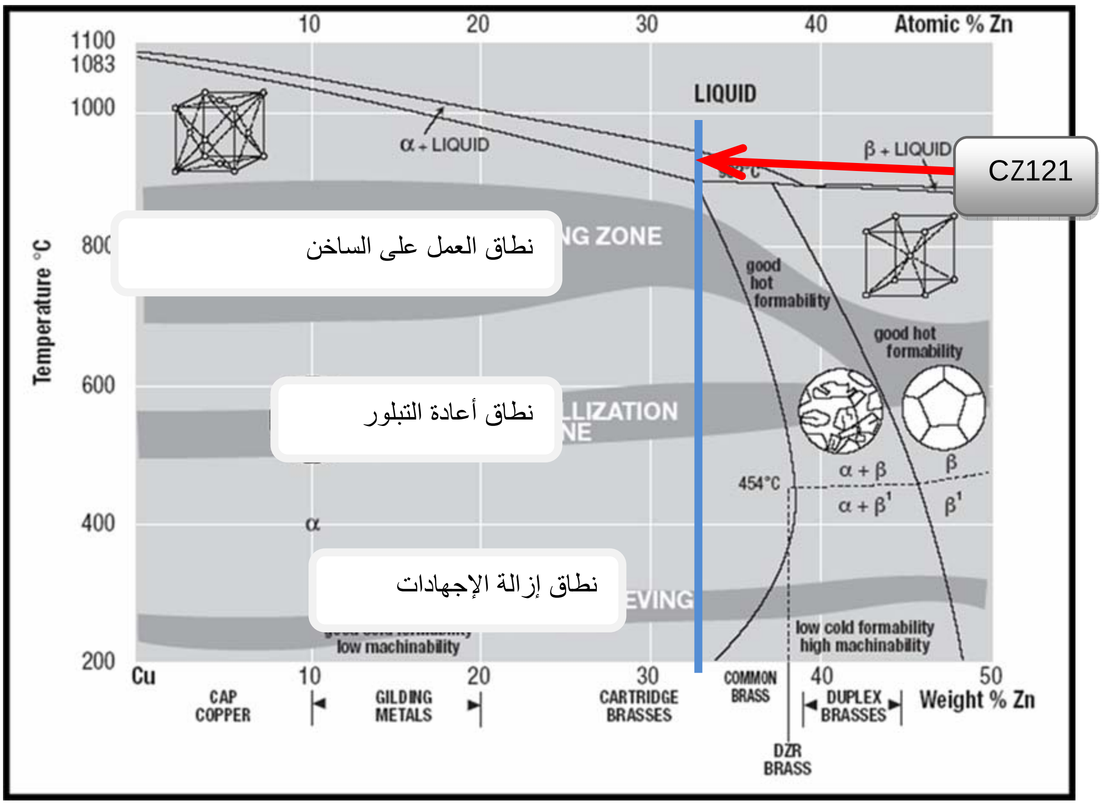
لا يستخدم عادة عنصر فلز النحاس وحده في صورة عنصر لهشاشته من ناحية ولأنه متى ما صار النحاس نقياً فإنه سيصبح معدناً ضعيفاً. لذلك فإنه فقد تم استخدامه بشكل سبائك وسحب بشكل أسلاك كهربائية وكوابل للهواتف، والتي تعتبر من المواد الجيدة التوصيل للكهربائية وتتحرك فيها الالكترونات بسرعة فائقة وفيها تنساب التيارات الكهربائية والصوتية والحرارية بشكل مستمر، وقد طُبعت سبائك النحاس واستعملت وتطوعت بأشكال مختلفة، فهي

سبيكة كل العصور الحالية والمستقبلية[2]. وقد وضعت هيئات دولية معروفة معايير لتلك السبائك ونسبها وأنواعها منها على سبيل المثال الهيئة الأمريكية لاختبارات المواد "ASTM" وهيئة المقاييس البريطانية "BSI" [3]، والتي تم استخدامها في تصنيف سبيكة البراص *CZ121* قيد البحث، كذلك هناك الهيئة الأمريكية لمهندسي السيارات "ASE"، ومما تجدر الملاحظة له انه قد تم الإشارة إلى تصنيف نوع السبيكة بالرقم *CZ121* ليعطي دلالة على كون هذه السبيكة هي سبيكة صب *Cast Alloy* [4]. إن سبيكة البراص *CZ121* تتكون من النسب الوزنية المئوية وكما مبين في الجدول (١):

الجدول (١): يمثل النسب الوزنية لسبيكة البراص *CZ121*

النحاس Cu	الرصاص Pb	الخارصين Zn
٥٦- ٦٠	2.5 - ٤,٥	المتبقي

وقبل البدء بدراسة هذه السبيكة وخصائصها، فانه لابد من التعرف على المخطط الطوري لتلك السبيكة [5]، لكي نقف عند أهم المواصفات التشكيلية للسبيكة، وكما مبين في الشكل (١).



الشكل (١): يوضح الأطوار الواقعة بسبيكة *CZ121*

إذ يلاحظ مثلاً بأن درجة الحرارة المطلوبة لإزالة الإجهادات لسبيكة البراص *CZ121* تقع ما بين ℃ (300 - 250). أما المواصفات الفيزيائية للسبيكة [6]، فهي مبينة في الجدول (٢).

