Study of the Effect of the Binder on the Wear of Locally Manufactured Grinding Wheels

Dr. Ahmad Salamah *
Dr. Hadi Moualla**
Marwa Ali Alrhayyah***

(Received 23 / 10 / 2022. Accepted 9 / 3 / 2023)

□ ABSTRACT □

In this paper, the effect of resinous organic binders (Novolac, Novolac + Rezol, Rezol) on the wear properties of locally manufactured grinding wheels was studied. Where this wheels were manufactured using the used binders. The results of the tests showed an effect of the type of the binder, especially on the amount of weight loss. The best results were obtained in the grinding wheels manufactured using the resinous organic binder (Novolac + Rezol).

Keywords: Grinding Wheels, Binders, Novolac, Rezol, Wear.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Associate Professor, Department of Design and Production Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria, Email: salamahahmad@gmail.com
**Assistant Professor - Design and Production Department – Mechanical and Electrical Faculty – Tishreen University – Lattakia – Syria. hadimaala@gmail.com
***Postgraduate student(Master), Department of Design and Production Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria, Email: marwa.alrhayyah@tishreen.edu.sy.

دراسة تأثير المادة الرابطة على اهتراء أقراص الجلخ المصنعة محلياً

د. أحمد سلامة*

د. هادي معلا **

مروه علي الرحيه***

(تاريخ الإيداع 23 / 10 / 2022. قُبِل للنشر في 9/ 3 / 2023)

□ ملخّص □

تم في هذا البحث دراسة تأثير المواد الرابطة العضوية الراتنجية (نوفولاك، نوفولاك+ريزول، ريزول) على خواص الاهتراء، لأقراص الجلخ المصنعة محلياً. حيث تم تصنيع أقراص جلخ باستخدام المواد الرابطة المستخدمة. أظهرت نتائج الاختبارات وجود تأثير لنوع المادة الرابطة ولاسيما على مقدار الفقد الوزني، حيث تم الحصول على أفضل النتائج في أقراص الجلخ المصنعة باستخدام المادة الرابطة العضوية الراتنجية (نوفولاك+ريزول).

الكلمات المفتاحية: أقراص الجلخ، المواد الرابطة، نوفولاك، ريزول، الاهتراء.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* أستاذ مساعد- قسم هندسة التصميم والإنتاج- كمية الهندسة الميكانيكية والكيربائية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية- إيميل salamahahmad@gmail.com

**مدرس – قسم هندسة التصميم والإنتاج قسم-كمية الهندسة الميكانيكية والكيربائية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية. hadimaala@gmail.com

***طالبة دراسات عليا (ماجستير)-قسم هندسة التصميم والإنتاج- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية إيميل marwa.alrhayyah@tishreen.edu.sy

مقدمة:

يعود مفهوم عملية الجلخ إلى عدة قرون ،منذ أن اكتشف الإنسان لأول مرة أنه بإمكانه تشكيل وشحذ أدواته، عن طريق حكها ببعض الأحجار، أو فركها بالرمل عدة مرات.

تعتبر عملية الجلخ إحدى الطرق الإنتاجية لتشغيل أسطح مختلفة بإزالة الرايش ، وهي عملية تشغيل بالقطع، يتم فيها إزالة المادة بواسطة حبيبات حاكة، موجودة ضمن قرص الجلخ، ومترابطة مع بعضها بواسطة المادة الرابطة.

يتم استخدام عملية الجلخ لإنهاء المشغولات، التي تتطلب نوعية (جودة) سطح عالية و دقة عالية في الشكل و الأبعاد.

يعتبر قرص الجلخ العنصر الأساسي في عملية الجلخ و يتكون من 4 عناصر رئيسية وهي الحبيبات الحاكة، المادة الرابطة، المسام ، والإضافات.

حيث أن الحبيبات الحاكة تتوضع في القرص بدون أي نظام، وتتماسك فيما بينها بواسطة المادة الرابطة.

أما المسام وظيفتها السماح بخروج الرايش الناتج عن عملية القطع ،ونفاذ زيوت التشحيم والتبريد ووصولها إلى الحبيبات الحاكة، مما يوفر التوصيل الحراري المناسب ،توفير مقاومة الصدمات الحرارية والمقاومة الكيميائية لسائل تشغيل المعادن.

الإضافات هي مواد تضاف إلى بنية قرص الجلخ، وهي عادة مواد غير عضوية ،من أهم وظائفها تحسين الترابط والالتصاق بين الحبيبات الحاكة والمادة الرابطة، حماية الحبيبات الحاكة من العوامل المحيطة الضارة الموجودة في الفرن أثناء الحرق ، و تبريد قرص الجلخ أثناء العمل.

أهمية البحث وأهدافه:

1- هدف البحث:

إن الهدف الأساسي للبحث هو النقاط التالية:

- تصنيع عينات على شكل أقراص جلخ بمواد رابطة عضوية راتنجية مختلفة.
- دراسة تأثير نوع المادة الرابطة على اهتراء أقراص الجلخ المصنعة.
- تحديد الخصائص الترايبولوجية لأقراص الجلخ بناءً على نتائج اختبار الاهتراء.

2- أهمية البحث:

تحديد أفضل المواد الرابطة الداخلة في تركيب أقراص الجلخ والتي تمنحه أفضل الخواص الميكانيكية و الترايبولوجية، من حيث مقاومتها للاهتراء ليصار الى استخدامها في تصنيع أقراص الجلخ المراد تصنيعيها محليا.

3- الدراسات المرجعية:

قام Hussein Talab و Marwa Marza عام 2017 بتصنيع أقراص جلخ باستخدام مواد حاكة مختلفة(كربيد السيليكون، أكسيد الألمنيوم) و دراسة تأثير نسبة المادة الرابطة الزجاجية على الخصائص الميكانيكية(الصلادة، إجهاد الانحناء، و إجهاد الضغط) و الخصائص الفيزيائية(الكثافة ، و المسامية) و الخصائص الترايبولوجية (معدل الاهتراء) لأقراص الجلخ المصنعة.حيث تم اختيار أفضل نسبة من المادة الرابطة تكون عندها خصائص أقراص الجلخ هي الأفضل .

قام Luiz Dare Neto و Leonardo da Silva عام2003بمراجعة للبحوث التي أجريت على أقراص الجلخ CBN (المادة الحاكة نتريد البورون المكعب) بهدف تحديد أحدث التقنيات المتبعة في تصنيع المواد الحاكة والعمل كأساس للأبحاث المستقبلية والاختبارات المعملية.

