Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

تأثير المعاملات الحرارية على مقاومة البلى ألانزلاقي الجاف لسبائك ألألمنيوم- نحاس.

عادل محمود باش
جامعة تكريت / كلية الهندسة / قسم الهندسة الميكانيكية

تاريخ استلام البحث 9 / 4 /2012 تاريخ قبول البحث25 / 6/ 2014

الملخص.

تم تحضير سبائك من الألمنيوم –نحاس حيث أضيفت كميات من النحاس إلى الألمنيوم النقي بنسبة 5%,4% بحيث لا تتعدى حد التشبع للألمنيوم وهي 6% نحاس لغرض تقسية الألمنيوم وقد تم تحضير هذه السبائك بعملية الصهر والصب في قوالب من الفولاذ .وأجريت عملية المعاملة الحرارية عند درجة حرارة 180 درجة مئوية ولفترات تعتيق مختلفة .أستهدف البحث الحالي دراسة تأثير إضافة النحاس والمعاملات الحرارية على الخواص الميكانيكية ومقاومة البلى ألانزلاقي الجاف للألمنيوم النقي .استخدمت تقنية المسمار على القرص الدوار لقياس معدل البلى وتحت ظروف مختبريه متغيرة تمثلت باستخدام خمسة أحمال عمودية مختلفة 9.81–45N وخمسة سرع انزلاقي مختلفة ولفترات انزلاق تراوحت 30 to 240 min. وعند درجة حرارة الغرفة وصلادة القرص الفولاذي الدوار 35HRC .وقد أظهرت النتائج أن معدل البلى يزداد مع زيادة الحمل العمودي المسلط على عينات الاختبار والفترة الزمنية للانزلاق . وكذلك أظهرت سبيكة Al–5.5% Cu أفضل مقاومة بلى عند مقارنتها مع السبيكة Al–4%Cu بالإضافة إلى ذلك بينت نتائج الاختبار أن المعاملات الحرارية أدت الى تحسين في مقاومة البلى عند مقارنتها مع سبائك الأساس .وان نسبة التحسين بلغت 23% لسبيكة Al–4%Cu وبلغت 28% بالنسبة للسبيكة Al–5.5%Cu.

الكلمات الدالة :– سبائك ألألمنيوم ، المعاملات الحرارية ، بلى المسبوكات.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

Effect of Heat Treatments on Dry Sliding Wear Resistance of Aluminum –Cupper Alloys.

Adel M. Bash

Mechanical Eng. Dept.-Tikrit University

Adelbash@yahoo.com

Received Date: *9/4/2012* ***Accepted Date:*** *25/6/2014*

ABSTRACT

In this study, aluminum-cupper alloys were prepared, where cupper amount was added to aluminum in different percentages 4%, 5.5%.not exceeds degree of saturation 6% of the weight of cupper. Alloys were prepared by melting and pouring in steel molds .Solution heat treatment and aging are carried out at a constant temperature of 180 ^{o}C for different aging times .Object of the present work is to study the effect of addition of cupper and heat treatment on wear resistance of the pure aluminum .A pin – on-Disc technique was used to evaluate wear rate of the specimens .Under variable laboratory condition represented by effect of five different normal loads and five different sliding speed on wear rate were examined for variable sliding time while hardness of steel disc was 35HRC .The result shows that the wear rate increased with increasing applied normal loads and with increasing sliding time .The result also show that the alloy Al-5.5%Cu has more wear resistance than that of

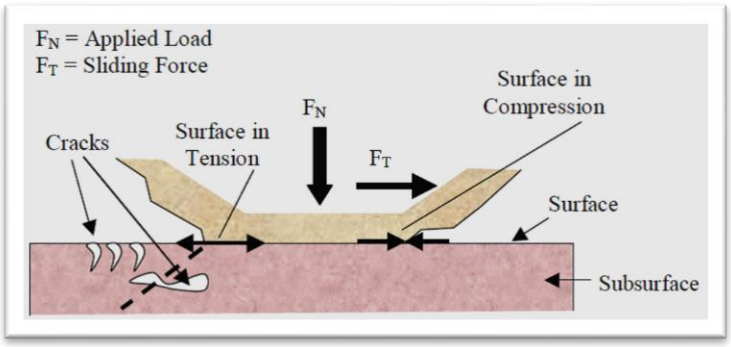
Al-4%Cu .In additional, wear resistance were improved by heat treatment when compared to the base alloys.

Key Words: Al-alloys, Heat treatment, Wear alloying elements.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

1- ألمقدمة:- Introduction

تعتبر ظاهرة التآكل والبلى من أهم الظواهر التي تتأثر مباشرتا" وبشكل كبير بالبيئة المحيطة بالمعادن . أن البلى ألالتصاقي للمعادن والسبائك يحدث عادة من خلال بناء وهدم نقاط ألالتصاق مابين السطوح المعدنية الانزلاقيه المحتكة حيث أن هذه العملية عادة يرافقها حدوث ظاهرة معينة كانتقال ، الانتقال العكسي ،الأكسدة والانتشار مابين السطوح الانزلاقية **شكل (1)**.



شكل (1) : ظاهرة الانتشار العكسي، الأكسدة و الانتشار بين السطوح

والتي استرعت انتباه واهتمام الباحثين بشكل واسع وكبير ويبقى استعمال الألمنيوم النقي محدود جدا في التطبيقات الهندسية إذ انه لين وضعيف وذو خواص ميكانيكية منخفضة لذا توجهت البحوث منذ وقت طويل وتطورت بشكل كبير في السنوات الأخيرة نحو تحسين الخواص الميكانيكية للألمنيوم عن طريق تسبيكه أو تشكيله مع عناصر أخرى مثل النحاس والسيلكون والنيكل و المنغنيز و الخارصين و التيتانيوم. يعتبر الألمنيوم وسبائكه من المعادن والسبائك الواسعة الاستخدام في التطبيقات المختلفة وذلك لامتلاكها العديد من المميزات التي تؤهلها لذلك وتعد سبيكة الألمنيوم– نحاس إحدى سبائك الألمنيوم المهمة في هذا المجال حيث تكتسب هذه السبيكة بعد المعاملات الحرارية خواص ميكانيكية عالية نتيجة قابليتها على الاصلاد بالترسيب فقد قام عدد كبير من الباحثين بدراسة تأثير إضافة العناصر السبائكية في البنية المجهرية والخواص الميكانيكية لمسبوكات أألمنيوم– نحاس . (Al–Cu alloys) .