الجدول(٢): يمثل المواصفات الفيزيائيةCZ121

الكثافة عند ٢٠ ℃	8.47 gm/cm^3
معامل التمدد الحراري ℃ (٢٠-٣٠٠)	$20.9 \times 10^{-6}\ K^{-1}$
التوصيلية الحرارية عند ٢٠ ℃	121 $W/m.K$
السعة الحرارية عند ٢٠ ℃	377 $J/kg.K$
نقطة الذوبان (سائل)	890 ℃
نقطة الذوبان (صلب)	875 ℃
المقاومة الكهربائية عند ٢٠℃	6.16 $\mu\Omega.cm$

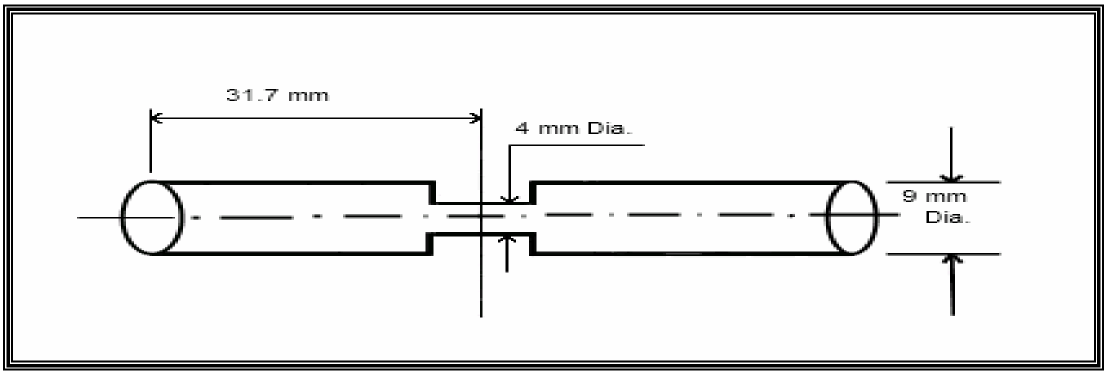
الجزء العملي:-

تحضير العينات :

تنقسم مراحل تحضير النماذج إلى ما يأتي:

١- تقطيع العينات:

قطعت العينات حسب الأبعاد والأقطار المطلوبة لجهاز اختبار الكلال، أي بطول *mm* ٦٤ وبقطر *mm* ٩، والموضحة في الشكل (٢) ثم وضع ثلم في وسـط العينـة وبالأبعـاد المؤشرة. وقد حضر أكثر من ٣٠ عينة بهذه الأبعاد.



الشكل (٢): أبعاد النموذج المستعمل لاختبار الكلال

٢- إعداد العينات للطلاء:

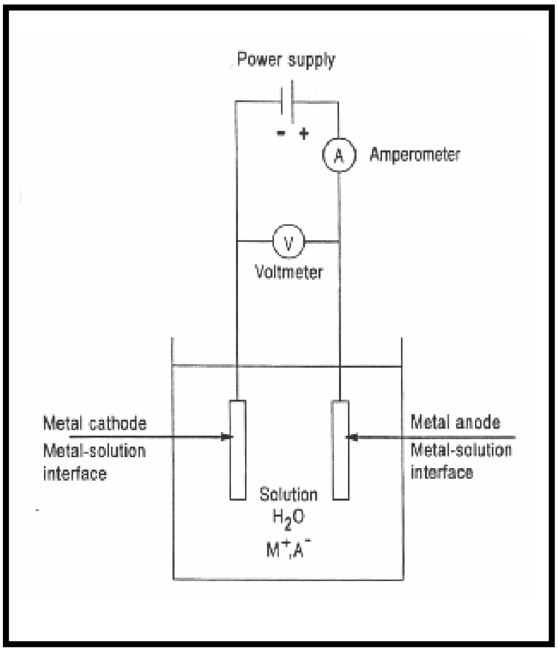
لغرض إعداد العينات للطلاء، لا بد من إجراء عمليات تمهيدية لنجاح عملية الطـلاء. وقد تمت عملية التمهيد على مراحل عدة، أجريت عمليات التنعـيم باسـتعمال ورق التنعـيم المصنع من مادة كاربيد السيلكون وبدرجات ١٢٠، ٢٢٠، ٤٠٠، ١٢٠٠، ٢٠٠٠ للحـصول على سطح ملائم لإجراء عملية الطلاء وغسلها وتنظيفها بالماء المقطر ثم تجفيفها.

٣- إزالة الإجهادات للعينات:

وهي المعاملة الحرارية للعينات وتتضمن رفع درجة حرارة تلك العينات لمدة زمنيـة معينة ثم التبريد البطيء وبدرجة حرارة الغرفة، وقد جرت عملية إزالة الإجهادات لمجموعـة من العينات قبل طلائها بالنيكل، وذلك لإزالة العيوب المتولـدة (نتيجـة لعمليـات تحـضير العينات). وتمت العملية في درجة حرارة 275 ℃، وتم اختيار هذه الدرجة الحراريـة وكمـا مبينة في الشكل (١) وتركها في الفرن الكهربائي لتبرد تدريجياً.

