

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الأساسية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 42 . العدد 10

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : [www.albaath-univ.edu.sy](http://www.albaath-univ.edu.sy)

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

**ISSN: 1022-467X**

## شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
  - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
  - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:  
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:  
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :  
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
  - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :  
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
  - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):  
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
  - 2- هدف البحث
  - 3- مواد وطرق البحث
  - 4- النتائج ومناقشتها .
  - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
  - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات ( الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
  2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
  3. أهداف البحث و أسئلته.
  4. فرضيات البحث و حدوده.
  5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
  6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
  7. منهج البحث و إجراءاته.
  8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
  9. نتائج البحث.
  10. مقترحات البحث إن وجدت.
  11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
- أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
  - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
  - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
  - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة ( - ) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة ( ثانية . ثالثة ) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة . وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد ( كتابة مختزلة ) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة . مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد

بالبنود ( أ و ب ) ويكتب في نهاية المراجع العربية: ( المراجع In Arabic )

## رسوم النشر في مجلة جامعة البعث:

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

## المحتوى

الصفحة		
24-11	ناديا خضر د. عدنان نظام	أمثلة نمو فطر <i>Aspergillus niger</i> المحلي وتقييم تغيراته المورفولوجية على أوساط محضرة من مواد المخلفات الزراعية والأغذية
72- 25	د. يمن الأتاسي د. عيسى خضر محمد ديوب	تحسين الخصائص الميكانيكية لبوليمير الإيبوكسي بإضافة حبيبات كربيد السيليكون المكروية
94-73	نبال عبد الرحمن أ.د. محمد مضر الخضر	تحضير وتوصيف معقدات جديدة لأسس شيف ثنائية السن غير متماثلة
122-65	محمد سلمان أ.د. عدنان شحادة د. حسين خضر	دراسة بعض الخواص الفيزيائية والطاقيه لمزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء بوجود نetro أمينات حلقيه غير متجانسة جديدة كإضافات
138-123	أ.د. منتجب الحسن ميس حسن علي	مانع <i>Navier-Stokes</i> ( <i>N-S</i> ) بالشكل التنسوري الناطق في نظام إحداثي منحنى كفي

166-139	مرح قدورة د. ريما القمحة	تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيبيشيف المتعامدة
---------	-----------------------------	---





# أمثلة نمو فطر *Aspergillus niger* المحلي وتقييم تغيراته المورفولوجية على أوساط محضرة من مواد المخلفات الزراعية والأغذية

ناديا خضر<sup>1</sup> ، عدنان علي نظام<sup>2</sup>

<sup>1</sup>طالبة دكتوراه<sup>2</sup>أستاذ دكتور: قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية

## المخلص

استُعمل في هذا البحث بعض مخلفات المحاصيل الزراعية والأغذية في تحضير أوساط نمو للفطريات ذات خصائص تصنيفية، حيث اختبر نمو النوع *Aspergillus niger* ذي القدرة الاستقلابية والصناعية على هذه الأوساط وأجريت أمثلة شروط نموه، حُضرت نماذج من الوسط بتغيير قوامه عن طريق ترشيحه من الألياف أو إضافة مكونات طبيعية (مستخلص التربة، خلاصة الخميرة) ثم طبقت عليه درجات متسلسلة من الحرارة والرقم الهيدروجيني واعتمد مقياس قطر المستعمرات كدليل على الشروط الفضلى في التنمية. أظهرت النتائج نمو النوع *Aspergillus niger* على وسط المخلفات الزراعية والأغذية وتميزه بصفات مورفولوجية خاصة وتفضيله عموماً للوسط المحتوي الألياف وبدرجة حرارة حضن 28 °م والرقم الهيدروجيني 3؛ ما يؤكد إمكان الاستفادة من المخلفات الزراعية والأغذية في تنمية بعض أنواع الفطريات ذات الفوائد الاقتصادية مثل فطر *Aspergillus*.

## الكلمات المفتاحية :

المخلفات الزراعية والأغذية، أمثلة النمو، تنمية الفطريات، مورفولوجيا الفطريات.

## **Optimization of indigenous *Aspergillus niger* growth and estimate of morphological changes on media prepared from agro–food wastes materials**

(1) **Nadia Khoder** (2) **Adnan Ali – Nizam**

(1) Ph.D. student, (2) Prof. Dr. Department of Plant Biology, Faculty  
of Science, University of Damascus.

### **Abstract**

In this research, some agricultural crop residues were used in preparing fungi growth media with taxonomic characteristics. The growth of *Aspergillus niger* species, with its metabolic and industrial ability, was tested in these media and growth conditions have been optimized. Different medium models were prepared, by changing its texture by filtering from fibers or adding natural ingredients (soil extract – yeast extract), then, a series of temperature and pH degrees were applied to the medium, and the colonies diameter size was used as an indication for the optimum growth conditions. Results showed the growth of the studied species on the agricultural residues medium, characterized with special morphological characteristics. With its preference for the medium containing fibers, incubation temperature of 28 °C, and the pH of 3, which confirms the possibility of using agricultural residues in growing some fungi species with economic benefits such as *Aspergillus*.

**Key words:** Agro – food wastes, growth optimization, fungi culturing, fungi morphology.

## المقدمة

المخلفات هي أي منتجات ثانوية ناتجة عن المنازل والصناعات والزراعة أو التجارة ومصادر أخرى غيرها [1]، وقد أدى الازدياد العالمي في مجال إنتاج الغذاء في السنوات الأخيرة إلى توليد الكثير من المخلفات الزراعية والتي تحمل الأضرار والمخاطر على الصحة العامة، وتسبب مشكلات بيئية مثل تلوث الهواء والتربة والمياه [2].

أكدت الدراسات إمكانية إعادة تدوير المخلفات الزراعية وتصنيع منتجات أخرى أو جديدة مفيدة، حيث تتصف المخلفات الزراعية بغناها بالمواد العضوية (السكريات، البروتينات، الألياف) التي تعدّ ركيزة طبيعية لتنمية الأحياء الدقيقة، ما يسمح بإنتاج مواد ذات قيمة مثل الوقود والأعلاف الحيوانية، وتقليل مخاطر التلوث بها [3].

تتنمي الفطريات إلى مملكة الفطريات، وهي أحياء حقيقية النوى ذاتية الاغذاء مفردة أو عديدة الخلايا، وتتضمن جميع الفطريات من تلك الصالحة للأكل إلى تلك المنتجة لمواد مهمة في الصناعة، إضافة إلى مسببات الأمراض النباتية والحيوانية، كما تساهم الفطريات بدور كبير في عمليات تحلل المخلفات وإعادة تدويرها، إذ تقوّض الفطريات المركبات المعقدة المحتوية على الكربون والنتروجين مثل السلولوز والليغنين (الخشب) lignin، وتحولها إلى مكونات وعناصر مفيدة للأحياء الأخرى [4].

ينتمي إلى جنس الأسبرجلوس 200 نوع، ويتميّز هذا الجنس بدور مهم في النظم البيئية والمجالات الصناعية بسبب قدرته على إنتاج العديد من الإنزيمات والمركبات خارج الخلوية والمُسْتَقْلِبَات الثانوية Secondary Metabolites، ويُعدّ من مسببات الأمراض الانتهازية لاسيما للأشخاص ضعيفي المناعة [5].

ينتمي النوع *Aspergillus niger* إلى مجموعة من الأنواع تسمى *Aspergillus* section Nigri التي تسبب مرض العفن الأسود، وهو من أكثر الأعفان شيوعاً، والأكثر تلويثاً للأغذية المخزنة والأكثر إتلافاً للمحاصيل والفاكهة بعد الحصاد في جميع أنحاء العالم [6]، يوجد في جميع البيئات تقريباً وهو رمي لاجنسي، مقاوم للحرارة المتطرفة يمكنه العيش في البيئات المتجمدة والحارة جداً (الأفضل بين 6 و 47 درجة

مئوية)، ويتحمل مجالاً واسعاً من الرقم الهيدروجيني بين 1.5 إلى 9.8 (6) [5]، منافس قوي للأحياء الدقيقة الأخرى في معظم الأوساط بسبب إنتاجه الغزير للأبواغ الكونيدية التي تمتلك صبغة سوداء تحميه من أشعة الشمس والأشعة فوق البنفسجية [7]. وينتج هذا النوع العديد من البروتينات الفريدة وعديدة الاستعمال، إضافة إلى إنتاج العديد من الإنزيمات خارج الخلوية مثل الأميلاز  $\alpha$ -amylase والأكسيداز oxidase والكتلاز catalase والبكتيناز pectinase؛ ما سمح بتطبيقات التقانات الحيوية وإنتاج المُستقلبات الثانوية ذات الأهمية الصناعية والدوائية [8].

يستطيع النوع *A.niger* النمو على العديد من المخلفات الزراعية والأغذية، وإنتاج مركبات ذات أهمية اقتصادية في الوقت نفسه، إذ يمكنه إنتاج حمض الليمون [9]، وتحويل جزيئات المخلفات الزراعية والأغذية الصلبة إلى الميثان (غاز حيوي) [10]، واستعمال مخلفات قشور البرتقال كوسط تنمية لإنتاج البروتين مفرد الخلية [3]، واستعمال المخلفات الزراعية الصناعية لإنتاج بعض الإنزيمات، مثل الليباز [11].

### أهمية وأهداف البحث

نظراً إلى وجود مواد المخلفات الزراعية والأغذية التي لا يُستفاد منها وغناها بمصادر الكربون، ومقدرة النوع *Aspergillus niger* على النمو على مختلف مواد المخلفات الزراعية والأغذية وإنتاج العديد من المركبات المهمة، وانتشاره الواسع في البيئة ودوره المميز في التدوير، فإن البحث يهدف إلى ما يأتي:

1. تحضير وسط جديد من مواد المخلفات الزراعية والأغذية.
2. أمثلة شروط نمو النوع *A.niger* المحلي على الوسط الطبيعي المحضر.
3. مقارنة التغيرات المورفولوجية للنوع المنمى على وسطي خلاصة الشعير ومواد المخلفات الزراعية والأغذية.

### المواد والطرائق Materials and Methods

#### 1. جمع المخلفات الزراعية وتحضيرها

جُمعت مواد المخلفات الزراعية والأغذية من سوق الهال بدمشق من الشهر السادس إلى الشهر الثامن من عام 2020 وكانت كالاتي: ثمار البطاطا - ثمار الباذنجان - ثمار الكوسا - قشور ثمار البرتقال - بقايا عرانييس الذرة - قشور ثمار الفول - أوراق نبات الفول - سوق نبات الفول.