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

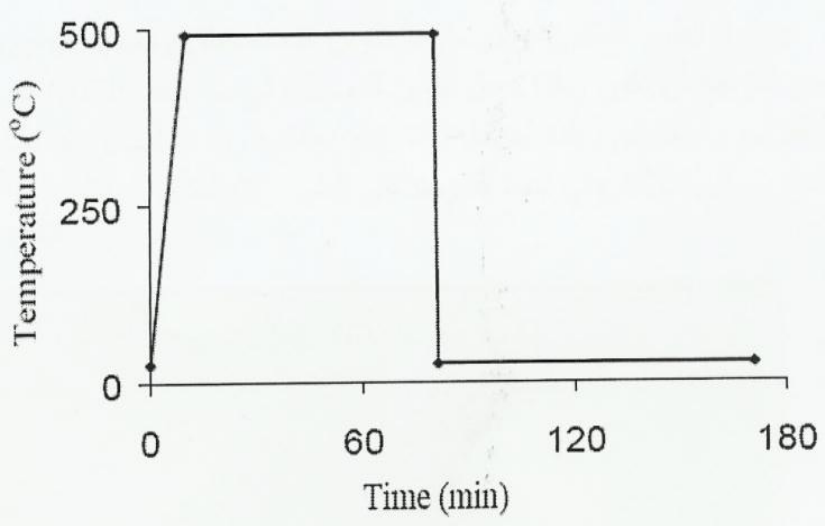
في عام 2006 درس الباحث علي النخلاني ومحمد عبدالحفظ [6] بدراسة تقسية سبائك الألمنيوم – نحاس بالمعاملات الحرارية .حيث اظهرت النتائج ارتفاع قسوة الألمنيوم بعد سبكه ومعاملته حراريا" مع وجود نهايات عظمى للقساوة تختلف باختلاف نسبة النحاس في السبيكة وسجله هذه الدراسة ارتفاع في قسوة الألمنيوم من 40الى 95على مقياس برنل للصلادة الدقيقة وذلك باشابة الألمنيوم بالنحاس بنسب مختلفة ومعالجته حراريا بالتزمين وقد قام الباحث Xido[4] واخرون بدراسة تأثير إضافة عنصر النحاس في الخواص الميكانيكية لسبيكة (Al–Cu–Mg–Ag)بنسب (4–8%Cu) وقد لاحظوا زيادة في مقاومة الشد من (434MPa)الى 559MPaعند حرارة الغرفة ومن 141MPa الى 228MPa عند درجة حرارة 300Cمع حدوث نقصان طفيف في الاستطالة .وفي عام 2011 قام الباحث منى خضير واخرون[12] بدراسة تأثير المعاملات الحرارية على الخواص الميكانيكية ومقاومة البلى لمادة مركبة ذات أساس ألمنيوم حيث أظهرت النتائج أن إضافة دقائق (SiC) إلى السبيكة ألأساس أدى إلى تحسين الصلادة ومقاومة البلى قبل وبعد أجراء المعاملة الحرارية وكذلك لوحظ أن إضافة دقائق SiC إلى أرضية السبيكة أدى غالى تعجيل عملية التعتيق وترسيب دقائق الطور الثاني (Mg_2Si) وتقليل زمن التعتيق اللازم للوصول إلى قيمة الصلادة العظمى من 5hr. إلى 8hr. بالنسبة للسبيكة الأساس والمادة المركبة على التوالي .تعد سبيكة ألمنيوم – نحاس من أكثر السبائك استعمالا" إذ أنها تمتلك خواص ميكانيكية جيدة فضلا عن أنها تعد أول سبيكة اكتشفت فيها ظاهرت الاصلاد بالترسيب وتستعمل هذه السبيكة في صناعة أجزاء مختلفة في الطائرات كالمحركات والقضبان وبراشيم تثبيت هياكل الطائرات وبهذا تتعرض الأجزاء المصنعة منها الى التآكل والبلى تحت ظروف اشتغال مختلفة من حمل وفترات اشتغال وسرع انزلاق مختلفة ولهذا كان هدف البحث ليكون إحدى المحاولات العملية لدراسة تأثير إضافة عنصر النحاس الى الألمنيوم النقي بنسب وزنيه مختلفة وإجراء المعاملات الحرارية بأزمان تعتيق مختلفة على مقاومة البلى ألانزلاقي الجاف لسبيكة ألمنيوم – نحاس تحت تأثير ظروف مختبريه متغيرة من حمل عمودي مسلط ، فترات انزلاق وسرع انزلاق مختلفة.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

2-الجانب النظري:-THEORETICAL WORK

1.2-المعالجة الحرارية Heat Treatment

يقصد بالمعالجة الحرارية التسخين إلى درجات حرارة معينة وبوجود جو غازي معين وفقا للهدف النهائي للمعالجة الحرارية ثم التبريد بمعدل يتحكم به **الشكل(2)** وتهدف المعالجة الحرارية إلى رفع المقاومة الميكانيكية للمادة وزيادة فساوتها فالمعالجة الحرارية تعد أهم وسيلة في معالجة السبائك لزيادة فساوتها وتنقسم إلى نوعين أساسيين هما التقسية بالتزمين والتقسية بالترسيب ويمكن أن تكون هاتان العمليتان متتابعتين .[4].



الشكل (2) :المعالجة الحرارية لسبائك الألمنيوم بالتزمين [3]

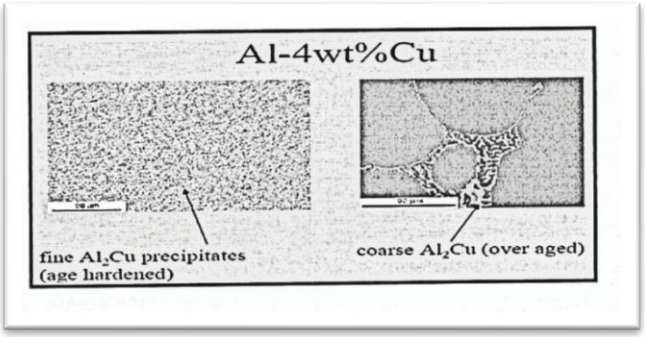
2.2المعالجة الحرارية لسبائك الألمنيوم.Heat treatment for Aluminum Alloys

يرجع تاريخ سبائك الألمنيوم –نحاس– مغنيسيوم إلى حقبة اكتشاف التقسية بالتزمين الذي تم مصادفة على يد العالم الألماني الفريد وليم عام 1906 ميلادية لتطوير سبيكة من الألمنيوم ذات مقاومة عالية لكي تحل محل سبائك النحاس الأصفر في صناعة أغلفة الطلقات النارية وقد أدى بحثه عندئذ الى أنتاج سبيكة الديورالومين وقد استخدمه هذه السبيكة

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

على طور السرعة في صناعة المناطيد خلال الحرب العالمية الأولى .ثم استخدمه بعد ذلك في صناعة الطائرات [4] .