٤- الطلاء بالترسيب الكهربائي:

أُجريت عملية الطلاء في حوض زجاجي نوع *Pyrex* وبسعة 5 لتر. فقـد أسـتخدم سخان كهربائي للوصول إلى الدرجة الحرارية المطلوبة ℃(55-60). إذ أستعمل في عمليـة الطـلاء مجهز قـدرة تصل قيمة التيـار A 6–0 وبفولتية V 20 [7]، وكمـا مبـين فـي الشكل(٣).



الشكل (٣): يوضح الخلية الأساسية في الترسيب الكهربائي

٥- التبريد المفاجيء بالماء :

أجريت عملية التبريد المفاجئ لمجموعة من العينات للوصول إلى أطوار ذات نسبية عالية من الطورβ مع وجود الطور α كما هو موضح بالمخطط الطوري لسبيكة البراص *CZ121* وكما موضح في الشكل(١)، إذ تم تسخين السبيكة إلى درجة حرارة مقدارها 875 ℃ ولمدة ٤٥ دقيقة، ثم تم تبريدها بالتبريد المفاجئ بالماء.

ونتيجة لتلك العمليات تشكلت الحالات الأربعة لسبيكة البراص*CZ121* لمختلف العينات وهـي كما يأتي:

١- السبيكة الأصلية (القياسية) التي لم يجرى عليها أي تغيير.
٢- سبيكة إزالة الإجهاد في 275 ℃ ثم الطلاء بالترسيب الكهربائي بالنيكل.
٣- سبيكة الطلاء المباشر بالترسيب الكهربائي بالنيكل.
٤- سبيكة التبريد المفاجئ بالماء بعد تسخينها إلى درجة 875 ℃ ولمدة ٤٥ دقيقة.

الاختبارات الميكانيكية:

أ) اختبار الكلال:

أجريت اختبارات الكلال الدوراني *Rotating Fatigue* لجميع العينات المذكورة أعلاه. وقد شُغل الجهاز بعد التأكد من وضع العينة في موقعها الصحيح، وبعد وضع الحمل (الأوزان) المقررة التي استعملت في هذه الاختبارات وهي على التوالي N (15-12-10)، وعند بدأ الجهاز بالعمل بالعداد الالكتروني وقياس عدد الدورات التي تسجلها العينة لغاية فشلها (كسرها). إذ يتوقف الجهاز أوتوماتيكيا عند كسر العينة (فشلها). يمكن قراءة العداد لكل قيمة إجهاد *Stress*(σ) محددة. وبالطريقة نفسها يمكن إيجاد الاجهادات الأخرى في الأحمال المقررة ورسم مخطط الكلال (S-N)، وذلك باستعمال المعادلة الآتية [8]:

$$\sigma = \frac{125.7 * P * 32}{\pi * 4^3} = 20P(N/mm^2)$$

P : تمثل الحمل المسلط بالنيوتن.

ب) اختبار الصلادة:

قيست الصلادة السطحية لجميع العينات، إذ اختبرت الصلادة بطريقة فيكرز وطريقة شـور، واختيرت ثلاثة نقاط على سطح النموذج، ثم حسب المعدل الحسابي لها.

ج) الفحص بالتصوير المجهري:

أخذت مقاطع من العينات التي أجريت عليها عمليات الإسناد *Mounting Operating*، ثم عمليات التجليخ *grinding operating*، ثم التنعيم بأوراق صقل بدرجات مختلفة وهي ١٢٠، ٢٢٠، ٤٠٠، ١٢٠٠، ٢٠٠٠ ثم صقلت العينات بوجود محلول الألومينا بوصفه سائلاً يساعد على الانزلاق *Lubricant* وغسلت بالكحول وجففت في كل مرحلة من مراحل التنعيم والصقل وقد جرت عملية الإظهار *etching operating* باستخدام نوع من

محلول الإظهار الذي يتكون من (5gm) من كلوريد الحديدوز و *mgm* ٢ من حامض الهيدروكلوريك و*mgm* ٩٥ من الكحول) ويعرف هذا بالمجهر الضوئي ذو التركيب الدقيق وفيه أيضاً يتم قياس سمك الطلاء للعينات.

د) التحليل السطحي للعينات باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية *X- Ray* :

من أجل تحديد الأطوار المتكونة، فقد تم فحص عدد من العينات المطلية وذات التبريد المفاجئ في درجة حرارة ℃ 875 بالأشعة السينية وفي مختبرات وزارة العلوم والتكنولوجيا لتحديد الأطوار المتكونة، ومن الممكن استخدام معادلة قانون براك المعروفة لحساب المسافة بين المستويات (d) *inter planer distance* .

حيث:

n = هو ثابت (رتبة الحد).　　　λ = هو الطول ألموجي للاشعة السينية.