غُسّلت المخلفات وجُفّفت ثم قطعت إلى أجزاء صغيرة، وجففت بالظل حتى ثبات الوزن، طحنت العينات باستعمال خلاط كهربائي، ثم غربلت ووضعت ضمن أكياس بلاستيكية نظيفة وجافة، وحفظت في درجة حرارة الغرفة في مكان جاف إلى حين الاستعمال [12].

## 2. تحضير وسط المخلفات الزراعية وتنمية العفن

حُضِر وسط المخلفات الزراعية 1 Agricultural Wastes 1 (W1) بإضافة 2 غ من كل مسحوق نباتي و 7 غ من الآغار لكل 500 مل من الماء المقطر، وقيس الرقم الهيدروجيني pH للوسط، ثم أجريت عملية التعقيم بالأوتوكلاف، ووزع في أطباق بتري ثم كُفّحت الأطباق بالفطر *A.niger* (المعزول من عينات تربة حراجية جُمعت من منطقة ميسلون، بتاريخ 18 / 09 / 2020) بطريقة الوخز، وحضنت مدة 7 أيام بدرجة حرارة 25°م [13].

## 3. أمثلة قوام وتركيب وسط المخلفات الزراعية والأغذية

بعد تحضير الوسط، جرى ضبط الرقم الهيدروجيني 5.6 pH، وتغيير الخواص كالاتي:

- حُضِر وسط المخلفات الزراعية 2 (W2)، كما في حالة W1، ثم أُجريت عملية تصفية على الوسط لاستبعاد الألياف والشوائب بقطع الشاش المعقم.
- حضر وسط المخلفات الزراعية 3 (W3)، كما في حالة W2، ثم أُضيفت خلاصة الخميرة 2% و 250 مل من مستخلص التربة المحضر من تربة حديقة كلية العلوم بجامعة دمشق، لكل 500 مل من الوسط.

## 4. أمثلة الرقم الهيدروجيني pH لوسط المخلفات الزراعية والأغذية

جرى تصميم التجربة وتوزيع وسط المخلفات الزراعية W1 وفق سلسلة متدرجة من الرقم الهيدروجيني، كآتي: 3، 3.5، 4.0، 4.5، 5.0، 5.6، وضبطها وقياسها بجهاز pH-meter قبل التعقيم، حيث اختير الرقم الهيدروجيني 5.6 في نهاية السلسلة لمقارنتها بالوسط التجاري (خلاصة الشعير)، ولقّحت الأطباق وحُضنت في الدرجة 25 م° مدة 7 أيام، وقُيس قطر المستعمرة النامية و لوحظ النمو وشدة التبوغ [14].

#### 5. أمثلة درجة حرارة حضن الفطر على وسط المخلفات الزراعية والأغذية

بعد ضبط الرقم الهيدروجيني للوسط على 5.6 pH، لُقّحت الأطباق وحُضنت كل مجموعة منها مدة 7 أيام في سلسلة من درجات الحرارة، كآتي: 20، 25، 28، 30، 37 م°، وقد اختُبرت الدرجة 37 م° لمقارنتها بالدرجة المثلى لتنمية الجراثيم، وقُيس قطر المستعمرة النامية و لوحظت شدة التبوغ [15].

#### 6. تقييم تغيرات مورفولوجية الفطر على وسط المخلفات الزراعية

قُيِّمت التغيرات المورفولوجية الظاهرة على نمو النوع *A.niger* (لون المستعمرة وقطرها) بعد زرعها على الوسط المركّب المختار للأمثلة، وقُيست قدرته على تفكيك المخلفات الزراعية والأغذية المستعملة اعتماداً على شدة النمو والتبوغ ومقارنتها بالنوع النامي نفسه على وسط خلاصة الشعير الصلب Malt extract agar MEA [16].

## النتائج والمناقشة Results and Discussion

### 1. تقييم تركيب وسط المخلفات الزراعية

أظهرت نتائج زرع المعزولات على الأوساط المختلفة بالتركيب تفوق وسط خلاصة الشعير في تنمية النوع *A.niger* على وسط المخلفات الزراعية، ويمكن أن يعود ذلك إلى أن الوسط التجاري يتصف بتركيب كيميائي دقيق ومضبوط مختبرياً ويحتوي على مكونات بسيطة سهلة الاستقلاب على عكس وسط المخلفات W1، أما فيما يخص مقارنة تراكيب

مختلفة لوسط المخلفات الزراعية والأغذية فقد أظهر وسط المخلفات الزراعية W1 تفوقاً نسبياً في التنمية على باقي الأوساط، من حيث قياس قطر المستعمرة، وكثافة الأقطورة Mycelia، وشدة التبوغ (الجدول 1)، ويمكن أن يعود ذلك إلى استعمال المعزولات لألياف الوسط كمصدر غني بالكربون، وتخالف هذه النتائج تلك المرتبطة بمخلفات زراعية مختلفة أخرى، مثل: دكستروز فول الصويا ودكستروز الفول السوداني، إذ تبين أن فول الصويا يتفوق على الوسط التجاري دكستروز البطاطا بسبب احتوائه على نسبة عالية من الكربوهيدرات والبروتين والدهون والمغذيات الأخرى [17]، وقد يعود الاختلاف بين نتائج هذا البحث ونتائج البحث الآخر إلى تدعيم وسط المخلفات بسكر الدكستروز الذي جعل منه وسطاً نصف طبيعي.

### الجدول 1. قطر مستعمرات *A. niger* النامية على وسطي خلاصة الشعير والمخلفات الزراعية والأغذية.

الوسط المختبر	MEA	W1	W2	W3
قطر المستعمرة، سم	0.4± 8	0.1± 5.3	0.2± 5.2	0.4± 2.9

### 2. أمثلة الرقم الهيدروجيني pH لوسط المخلفات الزراعية والأغذية

أظهرت نتائج أمثلة الرقم الهيدروجيني pH لوسط المخلفات الزراعية تفضيل النوع *A. niger* للوسط ذي الرقم 3 (الجدول 2) وخالفت هذه النتائج نتائج دراسة قام بها كالياني وزملاؤه حيث فضل هذا النوع الرقم الهيدروجيني 6، ويمكن أن يعود الاختلاف إلى اختلاف المعزولة ووسط التنمية المستعمل حيث استعمل وسط سابورد دكستروز وهو وسط تجاري مصمم برقم هيدروجيني 5.6، وخالفت دراسة أخرى لحسان وزملائه أجريت على وسط طبيعي مركب من مخلفات قشور الرز والحمص وألياف القطن في تنمية النوع *A. niger* وأمثلة إنتاجه للجليكوأميلاز حيث كان الرقم الهيدروجيني الأمثل لنموه 6 [18]، وفي دراسة ثالثة للسيلفييرا وزملائها استعمل وسط نخالة الرز المدعم وأظهرت النتائج تفضيل النوع *A. niger* للنمو وتحسن إنتاجيته للجليكوأميلاز ضمن الرقم

المحلي وتقييم تغيراته المورفولوجية على أوساط محضرة من *Aspergillus niger* أمثلة نمو فطر  
مواد المخلفات الزراعية والأغذية

الهيدروجيني 4.5 [19]، فأكدت جميع الدراسات اختلاف الرقم الهيدروجيني الأمثل للنوع الواحد باختلاف تركيب وسط التتمية المستعمل.

الجدول 2. أقطار مستعمرات نوع *A. niger* المنمى على وسط المخلفات الزراعية والأغذية ضمن أرقام هيدروجينية مختلفة.

5.6	5	4.5	4	3.5	3	pH
6.3	5.9	6.4	6.6	6.6	6.9	قطر المستعمرة
0.1±	0.4±	0.1±	0.6±	0.05±	0.1±	سم

3. أمثلة درجة الحرارة لوسط المخلفات الزراعية والأغذية

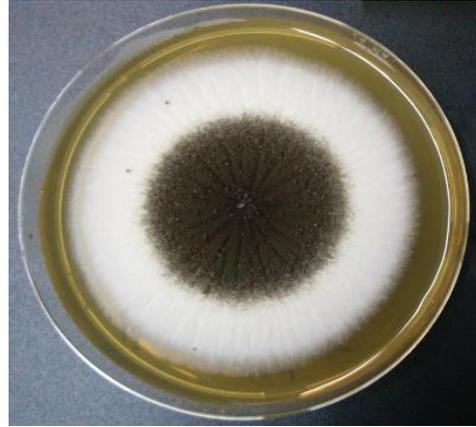
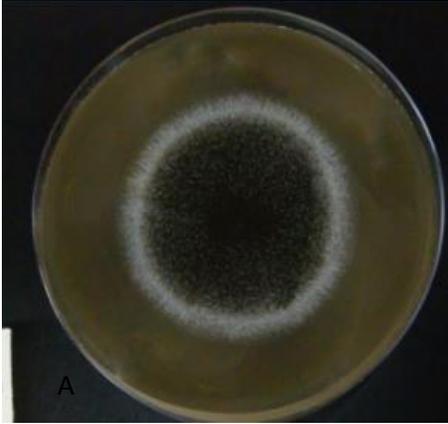
أظهرت نتائج أمثلة الحرارة تفضيل النوع *A. niger* للدرجة 28 م° مع إمكان نموه في درجات الحرارة العالية نسبياً 30 - 37 م°، وهذا يطابق بحث بالاسيوس وزملائه، حيث زرع النوع *A. niger* على ثلاثة أوساط تجارية وكانت درجة نموه المثلى أعلى من 30 م°، وهذا يؤكد كون هذا النوع متحملاً للجفاف [20]، وفي دراسة أخرى أجريت على أمثلة نمو وإنتاجية النوع *A. niger* للبكتيناز كانت درجة الحرارة المثلى هي الدرجة 30 م°، ويمكن أن يعود الاختلاف الطفيف في تفضيل درجة الحرارة إلى اختلاف الوسط المستعمل في التتمية [21].

الجدول 3. أقطار مستعمرات النوع *A. niger* المنمى على وسط المخلفات الزراعية والأغذية ضمن درجات حرارة حضان مختلفة.