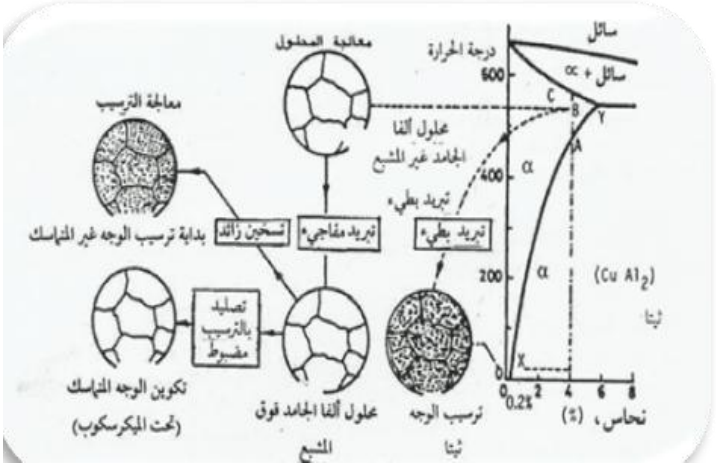
أما السبيكة ذات التركيب Al–4.4%Cu–0.5%Mg–0.9%Si–0.8%Mn فتستخدم حاليا في صناعة السيارات واستخدمت إلى حين في صناعة طائرات الكونكورد (الأسرع من الصوت) وهي سبيكة تقاوم الزحف مدة 50000 ساعة عند درجة حرارة تبلغ $120C^{\circ}$ وقد اشتقت هذه السبيكة من السبيكة ذات التركيب Al–4Cu–1.5Mg–2Ni المعروفة باسم سبيكة Y وفي الوقت الحاضر تستخدم سبائك الألمنيوم –نحاس – مغنيسيوم الأقل مقاومة كمادة لإنتاج الألواح اللازمة لصناعة السيارات مثل السبيكة المحتوية على 2.5% نحاس و 0.45% مغنيسيوم ومن المعتقد أن إضافة المغنيسيوم إلى سبيكة الألمنيوم – نحاس الثنائية يحسن كثيرا من قابلية المادة للتقسية في الترسيب وترجع زيادة المقاومة و القساوة إلى مراحل الترسيب مبين **في شكل (3)**. حيث Sالطور المتكون ولكن طبيعة تكوين هذه المناطق وحجمها غير معروفين من المرجح أن تكون زيادة معدل تكوين في سبائك AlCu عند إضافة المغنيسيوم راجعة إلى زيادة معدل الانتشار عندئذ وقد أمكن حديثا باستخدام الميكروسكوب الالكتروني النفاذ للتعرف على الطور S المتكون **الشكل (3) و (4)** .



الشكل (3) صورة مجهريه لسطح العينة المعالجة حراريا".

وتتميز سبائك الألمنيوم بقابليتها لتغير خواصها عند معالجتها حراريا نظرا لاختلاف ذوبانية العناصر في الألمنيوم مع اختلاف درجات الحرارة و أطلق على هذه العملية اسم التصليد الصناعي بالتزمين (التصليد بالترسيب) .وتحدث ظاهرة التصليد بالتزمين للسبائك المختلفة عامة ولسبائك الألمنيوم – نحاس بصفة خاصة وما ينطبق على سبائك الألمنيوم – نحاس ينطبق على السبائك الأخرى [3]

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849



الشكل (4): يبين الجزء الغني بالألمنيوم في مخطط التوازن للألمنيوم نحاس ووفيه تظهر البنية البلورية الحادثة نتيجة المعالجات الحرارية المختلفة .تبريد بطيء،ومعالجة الترسيب [3]

3-الجانب العملي :-EXPERIMENTAL WORK

1.3 تحضير العينات Samples Preparation

تم دراسة تأثير أضافه عنصر النحاس الى الألمنيوم النقي بنسب وزنيه مختلفة وأجراء المعاملات الحرارية بأزمان تعتيق مختلفة على مقاومة البلى ألانزلاقي الجاف لسبيكة ألمنيوم – نحاس تحت تأثير ظروف مختبريه متغيرة من حمل عمودي مسلط ، فترات انزلاق وسرع انزلاق مختلفة .تم استخدام أسلاك من الألمنيوم بنقاوة 98% ألمنيوم ذي التركيب الكيميائي الموضح في جدول (1) وعينات النحاس من النوع التجاري المستخدم في أسلاك نقل الطاقة الكهربائية.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

جدول (1): يبين التركيب الكيميائي للألمنيوم النقي ولسبيكة

Elements(Wt.%)	Al	Pb	Ni	Cr	Ti	Zn	Mg	Mn	Cu	Fe	Si
Pure Aluminum	98.83	-	-	0.008	0.006	0.002	0.242	0.002	0.001	0.167	0.456
Al-4 % Cu	Rem.	-	-	0.005	0.008	0.013	0.160	0.010	4.012	0.166	0.365
Al-5.5% Cu	Rem.	-	-	0.07	0.076	0.067	0.226	0.009	4.488	0.169	0.455

تم تحضير السبيكة بالشكل التالي :-

تحضير سبائك الألمنيوم–نحاس المستعملة في البحث وذلك بتقطيع ووزن أسلاك من الألمنيوم بنقاوة قدرها 98.8% ألمنيوم موضح التركيب الكيميائي لها في **جدول (2)**. ويبين الجدول التحليل الكيميائي لعينات الألمنيوم المستخدمة في تحضير السبيكة وحسب الكمية المقابلة له من عنصر النحاس للحصول على النسب الوزنية المطلوبة لسبائك الألمنيوم–النحاس وذلك بصهر الألمنيوم في فرن كهربائي باستعمال بودقة كرافتية وأجريت عملية الصهر عند درجة (750 C°) لضمان الانصهار التام لعناصر لسبيكة.

ثم إضافة النحاس النقي على شكل رايش الى الألمنيوم المنصهر مع إجراء التحريك المستمر بقضيب من الخزف وذلك لضمان ذوبان جميع النحاس في الألمنيوم المنصهر وحدوث التجانس ومن ثم إضافة مادة مزيل الخبث وطارد الغازات ويخلط جيدا" ومن ثم يزال الخبث لغرض الحصول على منصهر خالي من أي عيوب.وبعد ذلك تمت عملية الصب بصورة سريعة في قالب معدني بقطر 15 mm وقد سخن مسبقا" الى درجة حرارة 200C° لتلافي انجماد المنصهر المعدني بصورة سريعة عند ملامسته جدار القالب تم أجريت عملية الصب خمس مرات لكل سبيكة وبنسب مختلفة من النحاس

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

وتشغيل عينات البلى على ماكينة الخراطة بوجود سائل التبريد وتقطيعها إلى عينات عديدة بقطر(10mm) وطول (20mm) ولجميع السبائك .

الجدول(2) العينات التي تم تحضيرها من خليط الألمنيوم والنحاس لقياس معدل البلى ألانزلاقي.

رمز السبيكة	أجمالي وزن السبيكة بالغرام	وزن النحاس المضاف بالغرام	وزن الألمنيوم المذاب بالغرام	النسبة المئوية للنحاس
Al-4%Cu	210	8.4	200	4%
Al-5.5%Cu	210	11.5	200	5.5%

2.3 المعاملات الحرارية . Heat Treatment

حيث وضعت العينات في فرن كهربائي وعند درجة حرارة 540C° ولمدة ساعة واحدة . ثم تم إخراج العينات من الفرن وتبرد فجاءه بالماء والثلج (التقسية بالماء) .وتعاد العينات الى الفرن مباشرتا بعد عملية التقسية بالماء عند درجة حرارة 180C° لغرض التعتيق ولفترات زمنية محددة بأزمان تعتيق (6,10,14,16 hours).