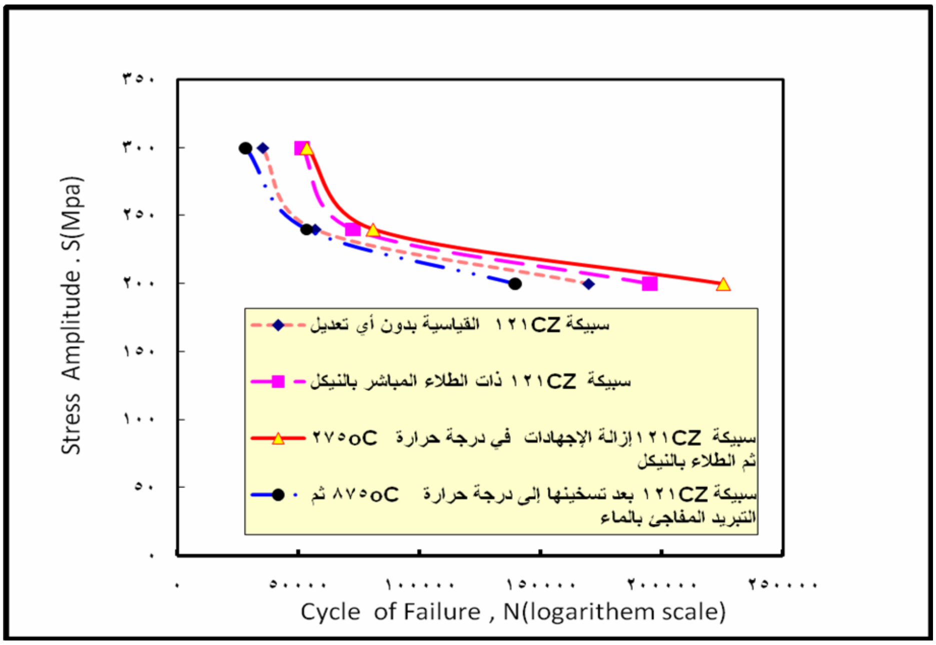
d = هو المسافة بين المستويات.　　　Θ = هو زاوية الحيود (زاوية براك).

وفي حالة تعدد الأطوار فأن النتائج ستقارن بالكارتات المخصصة والمعدة من مقاييس ASTM لتحديد أنواع الأطوار الناتجة.

النتائج والمناقشة:

نتائج اختبارات الكلال

أظهرت نتائج فحص الكلال الدوراني بأن عدد الدورات لغاية الفشل تقل تدريجياً مع زيادة الجهد المسلط عليها، كما موضح بالشكل (٤). فقد أظهرت نتائج فحص مقاومة الكلال أن المنحنيات الناتجة هي خالية من حد الكلال *fatigue limits* وهذا النمط من الاستجابة خاصاً في المعادن غير الحديدية [9] .



الشكل (٤): يوضح مقارنة نتائج الاختبار للعينات الأربع بالكلال الدوراني

وبمقارنة النتائج فقد عملت القدرة العالية للالتصاق بالطلاء الكهربائي بالنيكل على سطح السبيكة على سد الشقوق وتلاشي النتوءات بالنيكل وزيادة في عمر الكلال. وقد تم عمل تشكيل نماذج العينات للاختبارات على ظهور عيوب على السطح واللب لتلك العينات، فضلاً على أن الترسيب الكهربائي قلل من تأثير العيوب السطحية. أما عملية إزالة الإجهادات بدرجة حرارة ℃ 275 فهي تقلل من العيوب السطحية والداخلية للسبيكة وتسمح للذرات بأخذ مواقعها الطبيعية قبل تأثرها بظروف تهيئة العينات والعيوب الناجمة عنها. ولهذا أصبحت سبيكة إزالة الإجهادات ثم الطلاء بالنيكل أعلى أداءاً وأطول عمراً من بقية الأنواع نتيجة لقلة العيوب نتيجة إزالة الإجهادات والطلاء. وبعدها جاءت سبيكة الطلاء المباشر بالنيكل بعد أن عمل الطلاء على سد العيوب السطحية مع بقاء العيوب الداخلية بسبب بقاء الاجهادات فيها. ثم جاءت سبيكة البراص *CZ121* القياسية، وأخيراً جاءت سبيكة التبريد المفاجئ بالماء بعد تسخينها إلى درجة حرارة ℃ 875 ولمدة ٤٥ دقيقة، إذ إن التبريد السريع يعمل على تقسية المادة بحيث لا تتمكن الذرات من الترتيب في المديات البعيدة مكتفية بالمديات القصيرة، مما يضعف من تماسك العينة وتصبح كفاءتها باختبار الكلال ضعيفة. فضلاً على أن التبريد المفاجئ يعمل على تبريد السبيكة بشكل طبقات متتالية تبعاً لقربها من السطح وبالتالي لعدم حصول تجانس تام بين طبقاتها مما ينشأ نقاط انطلاق للشقوق مما يبرر أداءها الضعيف باختبار الكلال.

نتائج اختبارات الصلادة :

أ- حسب إختبار فيكرز *Vickers*

يبين الجدول (٣) مقارنة النتائج للحالات الأربعة لسبيكة البـراص *CZ121* بحـسب اختبار فيكرز.

الجدول (٣): يمثل مقارنة نتائج فحص فيكرز للصلادة

السبيكة الأصلية(القياسية)	134 *H.V*
سبيكة إزالة الإجهادات والطلاء بالنيكل	178 *H.V*
سبيكة الطلاء المباشر بالنيكل	187 *H.V*
سبيكة التبريد المفاجئ في درجة حرارة ℃ 850	129 *H.V*

ب- حسب إختبار شور *Shore*

يبين الجدول (٤) مقارنة النتائج للحالات الأربعة لسبيكة البـراص *CZ121* بحـسب اختبار شور.