37	30	28	25	20	الحرارة (درجة مئوية)
8.3	8	8.4	6.3	4.4	قطر المستعمرة
0.1±	0.3±	0.05±	0.2±	0.1±	سم

#### 4. تقييم تغيرات مورفولوجية الفطر على وسط المخلفات الزراعية والأغذية

تتميز مستعمرة *A.niger* المنمأة على وسط خلاصة الشعير الصلب بمركز أسود ذو انتشاءات وحافة بيضاء منتظمة وبأفطورة مسطحة ومنتشرة وذات تحذب صغير، بينما تتميز النوع *A.niger* المنمى على وسط W1 والمعرض لشروط الأمثلة السابقة بنقصان أقطار مستعمراته عن النوع المنمى على وسط خلاصة الشعير الصلب، ويمكن أن يعود السبب لإحتواء الوسط W1 على تراكيز عالية من الفينولات [22] التي يمكن أن تسبب تثبيط نسبي لنمو المستعمرة [23]، كما تميزت على نحو واضح بغياب انتشاءات المستعمرة وصغر الحافة البيضاء المحيطة بها مع زيادة في شدة التبوغ ويمكن أن يكون بسبب احتواء وسط W1 على كميات كبيرة من الكربوهيدرات المتنوعة [24] بالإضافة لنقصان في كثافة الأفطورة السطحية نظراً لكون تركيب الوسط غير متجانس (الشكل 1)، وافقت النتيجة البحث الذي قام به شارما والذي يؤكد تغير صفات المستعمرة وتبوغها مع تغير الوسط المستعمل للتنمية [25].



الشكل 1. مستعمرات النوع *A. niger* على وسط خلاصة الشعير الصلب (A) وعلى الوسط W1 (B).

### الاستنتاجات Conclusion

- 1- إمكان استعمال المخلفات الزراعية والأغذية كوسط طبيعي بدون إضافات لتنمية الفطريات وبديلاً للأوساط التجارية المكلفة مادياً.
- 2- تفوق الوسط التجاري بقدرته على التتمية عن وسط المخلفات الزراعية.
- 3- تميز النوع *Aspergillus niger* المنمى على وسط المخلفات الزراعية بصفات مورفولوجية خاصة.

4- تفضيل النوع *Aspergillus niger* المنمى على وسط المخلفات الزراعية والأغذية للوسط المحتوي على الألياف مع الرقم الهيدروجيني 3 ودرجة حرارة حضان 28 م<sup>°</sup>.

### التوصيات Recommendation

- 1- تطوير وسط المخلفات الزراعية وضبط مكوناته للحصول على وسط طبيعي منافس للأوساط التجارية.
- 2- دراسة مقدرة أجناس أخرى من الفطريات النمو على وسط المخلفات الزراعية والأغذية.
- 3- توصيف النموات الفطرية على الأوساط المحضّرة، واقتراح استعمالها اعتماداً على الخواص المورفولوجية المميزة لكل نوع.

## المراجع References

- .1 Ezejiolor, T.I.N., U.E. Enebaku, and C. Ogueke, *Waste to wealth-value recovery from agro-food processing wastes using biotechnology: a review*. Biotechnology Journal International, 2014: p. 418-481.
- .2 Elijah, A. and V. Edem, *Value addition to Food and Agricultural wastes: A Biotechnological approach*. Nig. J. Agric., Food Environ, 2017. **13**(1): p. 139-154.
- .3 Azam, S., et al., *Production of single cell protein from orange peels using Aspergillus niger and Saccharomyces cerevisiae*. Global Journal of Biotechnology & Biochemistry, 2014. **9**(1): p. 14-18.
- .4 Boddy, L., *Fungi, ecosystems, and global change*, in *The Fungi*. 2016, Elsevier. p. 361-400.
- .5 Bennett, J.W., *An overview of the genus Aspergillus*. 2010: Caizer Academic Press, Portland.
- .6 Gautam, A.K., et al., *Diversity, pathogenicity and toxicology of A. niger: an important spoilage fungi*. Research Journal of Microbiology, 2011. **6**(3): p. 270-280.
- .7 Krijghsheld, P., et al., *Spatially resolving the secretome within the mycelium of the cell factory Aspergillus niger*. Journal of proteome research, 2012. **11**(5): p. 2807-2818.
- .8 Lima, M.A.S., et al., *Aspergillus niger: a hundred years of contribution to the natural products chemistry*. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2019. **30**(10): p. 2029-2059.
- .9 Dutta, A., et al., *A comparative study of citric acid production from different agro-industrial wastes by Aspergillus niger isolated from mangrove forest soil*.
- .10 Mlaik, N., et al., *Production and characterization of  $\beta$ -glucosidase from Aspergillus niger fermentation: Application for organic fraction of municipal solid waste hydrolysis and methane enhancement*. Biotechnology Progress, 2020. **36**(1): p. e2902.
- .11 Putri, D.N., et al., *Optimization of Aspergillus niger lipase production by solid state fermentation of agro-industrial waste*. Energy Reports, 2020. **6**: p. 331-335.
- .12 Saheed, O.K., et al., *Utilization of fruit peels as carbon source for white rot fungi biomass production under submerged state bioconversion*. Journal of King Saud University-Science, 20 : (2)28 .16p. 143-151.

- .13 Christabel, O., E. Dorcas, and U. Elizabeth, *Suitability of food crop wastes in the formulation of laboratory media used for the cultivation of soil fungi*.
- .14 Reihani, S.F.S. and K. Khosravi-Darani, *Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: A review*. Electronic Journal of Biotechnology, 2019. **37**: p. 34-40.
- .15 Kalyani, P., S. Geetha, and K. Hemalatha, *Optimization of cultural conditions for improved production and bioactive metabolites by Aspergillus niger (MTTC-961)*. European Journal of Pharmaceutical and Medical Research, 2016. **3**(10): p. 255-260.
- .16 Diba, K., et al., *Identification of Aspergillus species using morphological characteristics*. Pakistan journal of medical sciences, 2007. **23** : (6)p. 867.
- .17 Ikechi-Nwogu, C.G. and E.N. Elenwo, *Comparative evaluation of growth media for the cultivation of fungal cultures*. J Plant Pathol Microbiol, 2012. **3**: p. 3-6.
- .18 Hassan, B.A., M.A. Jebor, and Z.M. Ali, *Optimization of the growth conditions for maximum production of the glucoamylase by Aspergillus niger*.
- .19 Silveira, S.T., et al., *Optimization of glucoamylase production by Aspergillus niger in solid-state fermentation*. Applied biochemistry and biotechnology, 2006. **128**(2): p. 131-139.
- .20 Palacios-Cabrera, H., et al., *Growth of Aspergillus ochraceus, A. carbonarius and A. niger on culture media at different water activities and temperatures*. Brazilian Journal of Microbiology, 2005. **36**(1): p. 24-28.
- .21 Nsude, C., et al., *Optimization of Condition for Pectin's Production by Aspergillus niger in a Citrus Pectin based Submerged Fermentation Medium*. Ann Clin Immunol Microbiol. 2019; 1 (1). **1005**.
- .22 Castrica, M., et al., *Total phenolic content and antioxidant capacity of agri-food waste and by-products*. Italian Journal of Animal Science, 2019. **18**(1): p. 336-341.
- .23 Abd El-Zaher, E.H., Y.A. Mahmoud, and M.M. Aly, *Effect of different concentrations of phenol on growth of some fungi isolated from contaminated soil*. African Journal of Biotechnology, 2011. **10**(8): p. 1384-1392.
- .24 Eajendra, K.G. and R.D. Bansal, *The Effect of Carbohydrates on Growth and Sporulation of Aspergillus flavus and their carry over for subsequent Spore Germination*. Sydowia, 1969. **Vol. XXIII**.

- .25 Sharma, G., *Influence of culture media on growth, colony character and sporulation of fungi isolated from decaying vegetable wastes*. Journal of yeast and fungal research, 2010. 1(8): p. 157-164.

## تحسين الخصائص الميكانيكية لبوليمير الإيبوكسي بإضافة حبيبات كربيد السيليكون المكروية

<sup>1</sup> د. يمن الأتاسي

<sup>2</sup> د. عيسى خضر

<sup>3</sup> م. محمد ديوب

### الملخص

تم في هذا البحث دراسة تأثير حبيبات كربيد السيليكون المكروية بأقطار ( 4-2- $\mu\text{m}$ ) على الخصائص الميكانيكية لراتنج الإيبوكسي. حيث تم تشكيل المادة المركبة (إيبوكسي- كربيد السيليكون) وفق نسب تدعيم متدرجة من حبيبات الكريد بالنسبة للمادة المركبة (5-10-15-20-25-30-35%) باستخدام جهاز المجانسة بالأمواج فوق الصوتية ذات التردد (30-35 KHz) ومن ثم التشكيل في قوالب محددة.

تم بعد ذلك دراسة تأثير نسب متدرجة (5,10,15,20,25,30,35%) من

---

<sup>1</sup>مُدْرَسَة في قسم الفيزياء التطبيقية - المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا - دمشق - سوريا.

yomen.atassi@hiast.edu.sy

<sup>2</sup>مُدْرَس في قسم الفيزياء التطبيقية - المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا - دمشق - سوريا.

<sup>3</sup>طالب ماجستير في قسم الفيزياء التطبيقية - المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا - دمشق - سوريا.

dayoub1991@gmail.com

كربيد السيليكون المعدلة بـ (1%) من عامل ربط سيلاني على الخصائص الميكانيكية لراتنج الإيبوكسي.

أجري التوصيف البنيوي والميكانيكي للحاضنة البوليميرية وللمادة المركبة، حيث بيّنت نتائج التوصيف البنيوي باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء ذات تحويل فورييه (FTIR) أهم الزمر الوظيفية الموجودة في الحاضنة البوليميرية والمادة المركبة، وكشفت عن عدم وجود أي أثر تدهيمي للأموح فوق الصوتية على بنية راتنج الإيبوكسي. كما دلّ طيف الامتصاص عند طول الموجة  $1120 \text{ cm}^{-1}$  الى تشكّل ترابط كيميائي بين عامل الربط وحبيبات الكربيد المعالجة.

بيّنت نتائج التوصيف الميكانيكي تحسّناً ملحوظاً في الخصائص الميكانيكية المدروسة لراتنج الإيبوكسي المدعم بحبيبات كربيد السيليكون، حيث ازدادت قيم كلّ من مقاومة الصدم (Impact Strength) ومقاومة الشد (Tensile Strength) ومعامل يونغ (Young modules) للمادة المركبة مقارنةً مع الخصائص الموافقة لها في راتنج الإيبوكسي، وقد كانت نسبة التدعيم المثلى 25%. لوحظ أيضاً تحسن في خصائص القساوة ومعامل الاحتكاك ومعدل الاهتراء للمادة المركبة بزيادة نسبة كربيد السيليكون.