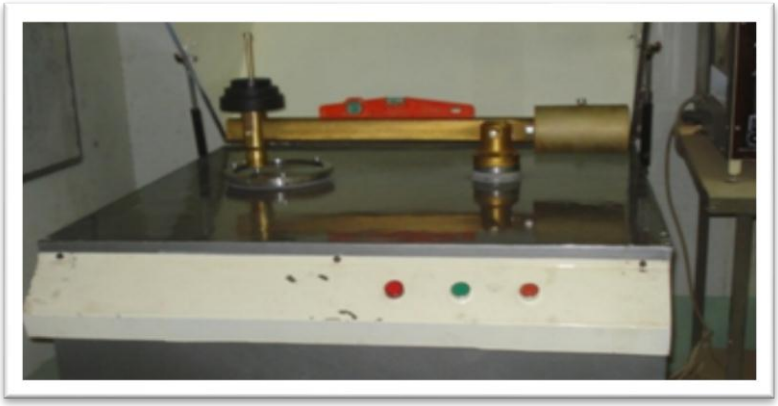
4-اختبار البلى الأنزلاقي الجاف . DRY SLIDING WEAR TEST

1.4 جهاز قياس البلى :

تم أنجاز البحث باستخدام جهاز البلى ألانزلاقي الجاف (Pin-On-Disc) المسمار على القرص الموجود في كلية الهندسة – جامعة تكريت وكما موضح في **الشكل (5)** حيث يتكون من محرك كهربائي بقدرة 1.5 حصان ذي سرعة دوران ثابتة (940r.p.m) يتم نقل السرعة الى القرص الدوار بواسطة سيور لنقل الحركة عن طريق بكرات بأقطار مختلفة لغرض الحصول على سرعة دوران متغيرة للقرص الدوار.وقرص من الفولاذ بقطر30cm وبصلادة 45HRC مصمم ليدور بسرع

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

دورانية مختلفة يتم تنعيمه بعد كل اختبار بواسطة ورق تنعيم من كاربيد السيلكون لضمان تقليل خشونة سطح القرص لمنع زيادة مقدار التداخل الحاصل مابين سطح العينة وسطح القرص الدوار مع وجود حامل العينات ويتكون من جانبين الجانب الأسفل المقابل للقرص الدوار ماسك العينة يحتوي على ثقب بقطر 10mm تثبت بداخله عينات الفحص والجانب الأعلى يتصل بقاعدة حامل الأثقال الذي من خلاله يتم تسليط الحمل المطلوب .وذراع ذي مقطع مستطيل قابل للحركة العمودية يثبت في إحدى نهايتيه حامل العينة وفي النهاية الثانية توضع أثقال الموازنة لقد تم استخدام قيمة أحمال مختلفة وهي كما يلي :- N(45 and 39.24, 29.43, 19.62, 9.81) وسرع انزلاق مختلفة أيضا" وكانت :- (0.94, 1.88, 2.82, 3.76 and 4.9) m/s . لقد تم أجراء الاختبار لعينات الفحص في الهواء الجوي الاعتيادي وعند درجة حرارة الغرفة .



شكل (5) : محرك كهربائي بقدرة 1.5 حصان ذي سرعة دوران ثابتة

2.4 الطريقة والخطوات التي تم بها قياس معدل البلى:

بعد اكتمال عملية قذف عينات الفحص بالكرات الفولاذية تم تنظيف هذه العينات وتنعيمها وصقلهاأجريت عملية التنعيم بأوراق من كاربيد السليكون(Sic) مختلفة الإحجام ، (2000,1200,1000) مايكروميتر وبوجود تيار مائي مستمر ثم صقلت بقماش الصقل ومعجون الماس بعدة مراحل . وبعد كل مرحلة من مراحل التنعيم والصقل تغسل النماذج بالماء ثم الكحول علاوة على التجفيف . للحصول على سطح خالي من الخدوش قبل عملية الاختبار.لقد تم حساب معدل البلى

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

باستخدام الطريقة الوزنية حيث تم وزن العينة قبل وبعد الاختبار بواسطة ميزان حساس نوع (Scaltac) ياباني المنشأ وبدقة (±0.0001)gm. وفيما يلي الخطوات المتبعة لحساب معدل البلى:-

1- وزن العينة قبل الاختبار w_1.

2 - تنعيم القرص الدوار بورق تنعيم وبدرجة (1000).

3- تثبت العينة بماسك الجهاز (holder) بحيث تتطابق مع سطح القرص الدوار.

4-معايرة جهاز الفحص وجعل الذراع الحامل لعينات الفحص بوضعية أفقية.

5- استعمال أحمال مختلفة :-

N (9.81, 19.62, 29.43, 39.24 and 45) مع ثبوت السرعة الانزلاق (2.88 m/s) وزمن الانزلاقmin (30) .

6-استخدام سرع مختلفة :-

m/s (0.94, 1.88, 2.82, 3.76 and 4.9) مع ثبوت الحمل وزمن الانزلاق.

7- تشغيل الجهاز وحساب الوقت باستخدام ساعة توقيت .

8- إيقاف الجهاز بعد مرور فترة انزلاق 30 min.

9- وزن العينة بعد انتهاء الاختبار w_2.

حيث أن :-$\Delta w = w_1 - w_2$ ..... (1)

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

W_1 :- وزن ألعينه قبل الاختبار (gm).

W_2 :- وزن ألعينه بعد الاختبار. (gm)

Δw -:الفرق بالوزن (gm).

تم حساب مسافة الانزلاق من العلاقة التالية :-

$$SD = 2\pi * v * t(cm).$$

علما أن :-

t- زمن اختبار العينة(.second).

v- السرعة الخطية = $V = \frac{\pi N D s}{60}$ (cm/s)

D_s - قطر دائرة الانزلاق والبالغ 18cm.

N- السرعة الدورانية للقرص الدوار.