الجدول (٤): يمثل مقارنة نتائج فحص شور للصلادة

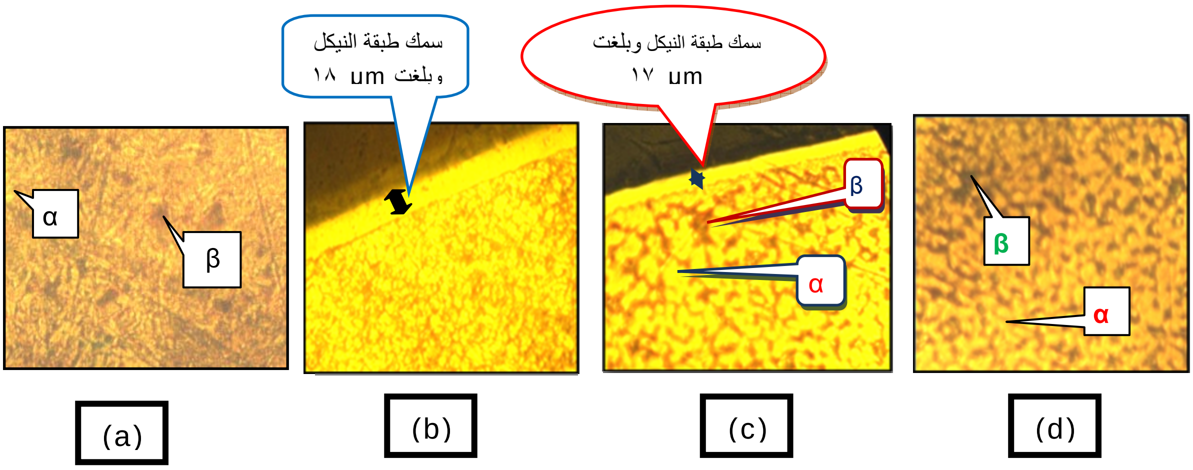
السبيكة الأصلية(القياسية)	40 *H.S*
سبيكة إزالة الإجهادات والطلاء بالنيكل	43 *H.S*
سبيكة الطلاء المباشر بالنيكل	48 *H.S*
سبيكة التبريد المفاجئ في درجة حرارة ℃ 850	28 *H.S*

وفي ضوء ما تقدم ومن الجداول (٣) و(٤)، نلاحظ أن أعلى أداءً كان لسبيكة الطلاء المباشر بالنيكل، ثم تلتها السبيكة المطلية بالنيكل بعد إزالة الإجهادات عنها في درجة حرارة ℃ 275، ويرجع هذا المستوى العالي بالأداء إلى كون النيكل عاملاً مهماً في تقوية السبائك. واحتلت سبيكة البراص القياسية ثالثةً ثم كانت سبيكة التبريد المفاجئ بالماء كانت أخيراً من حيث الأداء، إذ أن التبريد المفاجئ يعمل على هشاشتها ومن ثم إنخفاض مقاومة سطحها لاختبار الصلادة بنوعيه فيكرز وشور.

نتائج الفحص بالتصوير المجهري:

أ) بالنسبة لسطح السبيكة:

يبين الشكل (٥) التصوير المجهري لسطح عينات سبيكة البراص *CZ121* في حالاتها الأربعة.



الشكل (٥): التصوير المجهري لسطح عينات سبيكة البراص *CZ121* .

(a) السبيكة ذات التبريد المفاجيء بعد التسخين . (c) السبيكة المطلية .

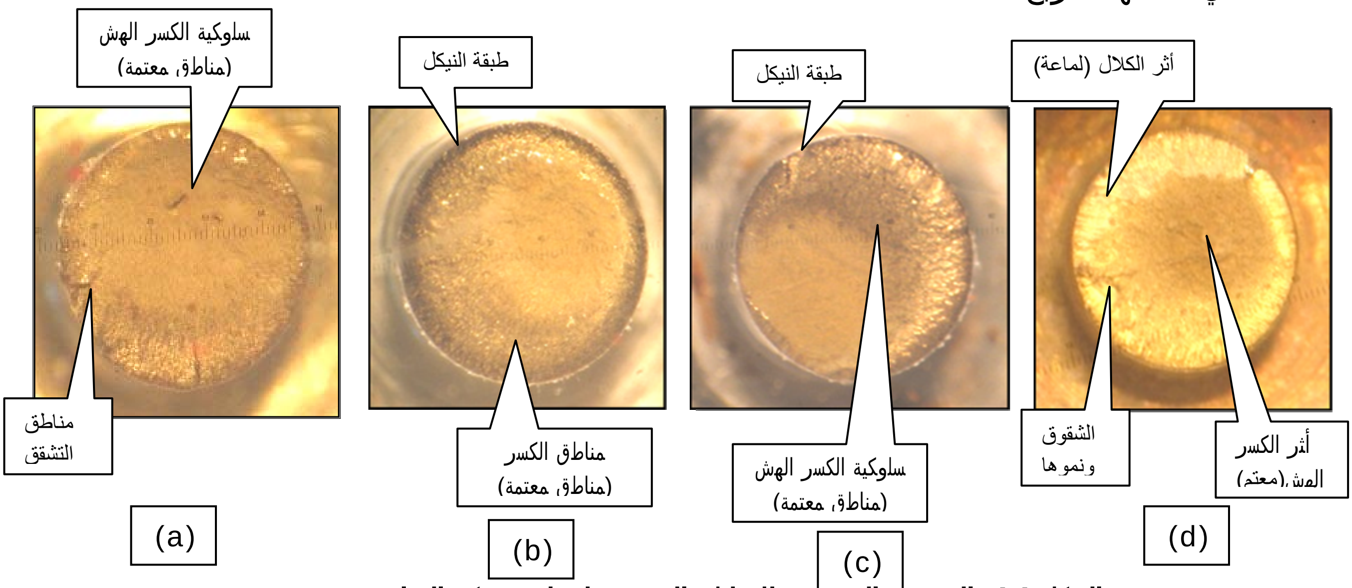
(b) السبيكة بعد إزالة الإجهاد والمطلية . (d) السبيكة القياسية .