تم تقديم نتائج تجريبية أكثر موثوقية حول سلامة سطح المواد الهشة، وتم الحصول على هذه النتائج من اختبارات الجلخ في العديد من ظروف عملية الجلخ خلال عمر خدمة القرص، باستخدام أقراص الجلخ المصنعة باستخدام المادة الحاكة(ألومينا، CBN) و المادة الرابطة (زجاجية، راتنجية).

أشارت قيم تحليل الاهتراء إلى الأداء المميز لقرص الجلخ CBN ذو المادة الرابطة الزجاجية عند مقارنته بقرص الجلخ ذو المادة الرابطة الراتنجية.

قام leire Godino و Jose Antonio و آخرون عام 2018 بتصميم أداة لقياس الاهتراء تثبت على قرص الجلخ لدراسة سلوك الحبيبات الحاكة في عملية الجلخ.

تم في هذه المقالة اعتماد تصميم pin–on–disc Tribometer في آلة جلخ CNC(تحكم رقمي آلي)، حيث تم دراسة قرص الجلخ المصنع باستخدام نوعين من المادة الحاكة (ألومينا)، أظهرت النتائج أن سلوك اهتراء الحبيبات الحاكة يتأثر بشدة بالبنية البلورية لها.و أظهرت هذه الأداة أنها أداة جيدة جداً في توصيف آليات اهتراء أقراص الجلخ بالاعتماد على الحبيبات الحاكة.

تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

- يتم فرض شروط الاتصال(التلامس) في الجلخ و التحكم فيها بدقة في الاختبارات التي يتم إجراؤها باستخدام أداة Tribometer بهدف التمييز بين سلوك الاهتراء لنوعين من البنية البلورية للألومينا، SG و WFA.
- نظراً للظروف الصعبة في التماس و مساحة منطقة الدبوس(pin) الصغيرة فإن القوى النظرية لا تتحقق و تأثير الضغط الهوائي المفروض لا يكاد يذكر.فقط يؤخذ تأثير سرعة الانزلاق بالاعتبار على نتائج الاختبار.
- تؤدي سرعة الانزلاق المنخفضة إلى قوى تلامس أعلى بغض النظر عن مادة الألومينا الواردة في البحث، نستنتج أن سرعة القطع الأعلى تعني ضغط اتصال حقيقي أقل على الحبيبات الحاكة.
- بالنسبة لنطاق سرعة الانزلاق المدروس [m/s] 30–20 لا يوجد تأثير كبير على اهتراء الحبيبات الحاكة ومع ذلك فإن تأثير البنية البلورية للحبيبات الحاكة يمكن إدراكه على كل من عمق الاهتراء و ظهور السطح المهترئ.

قام Barbara Linke عام 2016 بتصنيع أدوات بأنظمة ربط مختلفة و مناقشة مكوناتها.

علاوة على ذلك يتم أخذ البعد البيئي و الاجتماعي لإنتاج الأدوات و استخدامها بعين الاعتبار لفهم قضايا استدامة أنواع الربط المختلفة. حيث مراجعة تصنيع الأدوات ضرورية لتقييم دورة حياة أو تحليلات استدامة الجلخ أو الشحذ.

وتم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

- تعتمد دورة حياة أدوات الجلخ إلى حد كبير على نوع المادة الرابطة.
- تمتلك الروابط الراتنجية، الزجاجية، و المعدنية خطوات معالجة مشتركة مثل الخلط، القولبة، الضغط، المعالجة الحرارية ،و المعالجة اللاحقة، و لكن يختلف زمن التصنيع و تكاليف المكونات بشكل كبير.

توفر هذه المقالة نظرة شاملة على مختلف أنظمة الربط و عمليات تصنيع الأدوات باستخدام هذه المواد الرابطة، و أكدت على أهمية دمج تكاليف دورة حياة أدوات الجلخ في الدراسات المستقبلية مع تقييمات دورة الحياة الاجتماعية و البيئية.

قام D.M.Kennedy و M.S.J.Hashmi عام 1998بالبحث في طرق تقييم مقاومة الاهتراء للمواد المغلفة(Coated Materials) و غير المغلفة. تمت مناقشة معدات اختبارات الاهتراء الديناميكي و الصدم و الاهتراء الانزلاقي.
إحدى طرق اختبار الاهتراء التي تمت مناقشتها هي Pin–On–Disc حيث ذكر المؤلفون أن هذه الطريقة هي الأكثر استخداماً في اختبار الاهتراء يتبعها Pin–On–Flat.تشمل التطبيقات الأخرى لاختبار الاهتراء Pin–On–Disc خصائص اهتراء المواد و الاحتكاك في درجات حرارة مرتفعة.
الاستنتاجات:
– إذا تم إجراء اختبارات الاهتراء بدرجة عالية من محاكاة حالة الخدمة، يمكن استخدام النتائج بثقة كبيرة في اختيار أفضل نظام طلاء مقاوم للاهتراء.
– كل اختبار اهتراء سواء كان للمواد السائبة، أو الأغلفة يمكن أن يكون معقد بسبب مشاكل المعدات و إجراءات الاختبار و تحضير العينة و التفسير الخاطئ لمعلومات الاختبار.
– تتطلب الأغلفة الرقيقة عناية أكبر في اختبارات الاهتراء من أجل تجنب الاختراق مما يتطلب حمولات أخف و فترات اختبار أقل.
– تؤثر خشونة السطح أيضاً على الأداء الترايبولوجي للنظام الميكانيكي، حيث كلما كان السطح أكثر خشونة انخفض التصاق الغلاف.
– إذا حدث تشوه لدن كبير للمواد في اختبار الاهتراء فقد يؤدي استخدام الفاقد الوزني إلى نتائج مختلفة في حال استخدام الفاقد الحجمي.
قام الباحثان عبد الرحيم كاظم عبد و أسيل هادي حمزة عام 2015بدراسة و تصنيع أقراص جلخ باستخدام المادة الحاكة(كربيد السيليكون) و بحجم حبيبي(270 µm) و باستعمال مادة رابطة من مخلفات الزجاج المستخدم في صناعة شمعات الفلورسنت حيث تم إضافة المادة الرابطة بنسب مختلفة(10,15,20,25%) ثم تم مزج الخليط لمدة ساعتين بعد ذلك تم كبس النماذج بضغط 119 MPa باستعمال قوالب مصنوعة من الفولاذ السبائكي و أجريت على الأقراص المصنعة اختبارات فيزيائية(مسامية ظاهرية، و امتصاصية الماء) و كذلك تم إجراء الاختبارات الميكانيكية(الصلادة، مقاومة الانضغاط، و مقاومة الاهتراء).
حيث تم إجراء اختبار الاهتراء باستخدام طريقة Pin–On–Disc بدون استعمال سائل تبريد.
الطريقة المستخدمة هي تسجيل وزن العينة قبل الاختبار(أبعاد العينة10Ø x20)ثم تم وضعها في جهاز اختبار الاهتراء و مدة الاختبار لكل عينة هي 30 min تراكمية بحيث يؤخذ الوزن لكل 10 min.
حيث تم ملاحظة انخفاض معدل الاهتراء مع زيادة نسبة المادة الرابطة وهذا يعود للترابط الجيد الذي تحققه المادة الرابطة بين الحبيبات الحاكة.