وبعد ذلك تم حساب معدل البلى كما يلي :-

$$WearRate = \frac{\Delta w}{S_D}\left(\frac{gm}{cm}\right) \cdots\cdots (3)$$

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

5- النتائج والمناقشة :- RESULTS AND DISCUSSION

1.5: تأثير الحمل العمودي على معدل البلىEffect of Normal Load On wear Rate

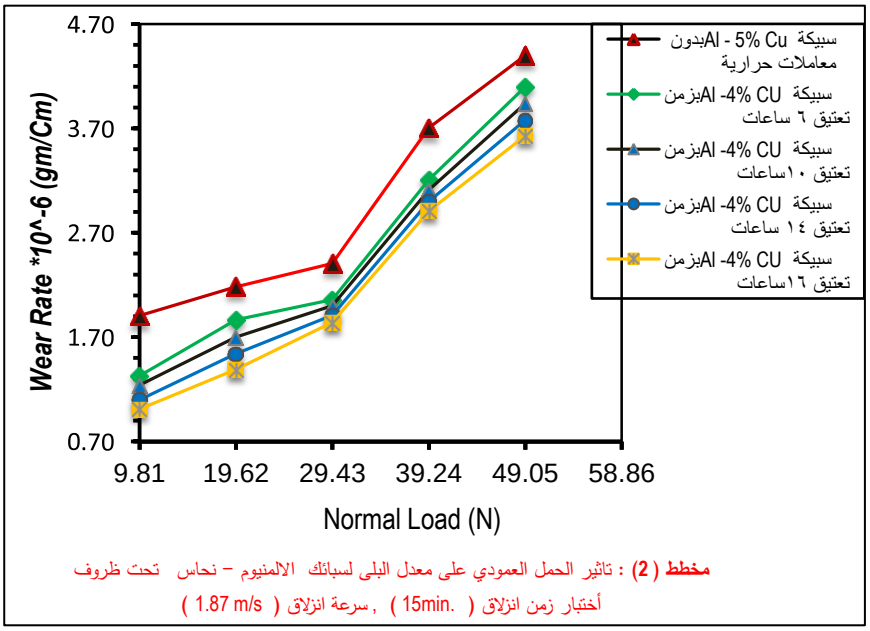
تمت خلال هذه المرحلة من البحث دراسة تأثير الحمل المسلط في معدل البلى لسبائك الألمنيوم Al-4wt%Cu,Al-5.5wt%Cu قبل أجراء المعاملات الحرارية وتم اعتماد قيمة أحمال مختلفة :- (9.81,19.62, 29.43 ,39.24 and 45) N على التوالي وزمن انزلاق 30 min. لعينات الاختبار وهي تدور على قرص من الفولاذ صلادته 35HRC ومن المخططات (1,2,3) نجد أن زيادة الحمل العمودي المسلط يؤدي الى زيادة في معدل البلى ويعود سبب ذلك إلى زيادة قوة الاحتكاك وذلك لان قوة الاحتكاك تتناسب مع القوة الضاغطة بين سطوح التلامس . وبذلك تكون قوة الاحتكاك متناسبة طرديا" مع الحمل العمودي ومعامل الاحتكاك $F=\mu N$ مما يؤدي ذلك الى زيادة درجة حرارة السطحين (العينة والقرص) وبما أن كلا" من سطح العينة والقرص الدوار يتكون من نتؤات وأخاديد وبذلك فان بداية التلامس يحصل في النتؤات الحادة وعند زيادة الحمل العمودي المسلط فان الإجهاد يتركز على منطقة النتؤات الحادة والذي بدوره يؤدي الى حصول تشوه لدن لهذه النتؤات والمنطقة القريبة من السطح فتزداد الحفر نتيجة لتأثير الدقائق الناتجة عن تحطم قشرة السطوح المحتكة وبذلك فان الشقوق الصغيرة سوف تتجمع مع بعضها مؤدية الى إزالة الطبقة السطحية بشكل دقائق رقيقة ولهذا يزداد ألتشوة اللدن مع زيادة مقدار الحمل العمودي مما يؤدي الأخير الى زيادة في معدل البلى لعينات الاختبار .وكذلك يؤدي زيادة الحمل العمودي الى زيادة التشابك بين النتؤات مما يؤدي الى زيادة معامل الاحتكاك على اعتبار أن زيادة التشابك يجعل القوة اللازمة لفك الارتباط كبيرة .وهذا يتطلب قوة قص shear Force عالية ونتيجة لذلك يزداد معامل الاحتكاك الساكن static coefficient of friction عن معامل الاحتكاك الحركي Dynamic Coefficient Of Friction. أما تأثير المعاملات الحرارية المتمثلة في نتائج المرحلة الثانية من البحث والمتمثلة أيضا بإيجاد تأثير الحمل العمودي على عينات ألاختبار لسبائك الألمنيوم – نحاس المذكورة أعلاه بعد أجراء المعاملات الحرارية عليها ويلاحظ أن سلوك البلى للسبيكة الأساس (قبل المعاملات الحرارية) مشابهة لسلوكها بعد أجراء المعاملات الحرارية من حيث انتقال البلى من البلى الطري

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

(Mild Wear) عند الأحمال القليلة الى البلى الانتقالي ثم الى البلى المعدني الشديد severe wear ولكن معدل البلى للسبيكة نفسها بعد أجراء المعاملات الحرارية كان اقل مما هو علية في حالة السبيكة الأساس وعند جميع قيم الأحمال المسلطة وعند ظروف الاختبار نفسها (سرعة وزمن الانزلاق ثابتين) .

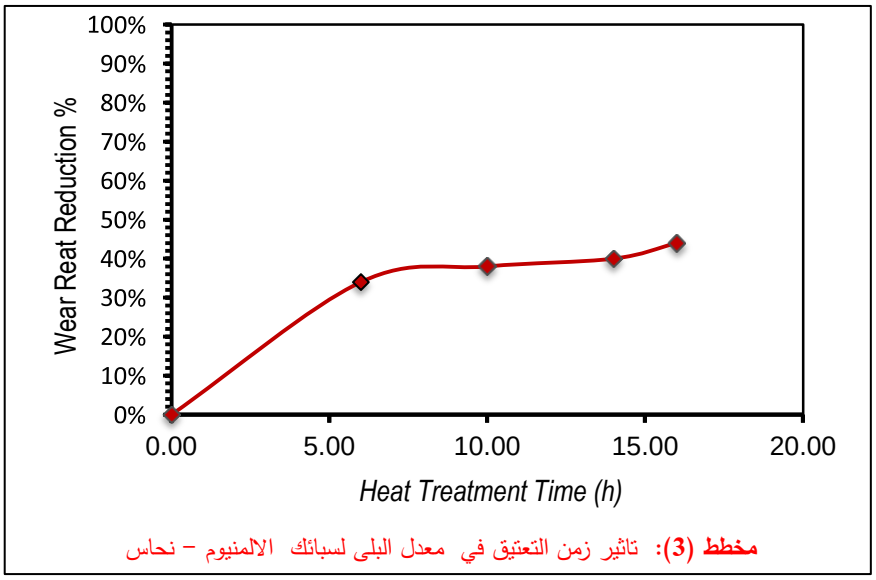
2.5 تأثير المعاملات الحرارية على معدل البلى Effect of Heat Treatment On wear Rate

يتضح من **المخطط (2)** سلوك البلى لسبائك الألمنيوم –نحاس قبل وبعد أجراء المعاملات الحرارية عليها وهي (الاصلاد بالترسيب) عند أزمان تعتيق hour (4,6,10,14).وقد لوحظ أن المعاملات ألحرارية أدت إلى تحسين مقاومة البلى الأنزلاقي الجاف لسبائك وأدت إلى تقليل معدلات البلى بنسب مختلفة وهذه النسب تم تمثيلها في **المخطط** (3) حيث بلغت نسبة التحسين لسبيكة 4wt%Cu بحدود 23% ولسبيكة Al–5wt%Cu بحدود 33% عند مقارنتها مع السبائك الأساس .