إن التركيب الأساس لسطح السبيكة في الشكل (٥) يكون مزيجاً من الطورين (αوβ)، إذ يلاحظ أن هناك زيادة ملحوظة للطور β على الطور α في سبيكة التبريد المفاجئ بالماء بعد التسخين، كما مبين في الشكل (5-a)، وهذا يتفق تماماً مع ما موجود في مخطط التوازن

لمكونات سبيكة البراص *CZ121*، وكما مبين في الشكل(١). ويبين الشكل(5-c) أنها مزيج من الطورين α و β وهي مشابهة للسبيكة القياسية في الشكل (5-d)، باستثناء وجود طبقة الطلاء بالنيكل والتي بلغ سمكها ١٧μm وكان لونها فاتحاً. كما أظهر الفحص بالتصوير المجهري أيضاً في سبيكة إزالة الإجهاد والمطلية أن هناك زيادة ملحوظة للطور α على الطور β وتتضح طبقة الطلاء بالنيكل والتي بلغ سمكها ١٨ μm وكان لونها فاتحاً، وكما مبين في الشكل (5-b).

ب) بالنسبة للمقطع العرضي للسبيكة :

يبين الشكل (٦) التصوير المجهري للمقاطع العرضية لعينات سبيكة البراص *CZ121* في حالاتها الأربع:



الشكل (٦): التصوير المجهري للمقاطع العرضية لعينات سبيكة البراص *CZ121*.

(a) السبيكة ذات التبريد المفاجيء بعد التسخين. (c) السبيكة المطلية.

(b) السبيكة بعد إزالة الإجهاد والمطلية. (d) السبيكة القياسية.

أظهر الفحص بالتصوير المجهري للمقاطع العرضية في مناطق الكسر بعد فحص الكلال الدوراني لجميع نماذج سبيكة البراص *CZ121*، وكما مبين في الشكل(5) آثار الكلال وبخاصة قرب السطح حيث مناطق الشقوق ونموها على مقطع الكسر وتكون منطقة الكلال (اللماعة) هي أكبر من منطقة الكسر (المعتمة) وهذا يتفق تماماً مع الجانب النظري [10] كون اختبار الكلال كان قد تم بالدورات الواطئة (أقل من ١٠٠٠٠ دورة/دقيقة).

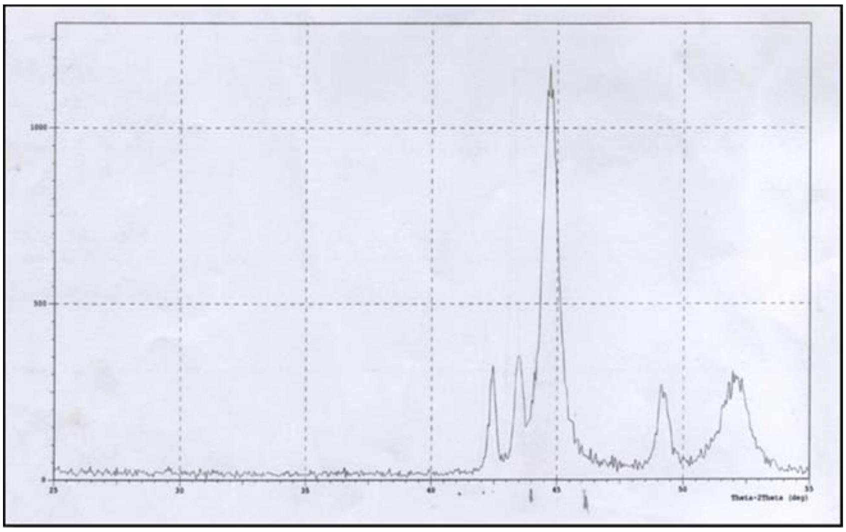
نتائج فحوصات الأشعة السينية *X-Ray* :

جرت عملية الفحص بالأشعة السينية على مرحلتين:

الأولى: كانت لمعرفة النسب المئوية الوزنية قبل إجراء الاختبارات عليها، وقد جـرت فـي المختبر المركزي لشركة الأسمنت الشمالية في الموصل، وقد وضحت نتائجه وفقاً لما هو مبين في الجدول (١) .