طرائق البحث و مواده:

تم تصنيع عينات أقراص الجلخ باستخدام المواد التالية:
a) **المادة الحاكة:** أكسيد الألمنيوم وهو أحد أكثر المواد الحاكة استخداماً في أقراص الجلخ المستخدمة في جلخ معظم أنواع الفولاذ والسبائك الحديدية الأخرى. يشتهر بقساوته و قوته الفائقة ، والجدول (1) يوضح الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية لأكسيد الألمنيوم.

الجدول (1) يوضح الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية لأكسيد الألمنيوم:

الخواص الفيزيائية	
الكثافة Density	$3.8\ [g/cm^3]$
امتصاص الماء water absorption	0%
الخواص الميكانيكية	
القساوة Hardness	1365 HV
قوة الشد Tensile strength	200 Mpa
معامل المرونة Modulus of Elasticity	300 Gpa
قوة الانحناء Flexural Strength	320 Mpa
قوة الضغط Compressive Strength	2400 Mpa
معامل القص Shear Modulus	130 Gpa

الشكل (1) أكسيد الألمنيوم

b) المادة الرابطة:

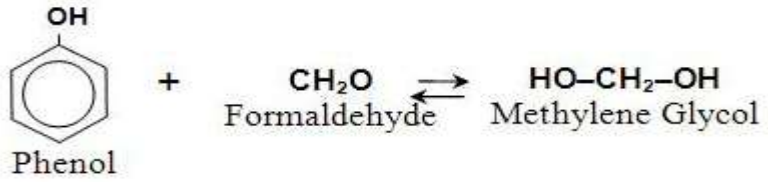
تم استخدام 3 أنواع من المادة الرابطة العضوية الراتنجية (نوفولاك–ريزول–نوفولاك+ريزول)، وجميعها تنتمي لعائلة راتنجات الفينول–فورمالديهيد Phenol–Formaldehyde، وهي عبارة عن بوليميرات صناعية اخترعها الدكتور Dr.Leo Baekeland عام1907 و تعد من أقدم البوليميرات الصناعية المتصلدة بالحرارة، يتم الحصول عليها من خلال تفاعل الفينول مع الفورمالديهيد، والذي يتم بوجود محفز حمض أو أساس وذلك تبعاً لنوع الراتنج المراد إنتاجه. الصيغة الكيميائية لراتنج الفينول فورمالديهيد هي $C_8H_6O_2$.

الفينول: مادة صلبة عديمة اللون ولكن عند التعرض للأكسدة في الهواء تتلون باللون الوردي ثم البني، لها رائحة قوية، وهي محدودة الذوبان في الماء و قليلة الحموضة. يمكن العثور عليها بشكل طبيعي نتيجة تحلل المخلفات الحيوانية و النباتية ومواد عضوية أخرى.

يستخدم الفينول على نطاق واسع في تصنيع المواد البلاستيكية و تركيب النايلون، وفي المجال الطبي صناعة المطهرات و المراهم و المخدرات الموضعية و المستحضرات الصيدلانية.

الفورمالديهيد: مركب عضوي غير مستقر كيميائياً ،غاز عديم اللون يمكن ذوبانه في الماء بكميات كبيرة، يستخدم غالباً في صنع الطلاءات و المتفجرات إضافة للمواد الكيميائية و البوليميرات.

يحدث التفاعل بين الفينول و الفورمالديهيد وفق المعادلة التالية:



و ينتج عن هذا التفاعل نوعين من البوليميرات: النوفولاك و الريزول.

- النوفولاك: راتنجات النوفولاك هي بوليميرات صناعية يتم الحصول عليها من خلال تفاعل الفينول مع الفورمالديهيد ،المحفز الحمضي والزيادة المولية من الفينول إلى الفورمالديهيد هي شروط تستخدم لصنع راتنجات النوفولاك. يتم تحويلها كيميائياً من بوليميرات متلدنة حرارياً Thermoplastic polymer إلى بوليميرات متصلدة بالحرارة Thermoset polymer بإضافة مقسي له وهو الهيكساميتيلين تيترا أمين (HMTA) .

يوجد النوفولاك بحالة صلبة في درجة حرارة الغرفة كما هو مبين في الشكل (2)، تنعم و تتدفق عند درجة حرارة ْ 65−105 c متوسط الوزن الجزيئي $M_n = 250 - 900$ ،راتنجات النوفولاك قابلة للذوبان في العديد من المذيبات العضوية القطبية(مثل الكحول و الأسيتون) ولكن ليس في الماء.

الشكل(2) النوفولاك

- الريزول: راتنجات الريزول هي بوليميرات صناعية يتم الحصول عليها من تفاعل الفينول مع الفورمالديهيد، المحفز الأساس والزيادة المولية من الفورمالديهيد إلى الفينول هي شروط تستخدم لصنع هذه الراتنجات. لايوجد حاجة لإضافة المقسي (HMTA) ، يحتاج فقط لمعالجة حرارية.

يوجد الريزول بحالة سائلة في درجة حرارة الغرفة كما هو مبين في الشكل(3)، متوسط الوزن الجزيئي $M_n = 200 - 450$عادة ماتكون قابلة للذوبان في الماء بدرجة معينة.