مخطط (2) : تاثير الحمل العمودي على معدل البلى لسبائك الالمنيوم – نحاس تحت ظروف أختبار زمن انزلاق (15min.) , سرعة انزلاق (1.87 m/s)

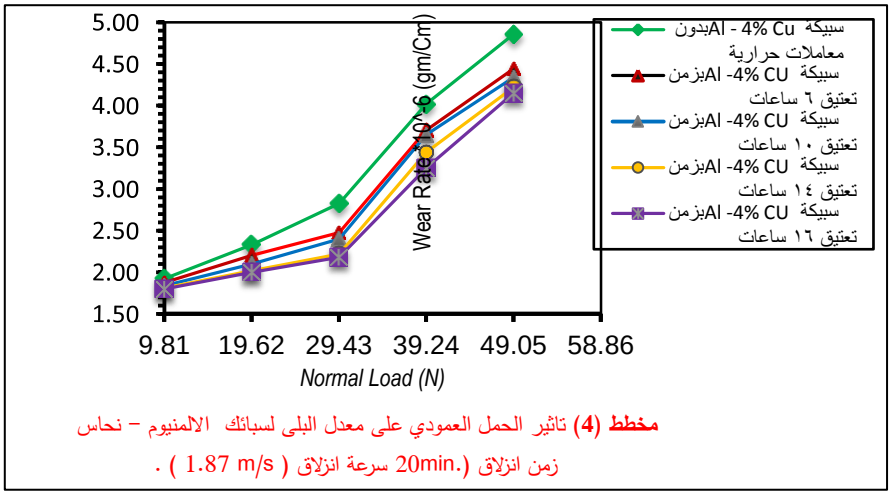
Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849



مخطط (3): تاثير زمن التعتيق في معدل البلى لسبائك الالمنيوم – نحاس

ويعزي سبب ذلك إلى أن آلية التصليد بالمعاملات الحرارية بأزمان التعتيق التي تم ذكرها سابقا" بالإضافة إلى تأثير نسبة النحاس المضافة إلى الألمنيوم النقي أدت إلى تحسين مقاومة البلى للسبائك أعلاه .وهذه النتائج جاءت متطابقة مع نتائج الباحث منى خضير وآخرون [12] .حيث توصلوا في بحثهم" تأثير المعاملات الحراري على الخواص الميكانيكية ومقاومة البلى لمادة ذات أساس ألمنيوم" إلى أن المعاملات الحرارية أدت إلى تحسين مقاومة البلى ألانزلاقي وبنسب 46% و 27.5 لكل من السبيكة الأساس والمادة المركبة المعدنية على التعاقب عند حمل مسلط 20N وزمن انزلاق 20min. وسرعة انزلاق 2.7 m/s

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849



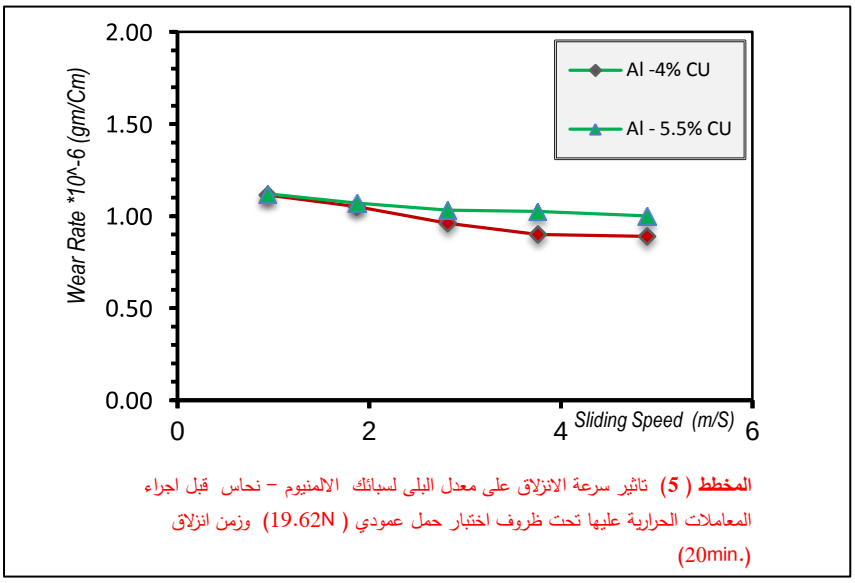
مخطط (4) تاثير الحمل العمودي على معدل البلى لسبائك الالمنيوم – نحاس
زمن انزلاق (.20min سرعة انزلاق (1.87 m/s) .

3.5 نتائج تأثير سرعة الانزلاق على معدل البلى.Effect of sliding speed on wear Rate

تمت في هذه الدراسة بيان تأثير سرعة الانزلاق في معدل البلى لعينات الاختبار قبل وبعد أجراء المعاملات الحرارية عليها . حيث كانت سرعة الانزلاق المستخدمة 3.76 and 4.9 m/s , 2.82 , 1.88 , 0.94 على التوالي وكانت مدة الاختبار 20 min. لكل اختبار وتحت تأثير حمل عمودي ثابت عند انزلاق عينات الاختبار على قرص من الفولاذ بصلادة 35HRC يتبين من **المخططات (5,6,7)**.أن سرعة الانزلاق تسبب حصول تغيرات كبيرة في عملية البلى مع الحمل المسلط ودرجة حرارة المحيط والضغط الجوي ،حيث أن تلك العوامل ممكن أن تعمل على تغير مدى درجات الحرارة الناتجة عن سرعة الانزلاق .يلاحظ من **المخطط (5)** أن معدل البلى للسبائك يقل مع زيادة سرعة الانزلاق ويعزي سبب ذلك الى أن تسرب الحرارة خلال معدن العينة والقرص يكون عند السرع النزلاقية العالية أقل مما علية في السرع النزلاقية الواطئة ، مما ينتج عن ذلك ارتفاع درجة حرارة سطح التلامس عند السرع العالية وزيادة قابلية السطوح المنزلقة على التفاعل مع الرطوبة والهواء الجوي . حيث تتكون طبقة من الاوكسيد على سطح التلامس تعمل على تقليل حصول الاتصال المعدني المباشر مابين السطحين المنزلقين مؤديا الى خفض وتقليل معدلات البلى . يلاحظ من المخططات أعلاه أيضا بان معدل البلى يزداد الى أقصى قيمة له عند السرعة (0.94 m/s) ويعزي سبب ذلك ان درجات الحرارة اللحظية تكون عالية عند

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

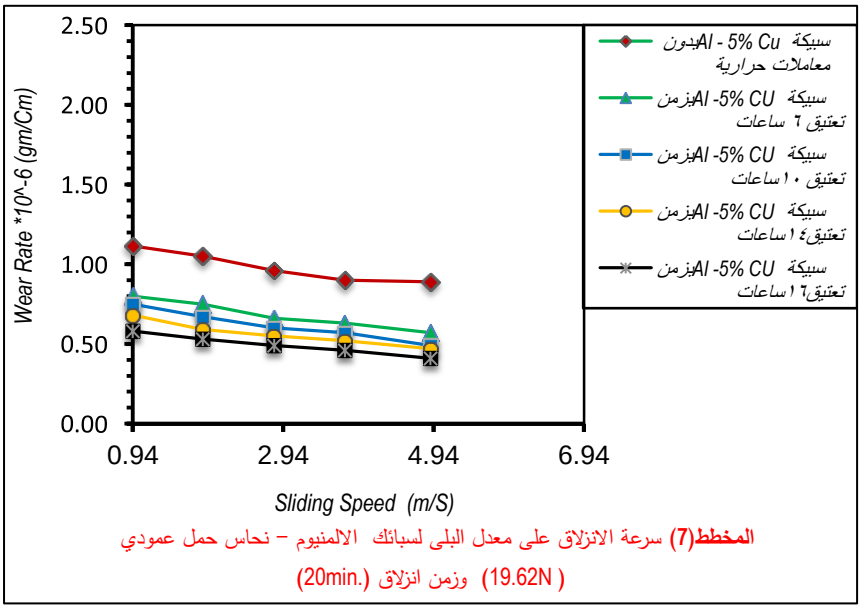
هذه السرعة ألأنزلاقية الواطئة وكذلك عند السرع الأنزلاقية المنخفضة احتمالية حصول عملية الاكسدة تكون قليلة ينتج عن ذلك معدلات بلى عالية بسبب حصول اتصال معدني مباشر مابين سطح العينة والقرص الدوار وتوليد حطام البلى المعدن



المخطط (5) تاثير سرعة الانزلاق على معدل البلى لسبائك الالمنيوم – نحاس قبل اجراء المعاملات الحرارية عليها تحت ظروف اختبار حمل عمودي (19.62N) وزمن انزلاق (20min.)