أظهرت نتائج الاختبارات الميكانيكية العالية للمادة المركبة المعدلة بعامل الربط السيلاني الدور المهم لعامل الربط في تحسين الترابط والتوافق (compatibility) بين بوليمير الإيبوكسي وحبيبات الكربيد. إضافةً الى تحسّن خصائص تبعثر الكربيد في الحاضنة البوليميرية.

**كلمات مفتاحية:** راتنج الإيبوكسي - كربيد السيليكون - المواد المركبة - عامل ربط سيلاني - تقوية - حاضنة بوليميرية.

## Enhancement of the mechanical properties of the epoxy polymer by adding silicon carbide micro- grains

<sup>1</sup> Yomen atassi

<sup>2</sup> Issa khoder

<sup>3</sup> Mohammad dayoub

### ABSTRACT

In this research the effect of (2-4  $\mu\text{m}$ ) microscopic silicon carbide grains on the mechanical properties of epoxy resin has been studied. The composite material (epoxy-silicon carbide) was formed according to graded reinforcement ratios of carbide grains to the composite material (5, 10, 15, 20, 25, 30, and 35%), using an ultrasound homogenizing device with a frequency (30-35 KHz), then specific molds have been formed.

The effect of graded proportions of silicon carbide grains (5, 10, 15, 20, 25, 30, and 35%) modified with (1%) of silane bonding agent (3-Aminopropyltriethoxysilane) on the mechanical properties of the epoxy resin also was studied.

The structural and mechanical characterization of the polymeric matrix and the composite material were performed. The results of the structural characterization using Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) showed the most important functional groups present in the polymeric incubator and the composite material. It

---

<sup>1</sup> Lecture in the Department of Applied Physics - Higher Institute for Applied Sciences and Technology - Damascus - Syria. [yomen.atassi@hiast.edu.sy](mailto:yomen.atassi@hiast.edu.sy).

<sup>2</sup> Lecture in the Department of Applied Physics - Higher Institute for Applied Sciences and Technology - Damascus – Syria.

<sup>3</sup> Master's student in the Department of Applied Physics - Higher Institute of Applied Sciences and Technology – Damascus – Syria. [dayoub1991@gmail.com](mailto:dayoub1991@gmail.com)

revealed that there was no destructive effect of ultrasound on the structure of the epoxy resin. The absorption spectrum at (1120 cm<sup>-1</sup>) wavelength also indicated the formation of a chemical bond between the bonding agent and the treated carbide grains.

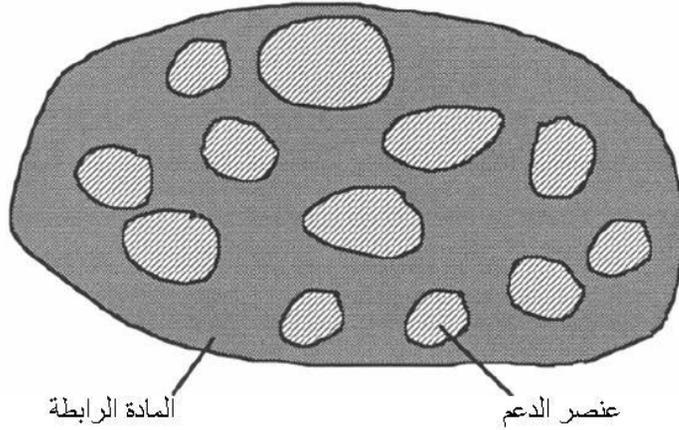
The results of the mechanical characterization showed a significant improvement in the mechanical properties of the epoxy resin reinforced with silicon carbide granules. The values of Impact Strength, Tensile Strength and Young Modules of the composite material has increased compared to the corresponding properties of the epoxy resin. The optimum reinforcement ratio was 25%. An improvement in the toughness, friction coefficient and wear rate of the composite material was also observed with an increase in the proportion of silicon carbide.

High mechanical test results of the modified composite material with silane bonding agent showed the important role of the bonding agent in improving the bonding and compatibility between the epoxy polymer and the carbide grains. In addition, the carbide scattering properties were improved in the polymer incubator.

Key words: Epoxy Resin - Silicon Carbide - Composites - Silane Bonding Agent - reinforcement - Polymeric matrix.

## 1- المقدمة:

تتألف المواد المركبة من مادتين مختلفتين متميزتين أو أكثر كما يبين الشكل (1)، علماً أنه لا يوجد تفاعل كيميائي بين هذا الخليط، إنما تكامل بخصائص المكونات وكل مادة تحتفظ بخواصها الأساسية التي كانت تملكها منفردة وتكون الخواص الميكانيكية للمنتج النهائي مغايرة لخواص أي من المواد المؤلفة له [1].



الشكل (1) مكونات المادة المركبة

تحتل المواد المركبة مكانة مرموقة في هندسة المواد كما أنها تملك انتشاراً واسعاً على مستوى العالم وتنال أقصى درجات الاهتمام في كثير من الدول المتطورة على المستوى البحثي والأكاديمي وحتى الصناعي وذلك بسبب استخدامها في مجال واسع من التطبيقات.

بدأ انتشار المواد المركبة في الستينات من القرن الماضي، وقد انتشرت المواد المركبة انتشاراً هائلاً خلال فترة قصيرة من الزمن نظراً لخواصها الميكانيكية الممتازة مقارنةً

بوزنها المنخفض، فدخلت في كل المجالات الهندسية، رغم أنها ولدت أصلاً في عالم صناعة الطائرات ومركبات الفضاء، حيث تلعب خفة الوزن دوراً رئيسياً في اختيار المواد.

تزايد الطلب على المواد المركبة في السنوات الماضية لما تمتلكه من خصائص فريدة وأداء عالي، وبشكل خاص المواد المركبة التي تكون فيها المادة الرابطة (الحاضنة) بوليميراً، ونخص بالذكر بوليميرات الإيبوكسي عالية الأداء التي تملك خصائص ميكانيكية وحرارية وكهربائية متقدمة وسهولة في التطبيق والإستخدام مما جعلها تدخل في تطبيقات متعددة وأصبحت تأخذ مكانة مرموقة في المجال الصناعي، وهذه الراتنجات هي عبارة عن سوائل منخفضة اللزوجة يتم تحضيرها من تفاعل مركب البيسفينول A- مع مركب إيبكلورهيدين، وتلعب عدة عوامل في جودة الخصائص النهائية لهذه البوليميرات كالبنية الجزيئية وظروف المعالجة اللاحقة ونسبة عامل التقسية المضاف.

ومع التطور الصناعي، أصبح لابد من استخدام مواد تعزز من خصائص راتنجات الإيبوكسي وخاصة في التطبيقات التي تتطلب أداءً وظيفياً عالياً للمواد وهنا برزت المواد اللامعدنية التي تُعتبر من أهم هذه المضافات وخصوصاً الكرييدات اللامعدنية مثل (كربيد السيليكون) والتي تتمتع بخصائص ميكانيكية عالية وقيم موصلية وثنائية حرارية مرتفعة، وإن استخدام مثل هذه المواد كمادة تقوية (reinforcement) في المادة المركبة من شأنه أن يُحسن الأداء الوظيفي للبوليمير ويعزز خصائصه، وهذا التحسن بالخصائص يتم بطرق تشكيل وتقانات ملائمة لا تؤثر سلباً على قابلية تشغيل وتطبيق الحاضنة البوليميرية.

كما أن التطور الكبير للمواد المركبة أصبح يتنامى بشكل كبير وخاصة في ميزة تضافر الخصائص بين المادة الرابطة ومادة التدعيم للحصول على مادة مركبة عالية الأداء وتلبي كافة درجات الأداء الوظيفي بدءاً من المنخفض وصولاً إلى المتقدم منها.

## 1-1- الدراسة المرجعية:

تعد المواد المركبة ذات الأساس البوليميري والتي تتم تقويتها بحبيبات من كربيدات لامعدنية، من المواد الهامة والتي لاقت اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين، حيث تم التوجه الى دراسة تحسين الخصائص الميكانيكية كعامل يونغ والقساوة ومقاومة الصدم ومقاومة الانعطاف ومقاومة الشد ومعامل الاحتكاك ومعدل الاهتراء لراتنج الإيبوكسي كحاضنة بوليميرية، حيث حضر كل من محمد رضا نعيمة و رسول اسماعيلي عدة عينات من مواد مركبة تحوي الإيبوكسي وتمت تقويتها بنسب مختلفة من حبيبات كربيد السيلكون النانوية وتوصلوا بعد التوصيف الميكانيكي الى نتائج أهمها [2]:

عند نسبة التدعيم المثلى (1%wt) من حبيبات الكربيد النانوية سوف تتحسن مقاومة الشد (Tensile strength) بنسبة تصل الى 27% وتتحسن قيمة معامل المرونة بنسبة 16.5%

أما مقاومة الانعطاف (flexural strength) فتصل الى تحسن بنسبة 43% عند القيمة المذكورة.

قيمة تحسن القساوة (Hardness) تصل الى نسبة 7% في حال التدعيم بالحبيبات (4%wt).

وبالنسبة لخصائص معامل الاحتكاك ومعدل الاهتراء فلقد تحسنت بنسبة 30% و 50% على الترتيب وذلك عند نسبة التدعيم العظمى 4% من حبيبات كربيد السيلكون النانوية.

أما بالنسبة لمقاومة الصدم فلقد حضر كل من Junwei Gu و Qiuyu Zhang و Jing Dang عدة عينات من مواد مركبة تحوي الإيبوكسي وتمت تقويتها بنسب مختلفة من حبيبات كربيد السيلكون المكروية سواء المعدلة او غير المعدلة بعامل ربط سيلاني وتمت دراسة خصائص الصدم وبلغت أعلى قيمة لمقاومة الصدم  $14.3 \text{ KJ/m}^2$  بالنسبة للمادة المركبة التي تم فيها استخدام حبيبات كربيد السيلكون الغير معدلة بعامل

ربط وذلك عند نسبة تدعيم مثلى بلغت 10% من حبيبات الكربيد وبنسبة تحسن 10%، أما بالنسبة للمادة المركبة التي تم فيها استخدام حبيبات كربيد السيليكون المعدلة بعامل ربط فلقد بلغت قيمة مقاومة الصدم  $15.5 \text{ KJ/m}^2$  بنسبة تحسن 19.23% [3].