الشكل(3) الريزول

- تم دمج النوفولاك مع الريزول للحصول على مادة رابطة عضوية راتنجية جديدة ،والمقارنة بين المواد الثلاثة.

فيما يلي أهم الاختلافات بين راتنجي النوفولاك و الريزول:

1- يتم إنتاج النوفولاك باستخدام الفينول الزائد و محفز حمض أو ملح معدني، بينما ينتج الريزول باستخدام فائض من الفورمالديهيد ومحفز أساس.

2- يوجد النوفولاك غالباً بحالة صلبة، بينما الريزول يوجد بشكل محلول، باستخدام الماء أو الكحول المناسب كمذيب.

3- النوفولاك ليس ذاتي المعالجة بل يتطلب عامل معالجة إضافي ،بينما الريزول قابل للمعالجة الذاتية بدون محفز إضافي.

4- يتمتع النوفولاك بعمر افتراضي طويل، في حين أن الريزول له مدة صلاحية محدودة.

تتميز الأجزاء المشكلة بالصب(المقولبة) من هذه الراتنجات بقابلية تشغيل آلي، وخفيفة الوزن، كما تتميز بمقاومة جيدة للتآكل ودرجات الحرارة حتى ° c 300–350 وهي معروفة باستقرار أبعادها و مقاومتها العالية للزحف في درجات الحرارة المرتفعة وامتصاص منخفض للرطوبة وقوة عزل عالية وخاصية ممتازة من السعر للأداء و الجدول (2) يوضح بعض خصائص راتنجات الفينول فورمالديهيد :

الجدول(2) خصائص راتنجات الفينول فورمالديهيد

الاستقرار و الثبات	قاسي وصلب، استقرار جيد بالأبعاد
القوة	قصف وهش في المقاطع قليلة السماكة، مقاومة صدم منخفضة، متانة ممتازة
كفاءة القولبة	سهل القولبة و التشكيل
الاحتفاظ بالخصائص	يحتفظ بخصائصه عند درجات التجمد
اللون	يمكن أن تكون شفافة او ملونة
الخصائص الكهربائية	عازلة جيدة للكهرباء
الخصائص الحرارية	عزل حراري جيد ومقاومة للهب

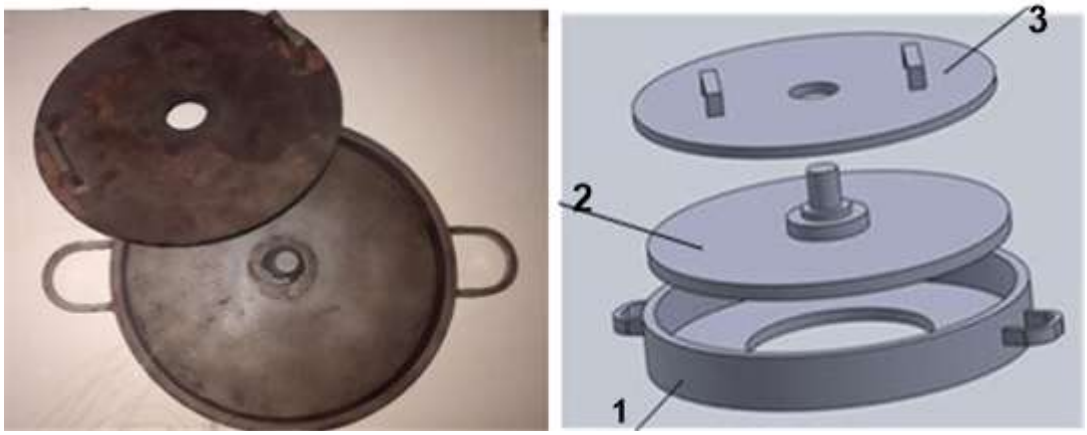
تحضير العينات(أقراص الجلخ):

- تم تصنيع قالب تشكيل قرص الجلخ وفق أبعاد القرص المراد تشكيله ،القطر الداخلي للقالب Ø = 232 [mm] بارتفاع Th = 36 [mm]، يتكون من 3 أجزاء رئيسية:

1- الهيكل الرئيسي للقالب حيث يجب أن يكون ارتفاعه ضعف سماكة قرص الجلخ المطلوب.

2- قاعدة دائرية بقطر القرص المطلوب، في منتصفها دليل بقطر الثقب الموجود في مركز القرص.

3- صفيحة دائرية علوية تمثل غطاء للقالب، بقطر قرص الجلخ المطلوب.



الشكل (4) قالب تشكيل قرص الجلخ

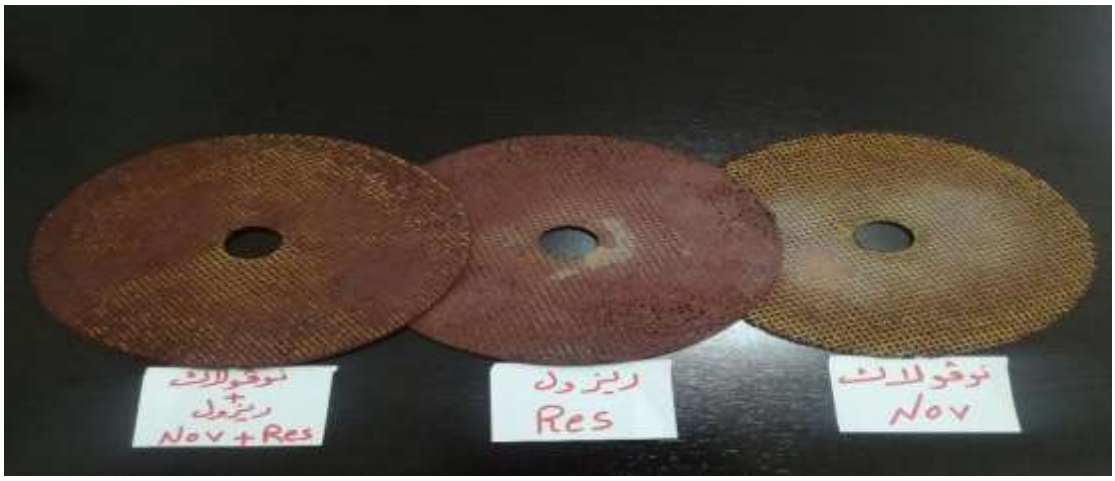
- تم تحضير الخليط المكون لقرص الجلخ وصبه في القالب لتشكيل عينات قرص الجلخ المطلوب، حيث تم تشكيل 3 عينات من كل أقراص جلخ باستخدام مواد رابطة مختلفة وهي:

1- عينات أقرص جلخ حيث المادة الرابطة المستخدمة فيها هي النوفولاك.