الثانية: كانت لمعرفة درجة النقاوة طبقة الطلاء بالنيكل، وقد جـرت فـي مختبـرات وزارة العلوم والتكنولوجيا في بغداد وكانت نتائج الفحص كالآتي:

أ- بالنسبة لسبيكة إزالة الإجهادات والطلاء بالنيكل فكانت كما مبين في الشكل (٧) والجدول (٥).



الشكل (٧): نتائج فحص الأشعة السينية لسبيكة إزالة الاجهادات والطلاء بالنيكل

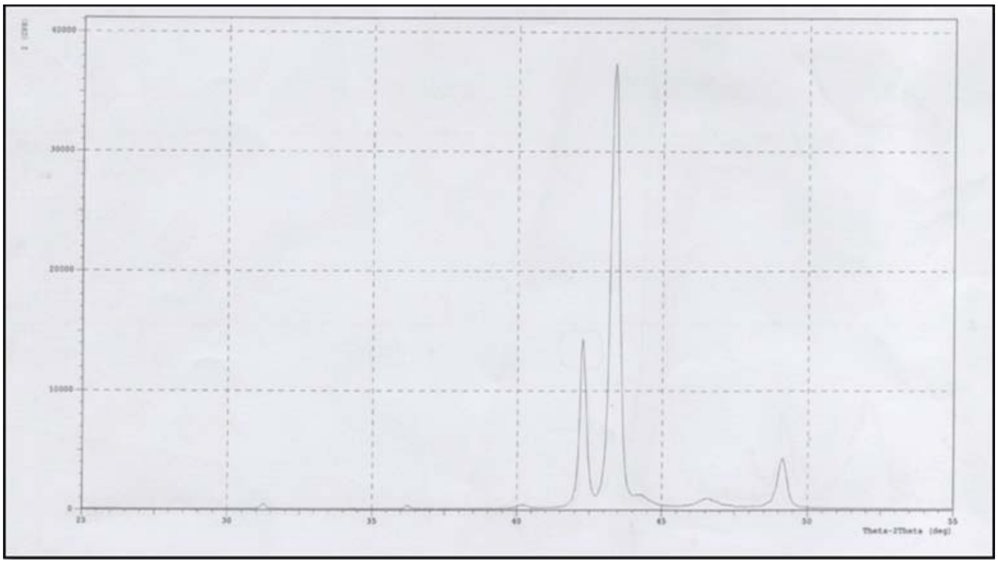
الجدول (٥): يمثل نتائج فحص الأشعة السينية لسبيكة إزالة الاجهادات والطلاء بالنيكل

No.	2θ (deg)	d (Å)	I/I_0	FWHM (deg)
1	42.4288	2.12873	21	0.4299
2	43.5012	2.07871	27	0.4971
3	44.7111	2.02522	100	0.7172
4	49.1764	1.85127	19	0.5265
5	52.0189	1.75659	22	1.1833

وبمطابقة النتائج المستحصلة مع الكارتات المخصصة في هذا المجال، تبين ما يأتي:

أن القمة الأولى والثانية والرابعة تمثلت بتواجد البراص (نحاس + خارصين). أمـا القمـة الثالثة والخامسة تتمثلت بتواجد النيكل وبنقاوة عالية.

ب- أما بالنسبة لسبيكة التبريد المفاجئ بالماء بعد تسخينها إلى درجة حرارة ℃ 875، فان النتائج كانت كما مبين في الشكل (٨) والجدول (٦) .



الشكل (٨): نتائج فحص الأشعة السينية لسبيكة التسخين إلى درجة حرارة ℃ 875 والتبريد المفاجئ بالماء

الجدول (٦): يمثل نتائج فحص الأشعة السينية لسبيكة التسخين إلى درجة حرارة ℃ 875 والتبريد المفاجئ بالماء

No.	*2θ (deg)*	*d (Å)*	I/I_0	*FWHM (deg)*
1	42. 2624	2.13673	46	0.285
2	43.3519	2.08552	100	0.4474
3	49.1134	1.85349	15	0.3527

ومن مطابقة النتائج مع الكارتات المخصصة، تبين ما يأتي:

إن القمة الأولى تمثلت بوجود الطور β وهذا الطور يزداد نتيجة للتبريد المفاجئ بعد تسخينها إلى ℃ 875 وهذا يتفق مع المخطط الطوري في الشكل(١) لسبيكة البراص*CZ121*. أما القمة الثانية والثالثة فتمثل تواجد البراص (نحاس+خارصين).

وكانت النتائج مطابقة للفحص الأول بالأشعة السينية بوصفها نسباً وزنية مئوية ومطابقاً للصور المجهرية لتواجد الأطوار في السبيكة.

الاستنتاجات:

إن هذا البحث تضمن اختبارات الكلال الدوراني والصلادة بنوعيها (شور وفيكرز) لعينات سبيكة البراص *CZ121* بحالاتها الأربعة وتبين ما يأتي:

١) يزداد عمر فحص الكلال بالنسبة لسبيكة إزالة الأجهادات والطلاء بالنيكل بنسبة 50% مقارنة بأداء السبيكة القياسية ويمثل ذلك أعلى أداءاً في اختبار الكلال للأنواع الأربع.