## 2- أهمية البحث وأهدافه:

### 2-1- مشكلة البحث:

لا تؤمن راتجات الإيبوكسي لوحدها الخصائص الميكانيكية والحرارية المطلوبة في الصناعات الفضائية والتطبيقات عالية الأداء مما يتطلب إدخال مواد تحسن من خصائص راتنج الإيبوكسي ومن هذه المواد الكرييدات اللامعدنية التي تتمتع بخواص ميكانيكية وحرارية عالية والتي تكون متوافقة مع ريزين الإيبوكسي وتشكل مادة مركبة تفوق خصائصها مواصفات راتنج الإيبوكسي لوحده وتفي بالغرض المطلوب.

### 2-2- أهمية البحث:

تأتي أهمية هذا البحث من التطبيقات الواسعة والمهمة جداً للمواد المركبة ذات الرابط البوليميري والتي تدخل في العديد من الصناعات المتفاوتة في درجة الأداء الوظيفي المطلوب ومن أهم التطبيقات العملية لهذه المواد:

- ✓ في مجال اللواصق النوعية.
- ✓ الطلاءات الحرارية والصناعات الفضائية.

### 2-3- أهداف مشروع البحث:

يتناول هذا البحث تحضير مواد مركبة وتوصيفها وتم استخدام نوع محدد من الحواضن

البوليميرية وهو بوليمير الإيبوكسي (Epoxy Resin) ويتضمن العمل:

- 1- دراسة تأثير محتوى كربيد السيليكون على الخصائص الميكانيكية وإيجاد النسبة الوزنية المثلى للكربيد والتي تتحسن عندها الخصائص الميكانيكية.
- 2- دراسة تأثير معالجة حبيبات كربيد السيليكون بعامل ربط سيلاني على الخصائص الميكانيكية للمادة المركبة المعدلة الناتجة.
- 3- مواد وطرائق البحث:

### 3-1- المواد والمحاليل المستخدمة:

- بوليمير الإيبوكسي Epoxy Araldite LY5052 وهذا البوليمير من إنتاج شركة (HUNTSMAN) الألمانية، وهو عبارة عن سائل منخفض اللزوجة (1000-1500 cp) وذو كثافة ( $1.1-1.2 \text{ g/cm}^3$ ) من الممكن تحضيره من تفاعل مركب البيسفينول A مع مركب إبيكلورهيدين ولا يحتوي على محلات ويسمى كيميائياً دي غليسيديل إيتير بيس فينول A (DGEBA).

- المقسي الأميني (Aradur 5052) المرافق من شركة Huntsman الألمانية وهو عبارة عن بولي أمينات ثلاثية ويكون مادة سائلة بني اللون، ويمزج المقسي مع بوليمير الإيبوكسي Epoxy Araldite LY5052 بنسبة مزج (100:38) وزناً كما هو موصى به من الشركة المصنعة.

- حبيبات كربيد السيليكون ( $\beta\text{-SiC}$ ) من شركة (Merck) وهي عبارة عن حبيبات ميكروية ( $2-4 \mu\text{m}$ ) بأشكال كروية وذات بنية بلورية من النمط المكعبي مركزي الوجه (FCC) ذات لون رمادي وتبلغ كثافتها ( $3.2-3.3 \text{ g/cm}^3$ ).

- عامل ربط سيلاني من شركة (Merck) وهو عبارة عن أمينو بروبيل تري ميتوكسي سيلان ويكون سائلاً شفافاً ذي كثافة منخفضة ( $1.01-1.02 \text{ g/cm}^3$ ) ودرجة نقاوة 99.7%.

- إيثانول مخبري من شركة (Merck).

- ماء مقطر.

3-2- الأجهزة والأدوات:

3-2-1- الأجهزة الخاصة بالتوصيف والاختبار:

A- جهاز الاختبارات الميكانيكية العامة من شركة (ADAMEL LHOMARGY).

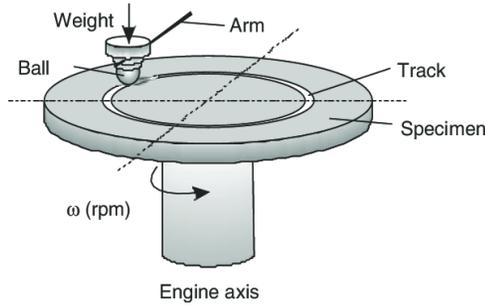
B- جهاز المطيافية تحت الحمراء من شركة Brucker نوع VECTOR22.

C- جهاز قياس القساوة (shore D) من شركة FRANK.

D- جهاز اختبار الصدم (Charpy) من شركة FRANK.

E- جهاز قياس معامل الاحتكاك ومعدل الاهتراء:

وهو جهاز تصنيع محلي بالمعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا ويعتمد على آلية Pin on disc أي مدى مقاومة العينة التي تكون على شكل قرص متحرك لانغراس وحك ابرة الجهاز ويتم معالجة النتيجة عبر حاسب الجهاز، كما يوضح الشكل (2):



الشكل (2) آلية عمل جهاز اختبار معامل الاحتكاك

3-2-2- الأجهزة الخاصة بتحضير العينات:

**A- جهاز المزج بالأمواج فوق الصوتية (Ultrasonic) من شركة DRAWELL :**

وهو عبارة عن جهاز ألماني الصنع يولد أمواج فوق صوتية يبلغ ترددها حوالي (30-35 KHz)، حيث تقوم هذه الأمواج بتفكيك تجمعات دقائق المواد الصلبة ضمن السوائل وذلك للحصول على التبعثر الجيد في المزائج المختلفة أو لزيادة سرعة الانحلال في المحاليل الكيميائية المختلفة ويظهر الشكلين (3,4) هذا الجهاز:



الشكل (4) رأس التثبيت



الشكل (3) جهاز Ultrasonic

**B- محرك مغناطيسي من شركة Harmony نوع HTS-1003.**

**C- فرن التجفيف من شركة (Memert).**

**D- آلة جليخ وصقل العينات (PHOENIX 3000) من شركة (Joan Wiriz):**

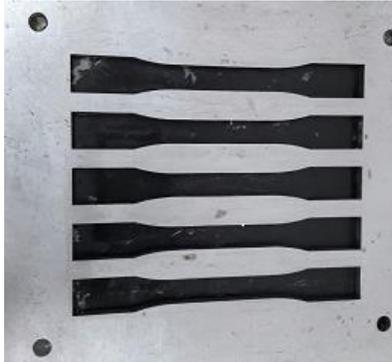
تتألف هذه الآلة من قرصي جليخ قابلين للدوران بمحرك واحد وبسرعة دوران أعظمية (1200 rpm) يبلغ قطر قرصي الجليخ 25cm، 30cm، ويتوضع على سطح كل منهما طبقة رقيقة من ورق الجليخ متعدد درجات النعومة والقابلة للتغيير والتبريد الآلي بالماء، حيث يتم اختيار القرص حسب درجة النعومة المطلوبة.

**E- ميزان إلكتروني حساس (LS1200) من شركة (Sartorius):**

يتميز هذا الميزان بدقة تبلغ (0.001gr) ويمكنه قياس الأوزان ضمن المجال (0.001-1200 g) مع إمكانية إجراء معايرة ذاتية وتصفير في أي وقت.

**F- قوالب من الفولاذ لتحضير العينات (تصنيع محلي):**

تم تحضير قوالب خاصة لتحضير عينات المواد المركبة المدروسة وإجراء الاختبارات الميكانيكية الخاصة بها كالشد والقساوة والصدم، تُصب المادة المحضرة في هذه القوالب المعدنية على شكل متوازي مستطيلات مخصور من الوسط متوافق مع اختبار الشد وذلك حسب المواصفات القياسية (ASTM-D638)، يبين الشكل (5) هذا القالب المستخدم:



الشكل (5) قوالب معدنية خاصة بتحضير عينات اختبار الشد

**G- مضخة تفريغ (WP6122050) من شركة (MILIPORE):**

هي عبارة عن مضخة تفريغ (vacuum) إيطالية الصنع مزودة بمقياس للتفريغ ومقياس للضغط وصمام لإلغاء التفريغ وصمام لإلغاء الضغط تتميز بقوة تفريغ متوسطة تبلغ حتى (-100KPa) ويتم وصلها مع حجرة زجاجية أو معدنية توضع العينات داخلها.

### H- محرك متغير السرعات صنع شركة (IKA) - (RW20.n):

هو عبارة عن محرك ماليزي الصنع يعطي مجال كبير من سرعات التحريك تتراوح من (50 rpm) وحتى (2000 rpm)، ويتم تغيير سرعة التحريك بواسطة مفتاح السرعة الذي يتدرج من (1) وحتى (10) ضمن مجالين من سرعات التحريك حسب نوع المسنن المستخدم، حيث يتراوح المجال الأول بين (5-500 rpm) في حين يتراوح المجال الثاني بين (500-2000 rpm).

### 3-3- تحضير العينات:

#### 3-3-1- طريقة تحضير عينات المادة المركبة (إيبوكسي- كريد السيليكون):

تم تحضير عينات المادة المركبة وفق الخطوات التالية:

1- وزن المواد (حبيبات الكريد وراتنج الإيبوكسي والمقسي المرافق) وذلك بميزان دقيق وحسب نسب التدعيم المراد تشكيل المادة المركبة وفقها كما يبين الجدول (1):

الجدول (1) كتل المواد المستخدمة في تشكيل العينات

نسبة التقوية (%)	SiC (g)	Hardner (g)	Epoxy resin (g)	رقم العينة
5	5	36.1	95	1
10	10	34.2	90	2
15	15	32.3	85	3
20	20	30.4	80	4
25	25	28.5	75	5
30	30	26.6	70	6
35	35	24.7	65	7

- 2- إدخال حبيبات الكرييد الى فرن تجفيف وتعرضها لدرجة حرارة ( $100C^{\circ}$ ) وذلك لمدة (2hr) لطرد أي آثار للرطوبة.
  - 3- إضافة حبيبات الكرييد بالتدرج الى راتنج الإيبوكسي وذلك في بيشر زجاجي، ونضع البيشر في وعاء يحوي على الثلج المجروش وذلك لتخفيض درجة الحرارة الناتجة عن الخلط، ويتم تعريض المادة المركبة للأمواج فوق الصوتية لمدة ساعة.
  - 4- بعد الانتهاء من الخلط بجهاز المجانسة تتم إضافة النسبة المحددة من المقسي (المصالب الشبكي) والتي تكون الشركة قد زودتنا بها ما بين الراتنج والمقسي (مثلاً في حالة Epoxy Ly 5052 تكون النسبة 38g من المقسي لكل 100g من الراتنج) ومن ثم تتم عملية الخلط باستخدام خلاط ميكانيكي لمدة حوالي (5 min).
  - 5- ومن ثم يتم سكب المادة المركبة في قالب المخصص وتُعالج بالفرن المجهّز بمضخة تفرغ لمدة ساعة عند درجة ( $70-75C^{\circ}$ ).
  - 6- ومن ثم تؤخذ وتُجهّز العينات للاختبارات المطلوبة (شد - صدم - القساوة - الاحتكاك والاهتراء) وذلك بعد إجراء عمليات التشذيب والإنهاء المناسب.
- 3-3-2- طريقة تحضير عينات المادة المركبة (إيبوكسي-كربيد السيليكون - عامل ربط سيلاني):