2- عينات أقرص جلخ حيث المادة الرابطة المستخدمة فيها هي الريزول.

3- عينات أقرص جلخ حيث المادة الرابطة المستخدمة فيه هي مزيج النوفولاك و الريزول.

يوضح الشكل(5) عينة من كل نوع من أقراص الجلخ المصنعة



الشكل(5) عينة من كل نوع من أقراص الجلخ المصنعة

- بعد صب الخليط في القالب تم تطبيق ضغط على القالب يتراوح بين [$\frac{kg}{cm^2}$] 500→300 لمدة 30→10 [s]باستخدام مكبس هيدروليكي موضح في الشكل (6)حيث يتم ضغط الخليط ليصبح بالشكل النهائي لقرص الجلخ المطلوب.

الشكل (6) المكبس الهيدروليكي

- بعد ذلك تم تطبيق نظام معالجة حرارية باستخدام فرن كهربائي memmert موضح بالشكل (7)الهدف منها إذابة المادة الرابطة حول الحبيبات الحاكة وتحويلها إلى شكل يقاوم الحرارة والمذيبات، التي يتم التعرض لها أثناء عملية الجلخ.

الشكل (7) الفرن الكهربائي

عادة مايتم معالجة الأقراص المصنوعة من مادة رابطة عضوية راتنجية عند درجة حرارة تتراوح بين c° 204→149.

4- القسم التجريبي:

اختبار الاهتراء: Wear Test

لتحديد مقاومة الاهتراء تم اختبار عينات أقراص الجلخ المصنعة في ظروف الاحتكاك الانزلاقي باستخدام جهاز التجليخ و التلميع الموجود في مؤسسة الصناعات التقانية والمبين بالشكل(8) ومبدأ عمله هو احتكاك عينة أسطوانية فولاذية مع قرص الجلخ تحت تأثير حمل P، حيث يدور قرص الجلخ بسرعة انزلاق V (m/s) .

وتم قياس الاهتراء بطريقة الفقد الوزني، حيث تم وزن أقراص الجلخ قبل الاختبار وبعده على ميزان حساس بدقة 0.01g نوع

(CH–Dietikon) والموجود في مؤسسة الصناعات التقانية، كما في الشكل (9)، وقيم الاهتراء تعطى وفق المعادلة:

$$I=\Delta W/S$$

حيث أن:

I: معدل شدة الاهتراء g/cm^2.

ΔW: الضياع في الوزن g.

S: مساحة سطح الاهتراء cm^2 .

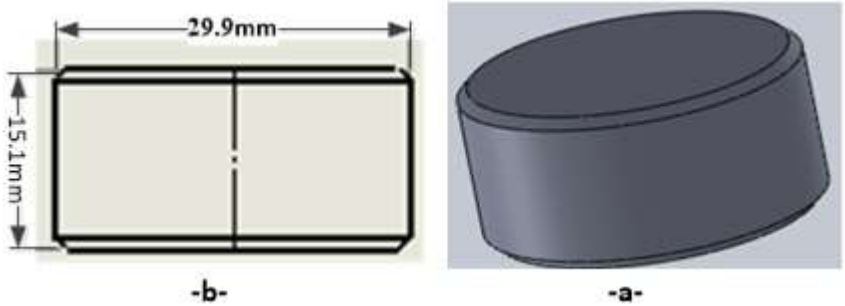
تم حساب مقاومة اهتراء أقراص الجلخ المصنعة كقيمة عكسية لمقدار الفاقد الوزني أي $1/\Delta W$ واحدتها [1/g].

الشكل(8) جهاز التجليخ و التلميع

الشكل(9) الميزان المستخدم في قياس وزن أقراص الجلخ

❖ تحضير العينات المستخدمة في اختبار اهتراء أقراص الجلخ:

تم اختبار اهتراء أقراص الجلخ المصنعة باستخدام عينات فولاذية أسطوانية مصنوعة من المعدن Ck 60 وفق الأبعاد المناسبة للآلة فكانت بقطر [mm] 29.9 و بطول [mm] 15.1 كما هو موضح بالشكل (10)



الشكل(10) عينة اختبار الاهتراء a– منظور عينة الاختبار.b–ابعاد عينة الاختبار

- مواصفات (خصائص) العينات:

• نوع المعدن العينة الفولاذية المستخدمة بالاختبار: Ck 60 فولاذ عالي الكربون وهو غير مقاوم للتآكل ما لم تتم حمايته.يوضح الجدول (3) التركيب الكيميائي للعينة الفولاذية المستخدمة بالاختبار

الجدول (3) التركيب الكيميائي للعينة الفولاذية المستخدمة بالاختبار

العنصر	النسبة المئوية%
كربون C	0.61
سيليكون Si	max 0.40
منغنيز Mn	0.75
كروم Cr	max 0.40
موليبيدينيوم Mo	max 0.10
نيكل Ni	max 0.40
(Cr+Mo+Ni) =max 0.63%	

- التطبيقات:

يستخدم هذا المعدن بشكل شائع في تصنيع المحاور،قضبان التوصيل ،العناصر الهندسية الميكانيكية ،الأدوات الزراعية اليدوية ،المطروقات الكبيرة ،النوابض ،الألواح المدرفلة على البارد.

- الخواص الفيزيائية:
  - معامل المرونة $210x10^3$ $[\frac{N}{mm^2}]$
  - الكثافة $[\frac{g}{cm^3}]$ 7.85
- القساوة: تم تحديد قساوة العينات باستخدام جهاز قياس القساوة Vickers Hardness Tester المبين في الشكل (11) و كانت النتيجة بعد اجراء عدة قياسات وأخذ المتوسط الحسابي لها [Hv] 195.

الشكل (11) جهاز قياس القساوة Vickers Hardness Tester

- طريقة تحضير العينات:

1- قص خامة للعينات بقطر [mm] Ø35 و طول [mm]125 باستخدام منشار هيدروليكي طراز WH360-AE.

2- قص العينات بالأبعاد المطلوبة و عددها 5 بناءً على المخطط التصميمي باستخدام مخرطة يدوية.