٢) يزداد عمر فحص الكلال للسبيكة بالنسبة للسبيكة بعد الطلاء المباشر بالنيكل مقارنة بالسبيكة القياسية إلا انه يكون أقل من سبيكة إزالة الأجهادات والمطلية بالنيكل من حيث الأداء.

٣) يقل عمر الكلال لسبيكة التبريد المفاجئ بالماء بعد التسخين مقارنة بالسبيكة القياسية ويرجع السبب في ذلك إلى أن التبريد المفاجئ قد ينشأ عنه إجهادات متبقية *Residual Stresses* بسبب الاختلاف في معاملات التمدد الحراري، وهذه الاجهادات تضاف إلى الاجهادات المسلطة والتي قد تؤثر سلباً في عمر الكلال.

٤) يتحسن عمر فحص الكلال نسبياً بعد عملية إزالة الإجهادات عند درجة حرارة ℃ 275 لان زيادة مدة التبريد تؤدي إلى زيادة في مديات ترتيب الذرات وأخذ مواضعها الطبيعية.

٥) دلت نتائج اختبارات الصلادة بنوعيها شور وفيكرز على أن أعلى أداءاً كان للسبيكة المطلية مباشرة بالنيكل ثم تلتها السبيكة المطلية بعد إزالة الأجهادات عند درجة حرارة ℃ 275 ثم السبيكة القياسية ثم حدث هبوط كبير بالنتائج في اختبار سبيكة التبريد المفاجئ بالماء عند درجة حرارة ℃ 875 نتيجة للأجهادات المتبقية والناتجة من عملية التبريد المفاجئ.

٦) في عملية الطلاء الكهربائي بالنيكل لا تتولد أطوار جديدة للسبيكة المطلية أو بين السبيكة المطلية ومادة الطلاء، لان العملية تتم بدرجات حرارية بعيدة عن درجات انصهار العناصر المكونة لها.

٧) إن طبقة النيكل المستخدمة للطلاء تكون ذات درجة نقاوة عالية وصلت إلى ٩٩% نتيجة لتحويل الايونات إلى ذرات بشكل مباشر وهذا ما بينه اختبار الأشعة السينية.

التوصيات:

١) دراسة تأثير سمك الطلاء في مقاومة الكلال بتحضير طلاءات مختلفة الـسمك وذلـك بتغير زمن الطلاء.

٢) دراسة عمر الكلال لأنواع أخرى من الطلاءات أو الطلاءات متعددة الطبقات والمجهزة بتقنيات أخرى كالبلازما وغيرها.

٣) استعمال متغيرات أخرى لعملية الترسيب الكهربائي كالحرارة والتراكيز والإضافات.

٤) استعمال ترسيب كهربائي نبضي بدلاً من الترسيب الكهربائي المستمر ومعرفة تأثير التيار في أداء الطبقات المترسبة.

٥) استعمال التبريد المفاجيء بالزيت بدلاً من الماء كونه ذات درجة حرارة تبخير أعلى من درجة حرارة تبخر الماء.

المصادر:

١) الجنابي، ميرفت مهدي (٢٠٠٥)، "المعاملات الحرارية لمصبوبات سبائك النحاس-نيكل- كروم"، رسالة ماجستير/ الجامعة التكنولوجية - العراق.

٢) د. باقر، حسين، (١٩٨٩) "هندسة التآكل وحماية سطوح المعادن"، اللجنة الجامعية للشؤون العلمية/ الجامعة التكنولوجية - العراق.

٣) "مبادئ هندسة المعادن والمواد" (١٩٨٠)، رقم الإيداع ٢٤٧/٦٢٢ ب مكتبة المركزية جامعة الموصل.

4) Edward H. & Kottcamp, Jr "Alloy Phase diagram" (1992), as Volume 3 of the ASM Handbook. The Volume was prepared under the direction of the ASM International Alloy Phase Diagram and the Handbook Committees.

5) Copper Development Association. 5 Grovelands Business Centre. Boundary Way Hemel Hempstead. HP2 7TE. United Kingdom, copperinfo (2009). http://www.copperinfo.co.uk/alloys/brass/brasses-properties-and-applications.shtml#.

6) Austral wright metals supplies a comprehensive range of copper alloys, austral wright (2009). http:www.australwright.com.au/.../Brass%20Free%20Cutting%20C38500.pdf.

٧) نوري، سندس محمد(٢٠٠٣)، "دراسة الصلادة والسمك لعينات من الفولاذ المنخفض بعد ترسيب الكهربائي بالنيكل والفسفور" رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجيا - العراق.

8) Collins. Jack A., (1993), "Failure of Materials in Mechanical Design", 2nd edition, John Wiley & Sons, New York .

9) Michael, R. & Panontin, T., (1998), "Effect of Residual on Brittle Fracture Testing", Fatique and Fracture Mechanics.

10) Abdel-Hamid, Z. (1998), “Improving the Throwing Power of Nickel Electroplating Baths”, Materials Chemistry and Physics, Vol.53.