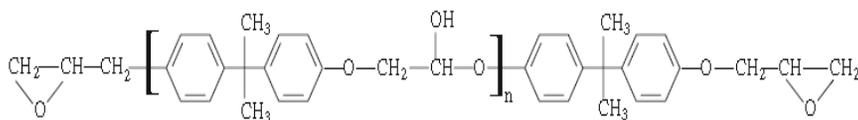
- 1- يتم وزن حبيبات كربيد السيليكون المجففة وفق نسبة التدعيم المطلوبة في المادة المركبة كما هو مبين في الجدول (1)، وتوضع في بيشر زجاجي.
- 2- توزن كمية عامل الربط السيلاني والتي تشكل نسبة 1% [4] من وزن حبيبات كربيد السيليكون المستخدم وتضاف الى البيشر.
- 3- نضيف الى البيشر 15g من الإيتانول المخبري و15g من الماء المقطر.
- 4- يوضع البيشر المغطى على محرك مغناطيسي عند درجة حرارة  $75C^{\circ}$  لمدة 4hr، ومن ثم يتم ازالة الغطاء وتترك العينة بدرجة حرارة الغرفة لمدة 24hr.

5- توضع العينة بعد ذلك في الفرن لمدة 15-18 hr عند الدرجة  $100^{\circ}\text{C}$  لإزالة اي أثر للرطوبة، وبذلك تكون حبيبات الكرييد المغلفة بعامل الربط السيلاني جاهزة للدخول في المادة المركبة.

6- بعد ذلك يتم تحضير المادة المركبة (إيبوكسي - كرييد) باستخدام جهاز التشتيت بالأموح الفوق صوتية بالطريقة المذكورة في الفقرة السابقة.

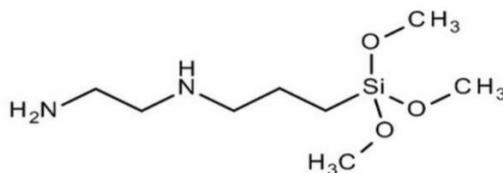
7- بعد الانتهاء من خلط وسكب عينة المادة المركبة وانتهاء التصلب تؤخذ العينة لتكون جاهزة للاختبار الميكانيكي المطلوب (شد - صدم - القساوة - الاحتكاك والاهتراء).

فيما يلي الشكل (6) يوضح البنية الكيميائية لراتنج الإيبوكسي:



الشكل (6) البنية الكيميائية لراتنج الإيبوكسي

أما البنية الكيميائية لعامل الربط المستخدم 3-Aminopropyltriethoxysilane موضحة كما في الشكل (7):



الشكل (7) البنية الكيميائية لعامل الربط السيلاني المستخدم

3-4-4- الطرائق المستخدمة في البحث:

3-4-1- التوصيف البنيوي:

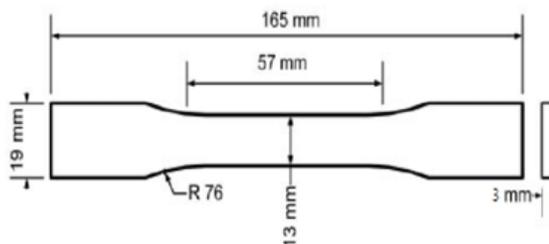
تم إجراء اختبار المطيافية تحت الحمراء لبوليمير الإيبوكسي قبل وبعد عملية المزج بالأموح فوق الصوتية (sonication)، ولحبيبات كربيد السيليكون لوحدها ومن ثم إجراء التوصيف البنيوي لحبيبات الكربيد المعالجة بعامل الربط السيلاني، حيث تم استخدام KBr كحامل للعينات الصلبة.

### 3-4-2- التوصيف الميكانيكي:

جرى تحضير العينات الخاصة بمادة الإيبوكسي والمواد المركبة المحضرة وذلك وفق التالي:

#### ● عينات اختبار الشد (Tensile strength):

تم تحضير العينات الخاصة باختبار الشد وفق المواصفة (ASTM-D638)، حيث تكون العينة المحضرة على شكل متوازي مستطيلات متخصر أبعاده كما في الشكل (8):



الشكل (8) أبعاد عينة الشد وفق المواصفة (ASTM-D638)

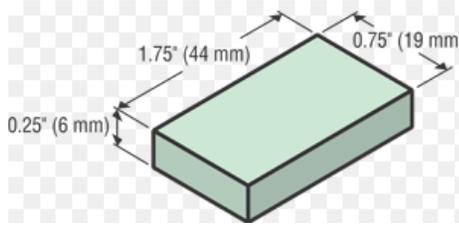
ويظهر الشكل (9) بعض من عينات اختبار الشد التي تم تحضيرها:



الشكل (9) عينة اختبار شد محضرة وفق مواصفة ASTM

● عينات اختبار القساوة (Hardness-shore D):

تم تحضير العينات الخاصة باختبار القساوة وفق المواصفة (ASTM- D2240)، حيث يطبق وزن 4Kg على العينة وتكون أبعادها كما في الشكل (10):



الشكل (10) شكل وأبعاد عينة اختبار القساوة

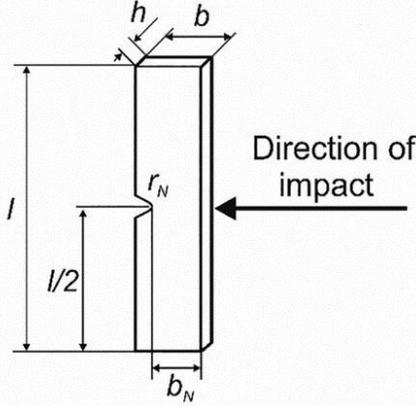
● عينات اختبار الصدم (Impact test-Charpy):

تم تحضير العينات الخاصة باختبار الصدم وفق المواصفة (ISO 179)، حيث تكون أبعاد العينة المحضرة كما في الشكل (11):

## Charpy

with single-notched specimen

Specimen type 1  
Notch type A



### Legend:

Length	$l = 80$ mm
Width	$b = 10$ mm
Remaining width	$b_N = 8$ mm
Thickness	$h = 4$ mm
Notch tip radius	$r_N = 0.25$ mm

الشكل (11) أبعاد عينة اختبار الصدم وفق مواصفة ISO 179

## ● عينات اختبار معامل الاحتكاك (Friction coefficient) ومعدل الاهتراء (Wear rate):

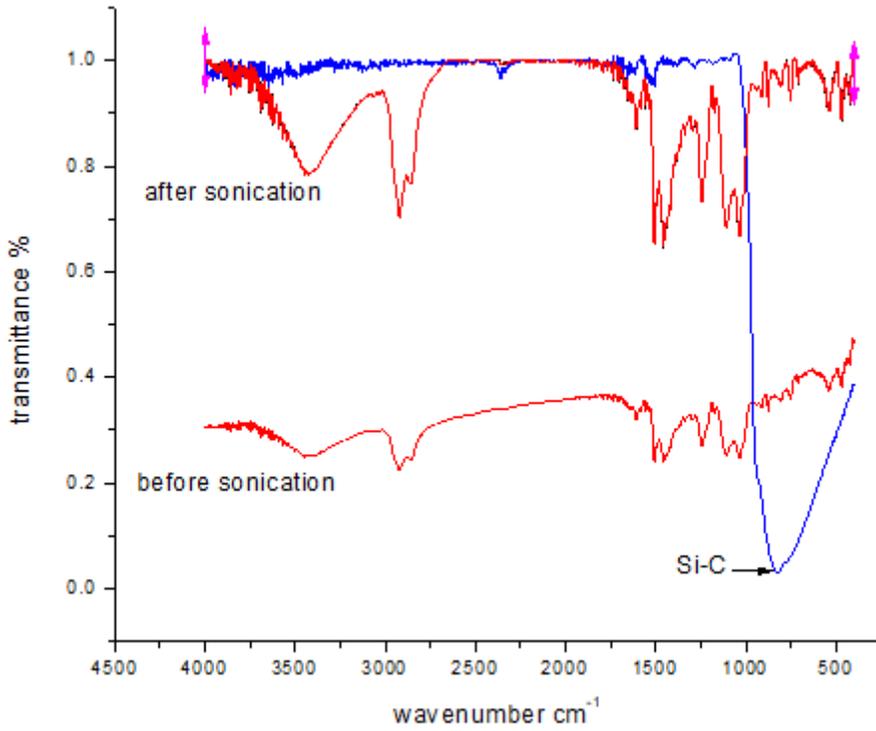
تم تحضير العينات الخاصة بهذا الاختبار وفق المواصفة (ASTM- G99)، حيث تكون أبعاد العينة الإسطوانية المحضرة  $(10 \times 10)$  mm.