3- تدقيق أبعاد العينات في قسم الجودة و التفتيش للتأكد من مطابقة الأبعاد كما هي في المخطط.

❖ جهاز التجليخ و التلميع المستخدم في اختبار اهتراء أقراص الجلخ المصنعة:

يتكون الجهاز بشكل رئيسي من الرأس الحامل للعينات المراد جلخها و قاعدة دوارة يثبت عليها قرص الجلخ المراد اختبار اهترائه. يتم تطبيق قوة تثبيت للعينات بواسطة الهواء المضغوط الذي يتم تأمينه من خلال ضاغط، وكانت هذه القوة تعادل [N] 10 وسطياً لكل عينة.

يتم وضع العينات بمكانها ضمن الصفيحة الدائرية المثبتة بنهاية الرأس الحامل للعينات، مع تطبيق قوة الهواء المضغوط فقط من اللوحة الأمامية. تضبط سرعة دوران القرص وزمن دورانه من اللوحة الأمامية. يهيأ في البداية مفتاح اللوحة الأمامية FORCIMAT الآلي و من ثم جهاز ال FORCIPOL من الأمام، و مع استكمال العملية يتوقف الجهاز عن العمل.

الشكل (12) اللوحة الأمامية FORCIMAT

الشكل (13) جهاز ال FORCIPOL

يتم تركيب قرص الجلخ على القاعدة الدوارة، ومن ثم يوضع الغطاء المناسب وبعدها يتم وضع العينة في مكانها المخصص ومن ثم تثبيت العمود بشدة بشكل جيد. يبين الشكل(14) جهاز التجليخ والتلميع المستخدم في اختبار اهتراء أقراص الجلخ المصنعة، وكانت بارامترات التجربة واحدة لكل أنواع أقراص الجلخ والمتغير الوحيد هو نوع المادة الرابطة المستخدمة في قرص الجلخ لمعرفة مقاومة الاهتراء للأنواع المختلفة ومقارنتها واختيار الأفضل من بينها، والجدول(4) يبين بارمترات التجربة لأنواع الفولاذ.

الشكل(14) جهاز التجليخ والتلميع المستخدم في اختبار اهتراء

الجدول (4) بارمترات التجربة لأنواع أقراص الجلخ

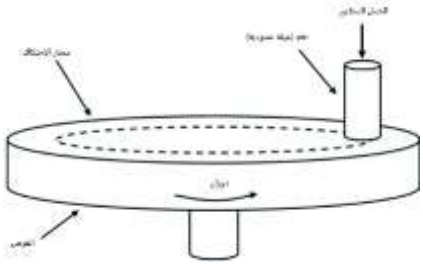
مساحة سطح الاحتكاك في التجربة $[cm^2]$	سرعة الانزلاق m/sec	الحمل N	زمن الاختبار min
38.4845	2	10	30

النتائج و المناقشة:

تم اختيار ثلاثة أنواع من المادة الرابطة المستخدمة في أقراص الجلخ، جميعها تنتمي لعائلة المواد الرابطة العضوية الراتنجية، وتمت المقارنة بينها من ناحية مقاومة قرص الجلخ للاهتراء.

حيث تم تثبيت جميع بارامترات عملية تصنيع قرص الجلخ(نوع المادة الحاكة–ضغط التشكيل–نظام المعالجة الحرارية)، اما المتغير الوحيد هو نوع المادة الرابطة.

تم إجراء اختبار الاهتراء وفق آلية pin on disc والتي تحاكي عملية التجليخ الفعلية، كما هو موضح في الشكل (15):

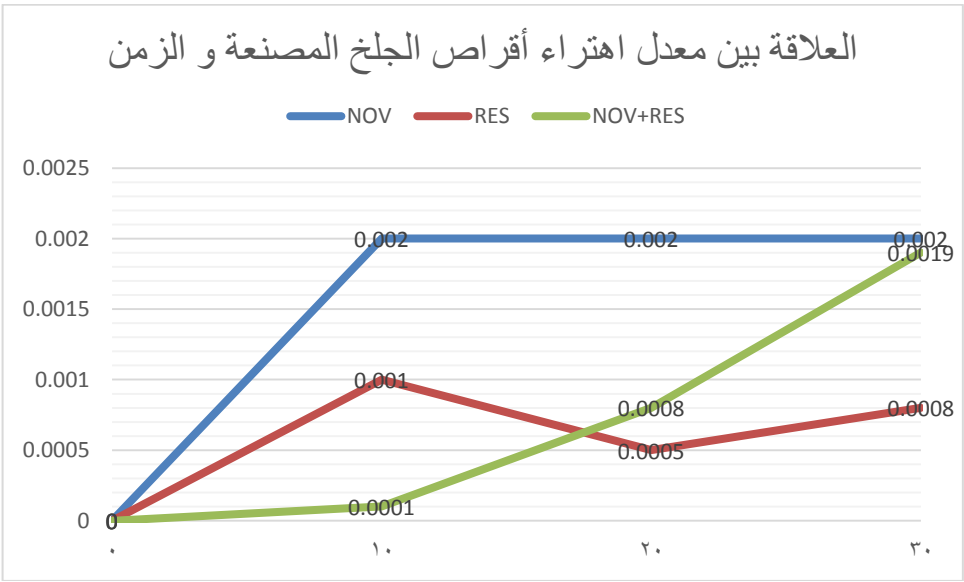


الشكل (16) آلية الاهتراء

تم إجراء الاختبار بدون استخدام مبرد، باستثناء قرص الجلخ الحاوي على الريزول فقد تم استخدام التبريد بالهواء وذلك لتجنب حدوث احتراق بالقرص والقاعدة المثبت عليها، بسبب احتمال وجود كمية غير متبخرة من الكحول في القرص وهذا يعود لعملية التصنيع اليدوية، بالتالي ارتفاع الحرارة الكبير الحاصل مع التقدم في عملية الجلخ يمكن أن يؤدي لعملية اشتعال واحتراق تؤثر على كل من قرص الجلخ و القاعدة المثبت عليها.