المخطط (6) تاثير سرعة الانزلاق على معدل البلى لسبيكة الالمنيوم - نحاس بعد اجراء المعاملات الحرارية تحت ظروف أختبار حمل (19.62N) وزمن انزلاق (20min.)

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

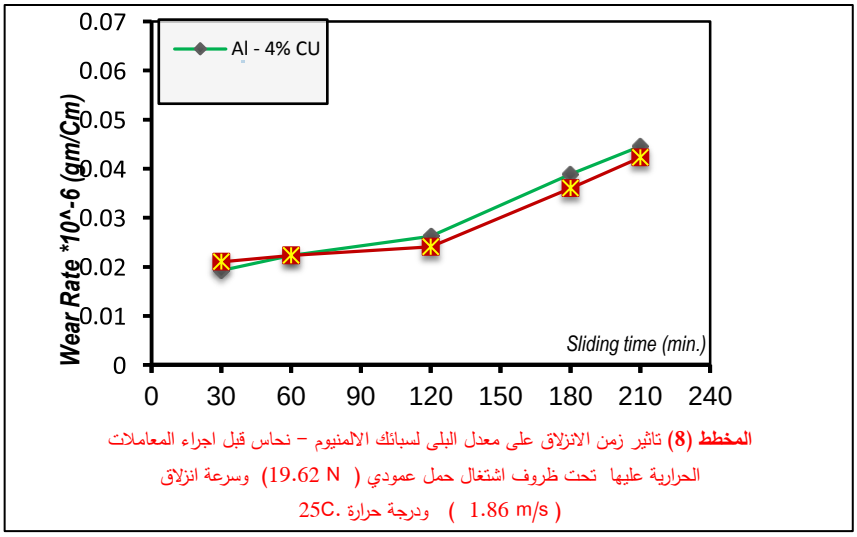


المخطط(7) سرعة الانزلاق على معدل البلى لسبائك الالمنيوم – نحاس حمل عمودي (19.62N) وزمن انزلاق (20min.)

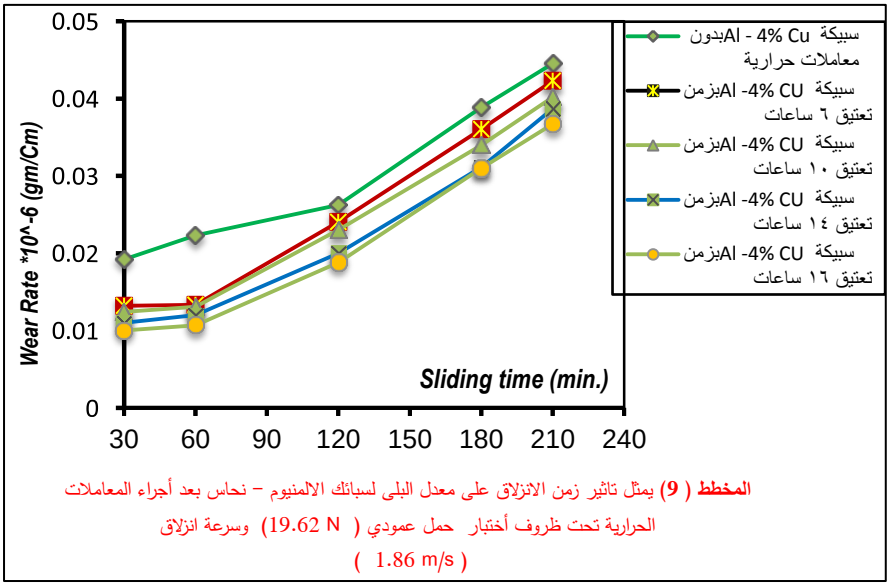
4.5 تأثير زمن ألانزلاق على معدل البلىEffect of Sliding Time on wear Rate

تمثل **المخططات (8,9,10)** العلاقة بين فترات الانزلاق ومعدلات البلى ألانزلاقي الجاف لسبائك الألمنيوم – نحاس عند تسليط حمل (19.62N) وسرعة انزلاق 2.86 m/s وصلادة القرص الدوار 35HRC .يمكن ملاحظة أن معدل البلى يزداد باستمرار مع زيادة زمن الانزلاق ولكن معدل البلى لسبائك بعد أجراء المعاملات الحرارية تكون أقل من سبائك الأساس . وهذا يعزى إلى أن المعاملات الحرارية أدت إلى زيادة الصلادة لعينات الاختبار مما تؤدي إلى تقليل التماس للسطح الفاصل بين العينة والقرص الدوار أي تقليل مناطق (Metal to Metal contact Zoon) . مما يؤدي إلى توسيع منطقة البلى ألطري وتقليص منطقة البلى الشديد أي جعل سلوك البلى ألطري هو البلى السائد بين العينات أثناء انزلاقها على القرص الدوار . وقد أكدت هذه النتائج الباحث د.منى خضير واخرون [12] حيث توصلا الى أن وجود دقائق كاربيد السلكون Sic في زيادة صلادة وتقوية الأرضية لسبيكة الألمنيوم وتكون ذات صلادة أعلى من الأرضية مما تعمل على مقاومة الحمل المسلط عليها وكذلك تقليل من نقاط التلامس بين السطحين .

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849



المخطط (8) تاثير زمن الانزلاق على معدل البلى لسبائك الالمنيوم – نحاس قبل اجراء المعاملات الحرارية عليها تحت ظروف اشتغال حمل عمودي (19.62 N) وسرعة انزلاق (1.86 m/s) ودرجة حرارة 25C.