### 4- النتائج والمناقشة:

#### 4-1- التوصيف البنيوي:

#### 4-1-1- دراسة وتوصيف المادة المركبة المكونة من بوليمير الإيبوكسي (Araldite LY5052) وكربيد السيليكون:

يبين الشكل (12) المطيافية تحت الحمراء لبوليمير الإيبوكسي وذلك قبل وبعد عملية التشتيت باستخدام الأمواج فوق الصوتية :



الشكل (12) المطيافية تحت الحمراء لبوليمير الإيبوكسي وذلك قبل وبعد عملية التشتيت ونلاحظ من الشكل القمم الرئيسية التالية والموافقة للروابط الكيميائية المبينة في الجدول (2):

الجدول (2) القمم المميزة لراتنج الإيبوكسي قبل وبعد عملية التشتيت

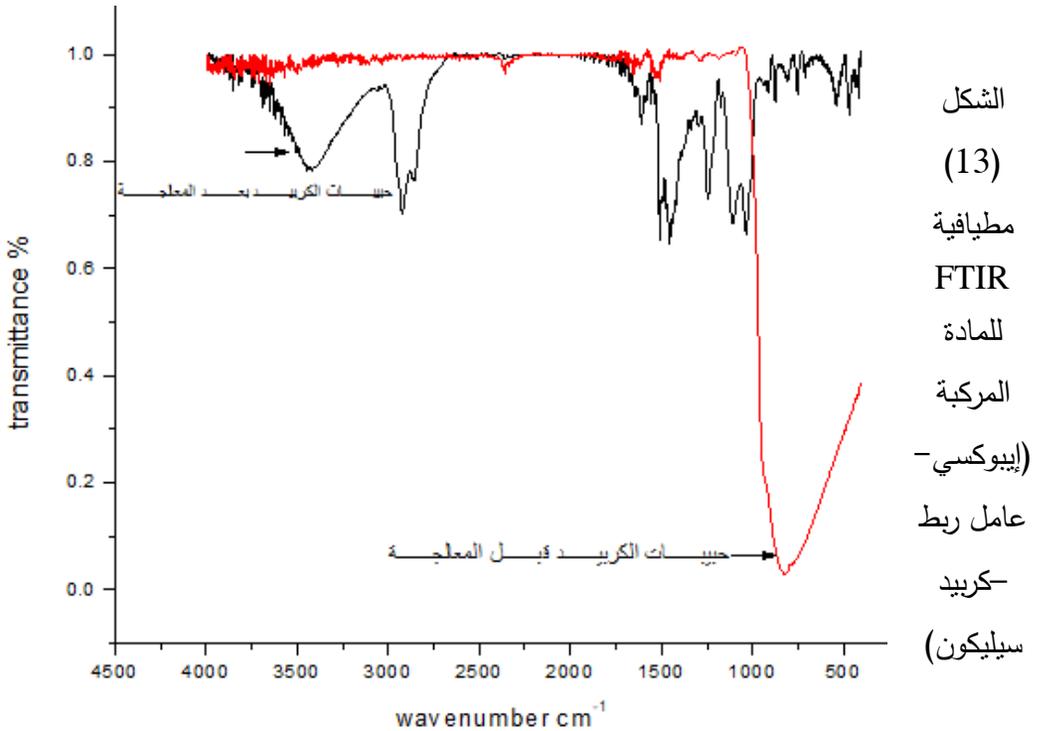
Chemical bond	Wavenumber $\text{cm}^{-1}$ بعد التشتيت	Wavenumber $\text{cm}^{-1}$ قبل التشتيت
C-H stretch in aromatics	3050	3050
C-H stretch of $-\text{CH}_3$	2964	2964
C-H stretch of $-\text{CH}_2$	2925	2925
C-H stretch of $-\text{CH}_3$	2868	2868
C-C stretching vibration in aromatic	1581,1606,1456,1508	1581,1606,1456,1508
aromatic C-O stretch	1243	1243
aliphatic C-O stretch	1180	1180
aromatic C-O stretch	1031	1031
epoxide ring	914 ,970	914 ,970
Si-C	862	862

حيث تم التعرّف على القمم الرئيسية في بوليمير الإيبوكسي والروابط الكيميائية الموافقة لها، والتحقق من عدم وجود أي أثر تدهيمي (degrading effect) من قبل الأمواج

الفوق صوتية على بنية راتنج الإيبوكسي، كما أنه بقيت ذرات حلقة الإيبوكسيد الثلاثية محافظةً على ترابطها.

#### 4-1-2- دراسة وتوصيف المادة المركبة المكونة من (بوليمير الإيبوكسي - كربيد السيليكون المعدل بعامل ربط سيلاني):

يبين الشكل (13) طيف ال FTIR والقمم الرئيسية لكل من كربيد السيليكون قبل وبعد معالجته بعامل الربط السيلاني:



ونلاحظ من الشكل (13) القمم الرئيسية التالية والموافقة للروابط الكيميائية المبينة في الجدول (3):

الجدول (3) القيم المميزة كربيد السيليكون المعالج بعامل الربط السيلاني

Chemical bond	Wavenumber $\text{cm}^{-1}$
C-H stretch in aromatics	3050

C-H stretch of -CH 3	2964
C-H stretch of -CH 2	2925
C-H stretch of -CH 3	2868
C-C stretching vibration in aromatic	1581,1606,1456,1508
N-H stretch	1573,776
aromatic C-O stretch	1245
C-N stretch	1105,1166
Si-O-Si stretch	1120
Si-O-C stretch	1080
aliphatic C-O stretch	1184
aromatic C-O stretch	1033
epoxide ring	914 ،970
Si-C	862

حيث نلاحظ ظهور قمم امتصاص بالإضافة لقمم الامتصاص الموجودة في طيف الإيبوكسي، وهي:

ظهور قمم امتصاص عند  $cm^{-1}$  (776-1573) مما يدل على امتطاط الرابطة N-H للوظيفة الأمينية.

ظهور قمتي امتصاص عند  $1166-1105 \text{ cm}^{-1}$  مما يدل على امتطاط الرابطة C-N.

ظهور قمة امتصاص عند  $1080 \text{ cm}^{-1}$  مما يدل على امتطاط الرابطة Si-O-C.

ظهور قمة امتصاص عند  $1120 \text{ cm}^{-1}$  مما يدل على امتطاط الرابطة Si-O-Si وهذا ما يشير الى حدوث ارتباط كيميائي على سطح الحبيبات بين كربيد السيليكون وعامل الربط السيلاني.

تم التعرف على القمم المميزة لمكونات المادة المركبة والروابط الكيميائية الموافقة لها وكذلك تم التعرف على الروابط المتشكلة على سطح حبيبات الكربيد بعد معالجتها بعامل الربط السيلاني.

#### 4-2- التوصيف الميكانيكي:

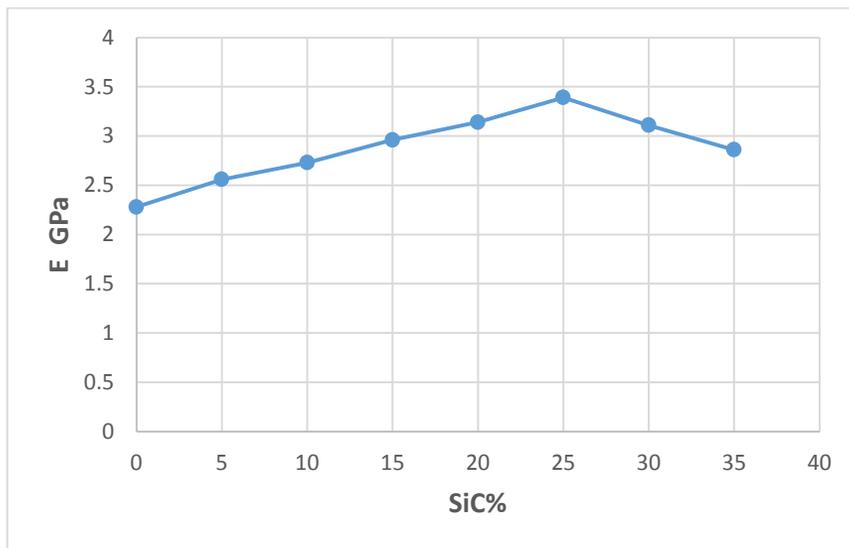
4-2-1- دراسة تأثير زيادة نسبة كربيد السيليكون على معامل يونغ وإجهاد الشد الأعظمي ( $\sigma_{\max}$ ) لراتنج الإيبوكسي:

يعطي الجدول (4) نتائج تغير معامل يونغ وإجهاد الشد الأعظمي ( $\sigma_{\max}$ ) لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون في المادة المركبة ذات الحاضنة البوليميرية Araldite LY5052:

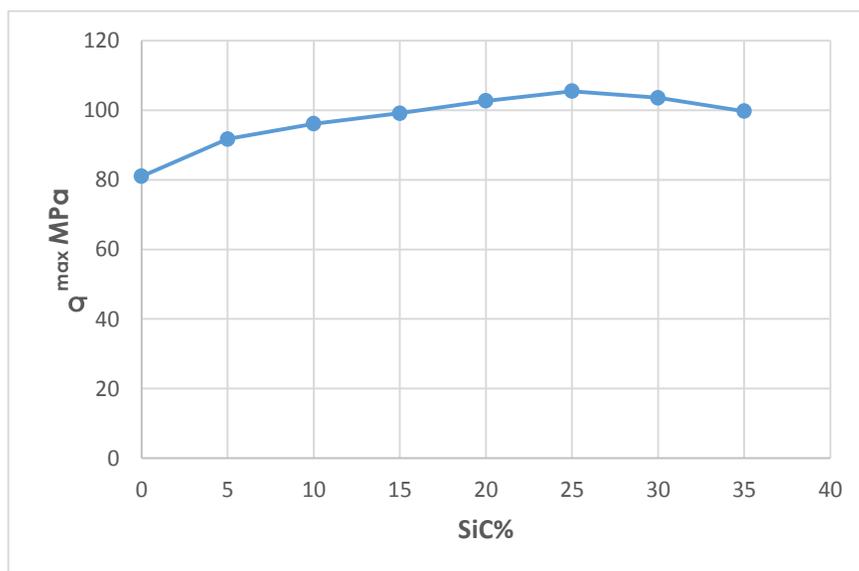
الجدول (4) نتائج تغير معامل يونغ وإجهاد الشد الأعظمي لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون

النسبة المئوية للتحسن %	متوسط إجهاد الشد الأعظمي $\sigma_{max}$ (MPa)	النسبة المئوية للتحسن %	متوسط معامل يونغ E (GPa)	نسبة SiC%	عدد العينات	رقم التجربة
-	81	-	2.28	0	10	1
13.24%	91.72	12.2%	2.56	5	10	2
18.63%	96.09	19.7%	2.73	10	10	3
22.35%	99.1	29.8%	2.96	15	10	4
26.74%	102.66	37.7%	3.14	20	10	5
30.21%	105.47	48.6%	3.39	25	10	6
27.86%	103.56	36.4%	3.11	30	10	7
23.11%	99.71	25.4%	2.86	35	10	8

وبيين الشكلين (14,15) تغيرات معامل المرونة (معامل يونغ) وإجهاد الشد الأعظمي بدلالة نسبة كربيد السيليكون:



الشكل (14) تغير معامل يونغ لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون



الشكل (15) تغير إجهاد الشد لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون

نلاحظ من الشكلين (14) ، (15) تحسن الخصائص الميكانيكية لراتنج الإيبوكسي بعد تدعيمه بحبيبات كربيد السيليكون، حيث أن بنية كربيد السيليكون تسمح بنقل الإجهادات