تم قياس وزن كل من أقراص الجلخ و العينات قبل البدء بالاختبار، ويعاد قياس الأوزان بعد 10[min] كل30[min]. من بدء التجربة و ذلك لمدة

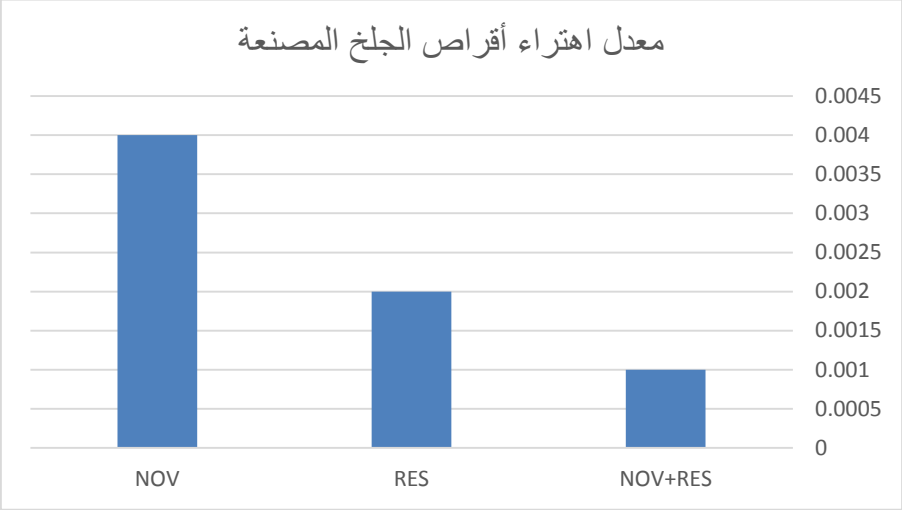
وبالاعتماد على الفاقد الوزني تم حساب معدل الاهتراء، يبين الشكل (16) العلاقة بين معدل الاهتراء و الزمن بالنسبة لأقراص الجلخ المصنعة باستخدام المواد الرابطة الثلاثة، نلاحظ من الشكل أن معدل الاهتراء يزيد بزيادة الزمن و هذا يعود للاحتكاك الحاصل بين الحبيبات الحاكة و العينة.



الشكل (16) يبين العلاقة بين معدل اهتراء أقراص الجلخ المصنعة و الزمن

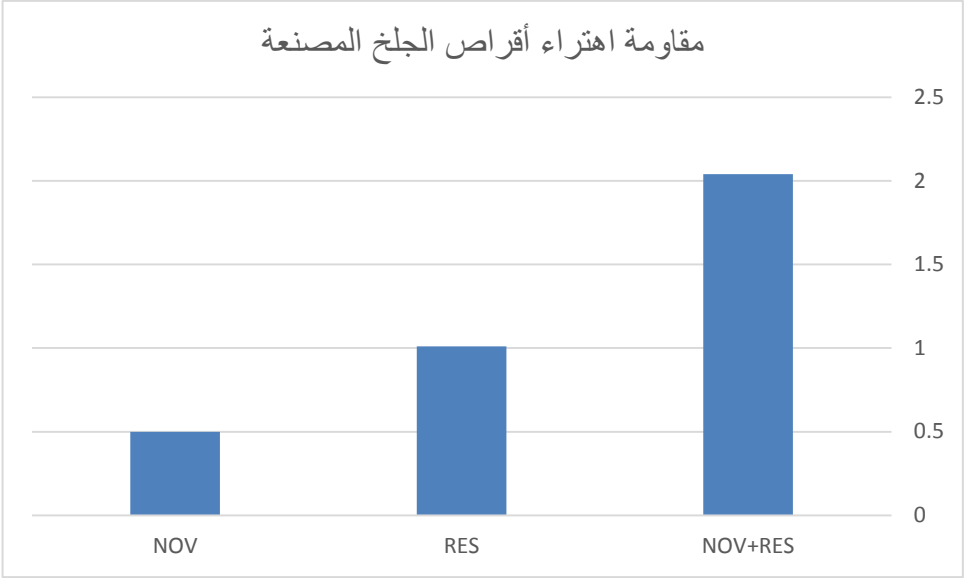
مع التقدم في زمن عملية الجلخ يحدث إزالة و انفصال أجزاء من الحبيبات الحاكة و ذلك بسبب الإحتكاك الحاصل بين هذه الحبيبات التي تمثل الحدود القاطعة في قرص الجلخ والعينة المراد جلخها، مما يرفع درجة حرارة السطح البيني ويؤدي لعملية الانفصال.

يبين الشكل(17) تأثير نوع المادة الرابطة المستخدمة في تصنيع قرص الجلخ على معدل اهترائه، حيث أظهرت نتائج اختبار الاهتراء أن قرص الجلخ المصنع باستخدام المادة الرابطة (نوفولاك+ريزول) هو الأفضل من بين الأقراص المصنعة باستخدام المواد الأخرى المستخدمة في البحث في نفس ظروف الاختبار، حيث سجل أقل قيمة لمعدل الاهتراء، بالتالي يعتبر القرص الأكثر مقاومة للاهتراء و ذلك يعود للارتباط الجيد بين المادة الحاكة $0.001[\frac{g}{cm^2}]$ (أكسيد الألمنيوم) و المادة الرابطة(نوفولاك+ريزول)، حيث أن استخدام الريزول يمثل تدعيم وتعزيز للربط بين الحبيبات الحاكة ، إذ يلعب دور مادة رابطة إضافية بين النوفولاك و الحبيبات الحاكة مما يساعد في الحصول على قرص جلخ أكثر متانة و اكثر صلادة و مقاومة للتآكل و الاهتراء.



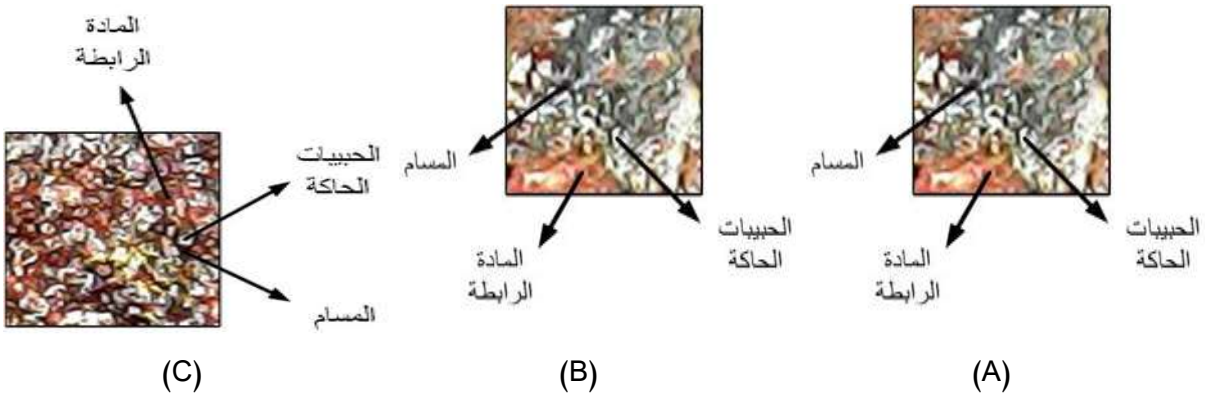
الشكل (17) يبين تأثير نوع المادة الرابطة على معدل اهتراء أقراص الجلخ المصنعة محلياً