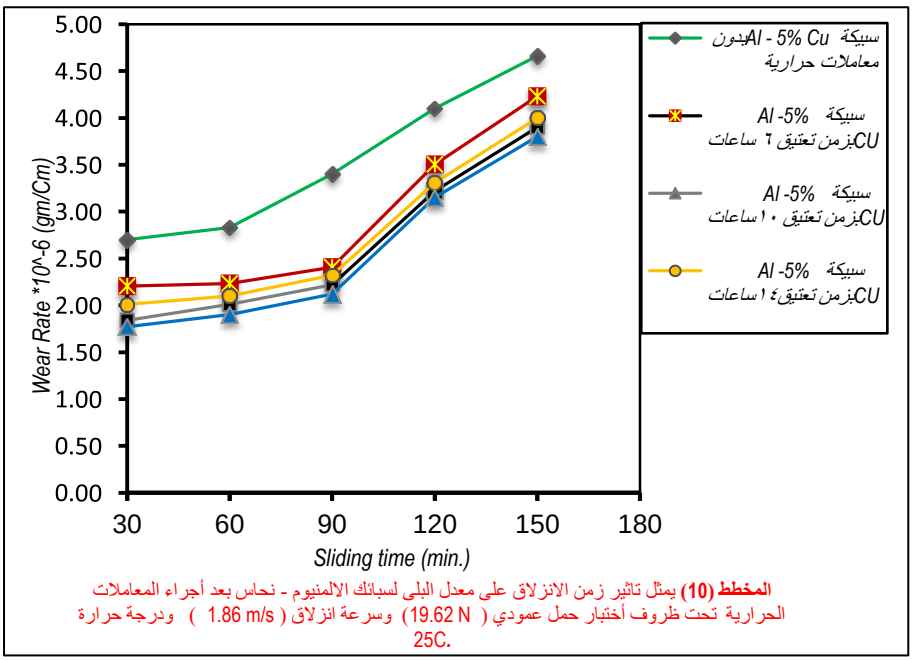


المخطط (9) يمثل تاثير زمن الانزلاق على معدل البلى لسبائك الالمنيوم – نحاس بعد أجراء المعاملات الحرارية تحت ظروف أختبار حمل عمودي (19.62 N) وسرعة انزلاق (1.86 m/s)

ويلاحظ **من المخطط(8)** . أن معدل البلى يزداد بشكل فجائي بعد مرور 120 min وحمل عمودي (19.62N) بالنسبة لسبائك الأساس وذلك بسبب حدوث ظاهرة التشكيل الدن و التصليد ألانفعالي في ألطبقات السطحية وهذا بدوره يؤدي إلى

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

حدوث تشققات طولية وعرضية وأضافه إلى ذلك يتم تكوين حفر وخطوط بلى وأخاديد طولية وعرضية عميقة مما ينتج فقدان كبير في المعدن وهذا بدورة يزيد من معدل البلى . أما نتائج المرحلة الثانية لهذا البحث والتي تضمنت دراسة تأثير فترات الانزلاق على معدلات البلى للسبائك بعد أجراء المعاملات الحرارية عليها فان الزيادة في معدل البلى مع زمن الانزلاق تكون تدريجية وبمقدار أقل بكثير عند مقارنتها مع السبائك الأساس وهذا ما تمثله **المخططات (9,10)** وكذلك يبين **المخطط (3)** بان المعاملات الحرارية أدت إلى تقليل في معدل البلى لسبائك المعاملة حراريا" بمقدار 23% بالنسبة لسبيكة Al–4wt%Cu و بحدود 33% لسبيكة Al–5wt%Cu عند مقارنتها مع السبيكة الأساس.



المخطط (10) يمثل تاثير زمن الانزلاق على معدل البلى لسبائك الالمنيوم - نحاس بعد أجراء المعاملات الحرارية تحت ظروف أختبار حمل عمودي (19.62 N) وسرعة انزلاق (1.86 m/s) ودرجة حرارة 25C.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

6-الاستنتاجات Conclusions

أن الاستنتاجات التي تم التوصل أليها من خلال المراحل العملية لهذا البحث والمتمثلة بدراسة تأثير ألمعاملات الحرارية على معدل البلى لسبيكة ألمنيوم – نحاس وبالتركيب Al-5.5%Cu,Al-4%Cu.

1- تزداد مقاومة البلى ألانزلاقي الجاف لسبائك الألمنيوم – نحاس Al-5.5%Cu,Al-4%Cu بعد معاملتها حراريا" بأزمان تعتيق مختلفة .

2-بينت نتائج الاختبار أن أفضل مقاومة بلى كانت عند زمن زمن تعتيق 10 ساعات وبلغت نسبة التحسين 43% في حالة الحمل العمودي و 37% في حالة التغير في سرعة الانزلاق .

3-أن معدل البلى ألانزلاقي الجاف يتغير مع سرعة الانزلاق حيث يكون ذا قيمة عالية عند السرعة الانزلاقية المنخفضة نسبيا" .

References

[1]-L.F.Mondofo ,Aluminum Alloys Structure and Properties.2nd edit.Butter Worths London, 1976

[2]-S.C. Davi ,Aluminum Casting Technology . 1st edit. American Founarymens Society 1993.

[3]- W. Bolten , Engineering Material Technology. 3rd edition. Butter Worths London,1998

[4]-D.H.Xido , J.N. wang , S.P. chen , D.Y. Ding , Effect of Cu content on the mechanical Properties of Al-Cu-Mg-Ag Alloy .shanghai Jiao Tong University.1990

[5]- منذر محمد راضي وأسيل احمد ، تأثير إضافة عنصر النيكل على مسبوكات ألألمنيوم – نحاس قبل وبعد المعاملة الحرارية . مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ,28العدد5.(2010)،46- 52 ص

[6] -علي النخلاني ومحمد عبد الحفظ ، تقسية الألمنيوم . مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية .المجلد(22) .العدد الثاني .(2006).

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 9, Issue 2, June 2014, p.p (79-100)
ISSN 1992 - 0849

[7]–منى خضير عباس، مكارم حازم، ذكرى مهدي، تأثير إضافة الرصاص والقصدير على سلوك البلى الانزلاقي لسبيكة البراص الفا ,(70/30). مجلة الهندسة و التكنولوجيا، المجلد 27العدد(2009)7.

[8]– عقيل ظاهر صبحي،دراسة الاحتكاك والبلى لسبائك الألمنيوم – سليكون . مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 26 العدد 3 ،(2008)، .

[9]– ضياء محمد صلال ،دراسة تأثير درجة الحرارة المتولدة عن الاحتكاك على خصائص ومميزات البلى ألانزلاقي الجاف لحديد الزهر ذي الكرافيت الكروي "الموتمر العلمي الهندسي الأول –كلية الهندسة–جامعة ديالى ،الصفحات 43–54 .

[10]– منى خضير عباس، تأثير القذف بالكرات الفولاذية على مقاومة الكلال لوصلات لحام من الفولاذ منخفض الكاربون . مجلة الهندسة و التكنولوجيا، المجلد 27 ، العدد 7، (2009)، pp95–109

[11]– فاديه محمد جاسم الجنابي ، بناء برنامج تعليمي لدراسة ظاهرة البلى في المعادن" ، أطروحة ماجستير ، الجامعة التكنولوجية ، بغداد. ، (1999).

[12] – منى خضير عباس ، أيمان خليل إبراهيم ، تأثير المعاملات الحرارية على الخواص الميكانيكية ومقاومة البلى لمادة مركبة ذات أساس ألمنيوم . مجلة الهندسة والتكنولوجيا ،المجلد 26،العدد 12 ،(2011) .

المؤلف

عادل محمود باش : حاصل على شهادة البكلوريوس من الجامعة التكنلوجية علم 1991في الهندسة الميكانيكية وحصل على شهادة الماجستير في الميكانيك التطبيقي ونشر العديد من البحوث في اختصاص الميكانيك التطبيقي وشارك في مؤتمرات علمية خرج وداخل القطر وهو حاليا تدريسي في جامعة تكريت كلية الهندسة قسم الهندسة الميكانيكية ودرس العديد من المواد العلمية.