كما يبين الشكل(18) تأثير نوع المادة الرابطة المستخدمة في تصنيع قرص الجلخ على مقاومته للاهتراء، حيث أظهرت النتائج أن قرص الجلخ المصنع باستخدام المادة الرابطة(نوفولاك+ريزول) يملك أعلى قيمة لمقاومة الاهتراء بالمقارنة مع أقراص الجلخ المصنعة باستخدام المواد الرابطة الأخرى.



الشكل(18) يبين تأثير نوع المادة الرابطة على مقاومة اهتراء أقراص الجلخ المصنعة محلياً

بهدف معرفة توزع مكونات بنية قرص الجلخ(الحبيبات الحاكة–المادة الرابطة–المسام) و معرفة كثافة البنية و مدى تجانسها تم إجراء تحليل بنية مجهرية على المستوى الماكروي باستخدام مايكروسكوب الكتروني بنسبة تكبير 100% ،و ذلك بدلالة نوع المادة الرابطة المستخدمة، كما هو مبين في الشكل(19):



الشكل(19) صور ماكروسكوبية بتكبير 100x لأقراص الجلخ المصنعة

حيث:

يرمز لقرص الجلخ المصنع باستخدام المادة الرابطة(نوفولاك).(A)

يرمز لقرص الجلخ المصنع باستخدام المادة الرابطة(ريزول).(B)

يرمز لقرص الجلخ المصنع باستخدام المادة الرابطة (نوفولاك+ريزول).(C)

يظهر الشكل(19) صور ماكروسكوبية بنسبة 100% لأقراص الجلخ المصنعة و الوارد ذكرها في الشكل (5) ،و كما هو واضح من الشكل في حالة استخدام المادة الرابطة(نوفولاك) نلاحظ عدم تجانس و انتظام في توزع مكونات البنية بالنسبة لبعضها البعض، أما في حالة استخدام المادة الرابطة(ريزول) نلاحظ مسامية منخفضة، أما في حالة استخدام المادة الرابطة(نوفولاك+ريزول) نلاحظ تجانس وانتظام أكثر بتوزع مكونات البنية.

فكانت نتيجة تحليل البنية المجهرية لأقراص الجلخ المصنعة أن البنية الأفضل من بين بنى أقراص الجلخ المصنعة هي بنية قرص الجلخ المصنع باستخدام المادة الرابطة (نوفولاك+ريزول) وهذا يتوافق مع نتائج اختبار اهتراء أقراص الجلخ المصنعة.
واستناداً لهذه النتائج يمكن اعتبار أن أفضل المواد الرابطة العضوية الراتنجية المستخدمة في أقراص الجلخ و المذكورة في البحث هي المادة(نوفولاك+ريزول).

الاستنتاجات و التوصيات:

الاستنتاجات:

1- أظهرت نتائج اختبار اهتراء أقراص الجلخ المصنعة باستخدام المواد الرابطة المذكورة في البحث، أن تغيير نوع المادة الرابطة يؤثر على مقاومة الاهتراء لقرص الجلخ.

2- أظهرت نتائج الاختبار أن المادة الرابطة التي أبدت أفضل أداء على الاهتراء هي المادة المكونة من مزيج من مادتي النوفولاك و الريزول.

3- حيث أن إضافة الريزول للنوفولاك يعتبر كمادة داعمة للترابط بين المادة الرابطة والحبيبات الحاكة، مما ينتج عن ذلك قرص جلخ أكثر تماسكاً و صلادة و أكثر مقاومة للاهتراء.

4. أظهرت نتائج تحليل البنية المجهرية لأقراص الجلخ المصنعة، أن بنية قرص الجلخ المصنع باستخدام المادة الرابطة العضوية الراتنجية (نوفولاك+ريزول) بدت أكثر تجانساً وانتظاماً بتوزع مكونات البنية(الحبيبات الحاكة، المادة الرابطة، المسام).

التوصيات:

1- تصنيع أقراص الجلخ باستخدام المادة الرابطة(نوفولاك+ريزول) لما أبدته هذه المادة من مقاومة عالية للاهتراء.

2- تكرار الدراسة على أنواع مختلفة من المواد الرابطة الراتنجية مثل :راتنج البوليميد و البولي أميد و راتنج الإيبوكسي.

References:

1- KENNEDY,D.M;HASHMI,M.S.J.*Methods of wear testing for advanced surface coatings and bulk materials.* Journal of Materials Processing Technology.vol.77,1998,pages 246–253**.**

2- BIANCHIA,E;AGUIARB,P;MONICIC,D;NETO,L And SILVA,L.*Analysis of the Performance of Superabrasive and Alumina Grinding Wheels with Different Bonds and Machining Conditions*. Materials Research, Vol. 6, No. 2, 2003,pages 239-246.

3- Abd al-Rahim Kazem Abd, Aseel Hadi Hamza. A study of the mechanical properties of abrasive stones manufactured using a binder from glass waste. Babylon University Journal / Engineering Sciences. Volume 23, Number 1, 2015, pages 100-105

4- LINKE,B. *Manufacturing and sustainability of bonding systems for grinding tools***.** Journal of Production Engineering.vol 10, Num 3,2016.

5- TALAB,H;MARZA,M.*Study Some Properties for Manufactured Grinding Wheels by Use Different Abrasive Materials*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences.volume 11,Num 2, February 2017, Pages: 50-58.

6- GODINO,L;POMBO,I;SANCHEZ,J And IZQUIERDO,B. *An Original Tribometer to Analyze the Behavior of Abrasive Grains in the Grinding Process***.** Journal of *Metals,vol 8,Num 557,* 2018.