المطبقة على العينة، وتمنع تمدد التصدعات داخل البنية، كما أنها تعالج بعض العيوب الناتجة أثناء تشكل (تصالب) الإيبوكسي، كما أن كربيد السيليكون يتمتع بجساءة وصلابة مرتفعتين، كما نلاحظ أنه بزيادة نسبة الكربيد في المادة المركبة تتحسن الخصائص الميكانيكية حتى الوصول الى نسبة تدعيم 25% والتي تمثل نسبة التدعيم المثلى لراتنج الإيبوكسي بحبيبات الكربيد، ثم يبدأ الانحدار والانخفاض قليلاً في الخصائص مع بقاء التحسن في الخصائص الميكانيكية واضحاً عما هو عليه فيما لو كانت الحاضنة لوحدها ويُعزى ذلك الى أن زيادة نسبة الكربيد تزيد من لزوجة الجملة وهذا ما يؤثر سلباً على تبعثر وتشتت كربيد السيليكون ضمن الحاضنة البوليميرية كما أن هذه الزيادة في النسبة تقود الى تشكّل المزيد من الفقاعات الهوائية ومن ثم تشكل نقاط ضعف في البنية تؤثر عليها الإجهادات بشكل نوعي ومن ثم عدم الحصول على تجانس في الخصائص الميكانيكية للمادة المركبة. [3]

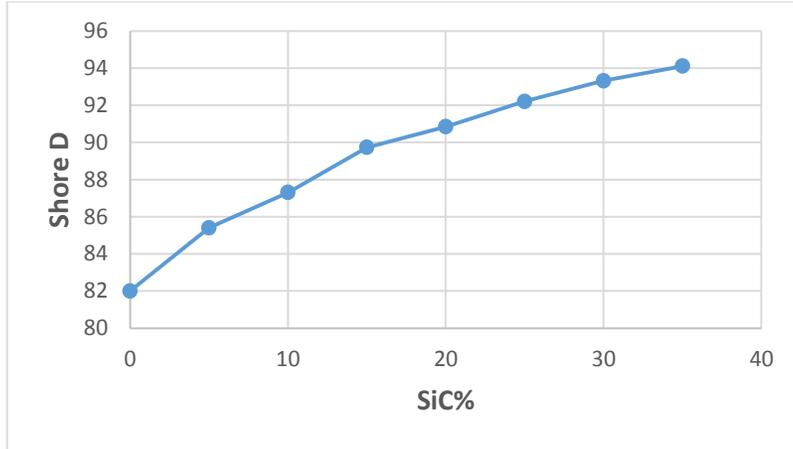
#### 4-2-2- دراسة تأثير زيادة نسبة كربيد السيليكون على قساوة راتنج الإيبوكسي:

يعطي الجدول (5) نتائج تغير قساوة راتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون في المادة المركبة:

الجدول (5) تغير قساوة راتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون

النسبة المئوية للتحسن %	متوسط القساوة (Shore D)	نسبة SiC%	عدد العينات	رقم التجربة
-	82	0	10	1
4.14%	85.4	5	10	2
6.46%	87.3	10	10	3
9.24%	89.73	15	10	4
10.78%	90.84	20	10	5
12.45%	92.21	25	10	6
13.8%	93.32	30	10	7
14.76%	94.11	35	10	8

ويبين الشكل (16) تغيرات قساوة راتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون:



الشكل (16) تغير القساوة لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون

نلاحظ أن حبيبات الكريد حسنت من قساوة بوليمير الإيبوكسي وذلك بشكل مطرد مع نسبة التدعيم، وذلك وصولاً الى نسبة تحسن بلغت 15% تقريباً وذلك عند نسبة تدعيم 35% من حبيبات الكريد، وذلك بسبب زيادة نسبة حبيبات الكريد في المادة المركبة (إيبوكسي-كريد) والتي تتميز بقساوة عالية ، والتي من شأنها كذلك أن تعالج العيوب الناتجة عن تقسية و معالجة (curing) راتنج الإيبوكسي.[3]

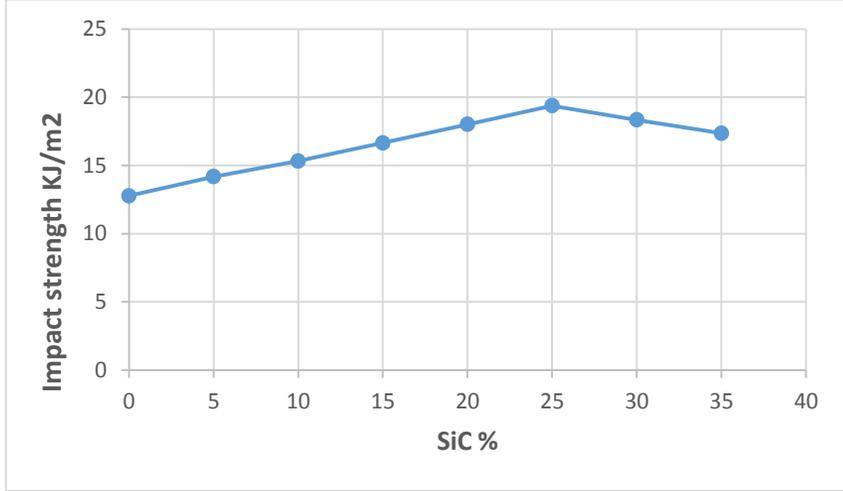
#### 4-2-3- دراسة تأثير زيادة نسبة كربيد السيليكون على مقاومة الصدم لراتنج الإيبوكسي:

يعطي الجدول (6) نتائج تغير مقاومة الصدم لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون في المادة المركبة:

الجدول (6) مقاومة الصدم لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون

رقم التجربة	عدد العينات	نسبة SiC%	طاقة الصدم (J)	مقاومة الصدم (KJ/m <sup>2</sup> )
1	10	0	0.511	12.77
2	10	5	0.567	14.175
3	10	10	0.613	15.325
4	10	15	0.666	16.65
5	10	20	0.720	18
6	10	25	0.7752	19.38
7	10	30	0.733	18.33
8	10	35	0.694	17.36

ويبين الشكل (17) تغير مقاومة الصدم بدلالة نسبة كربيد السيليكون:



الشكل (17) تغيير مقاومة الصدم بدلالة نسبة كربيد السيليكون

نلاحظ من الشكل السابق أن مقاومة الصدم لراتنج الإيبوكسي تزداد بزيادة الكسر الوزني لحبيبات الكربيد في المادة المركبة، وذلك بما يتوافق مع الخصائص الميكانيكية المدروسة سابقاً كإجهاد الشد ومعامل يونغ من حيث الوصول الى نسبة التدعيم المثلى وهي 25% وزناً من حبيبات الكربيد في المادة المركبة، حيث أن بنية كربيد السيليكون تسمح بنقل الإجهادات المطبقة على العينة، وتمنع تمدد التصدعات داخل البنية.

#### 4-2-4- دراسة تأثير زيادة نسبة كربيد السيليكون على معامل الاحتكاك (Friction coefficient) ومعدل الاهتراء (Wear rate):

يعطي الجدول (7) نتائج تغيير معامل الاحتكاك  $\mu$  ومعدل الاهتراء  $W$  للمادة المركبة (إيبوكسي LY5052- كربيد السيليكون) بدلالة نسبة كربيد السيليكون في المادة المركبة:

الجدول (7) تغير معامل الاحتكاك  $\mu$  ومعدل الاهتراء  $W$  لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون

رقم التجربة	عدد العينات	نسبة SiC%	معامل الاحتكاك $\mu (\times 10^{-4})$	معدل الاهتراء $W(\times 10^{-4})$ mm <sup>3</sup> /Nm
1	10	0	812	55
2	10	5	730	48
3	10	10	683	40
4	10	15	613	32
5	10	20	566	23
6	10	25	483	17
7	10	30	412	11
8	10	35	389	6

نلاحظ من الجدول السابق أن زيادة نسبة حبيبات الكربيد تحسن وبشكل طردي خصائص الاحتكاك والاهتراء لراتنج الإيبوكسي، حيث تشارك حبيبات الكربيد البوليمير في الحمولة المطبقة وبالتالي تُطبق على الحاضنة الحمولة الأقل وتخفف من اهتراء السطح كون هذه الحبيبات تتمتع بقساوة أعلى كما أن انخفاض قيمة معامل الاحتكاك تكون بسبب تشكل

غشاء (film) بيني بين الإيبوكسي وحببيبات الكرييد وتعتمد سماكة هذا الغشاء على محتوى وشكل وأبعاد حببيبات الكرييد. [2]

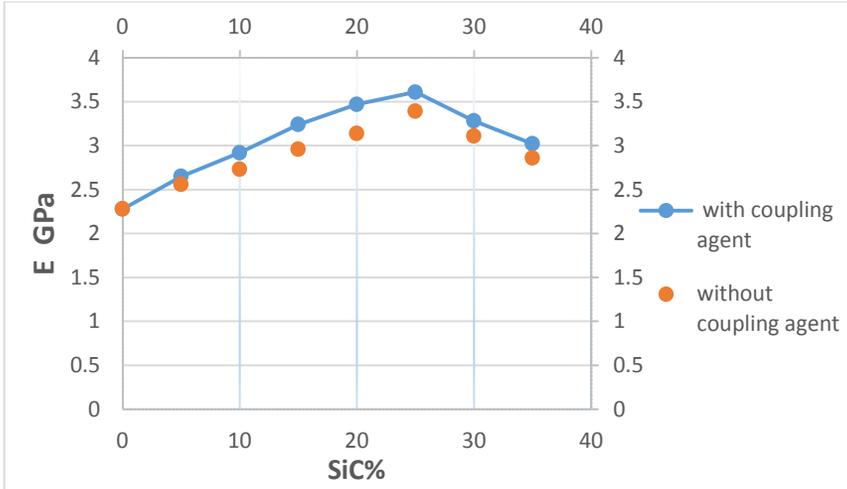
4-2-5- دراسة تأثير إضافة كرييد السيليكون المعالج بعامل الربط السيلاني على معامل يونغ وإجهاد الشد الأعظمي ( $\sigma_{max}$ ) لراتنج الإيبوكسي:

يبين الجدول (8) نتائج تغير معامل يونغ وإجهاد الشد الأعظمي لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كرييد السيليكون المعالج بعامل الربط السيلاني:

الجدول (8) نتائج تغير معامل يونغ وإجهاد الشد الأعظمي لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون المعالج بعامل الربط السيلاني

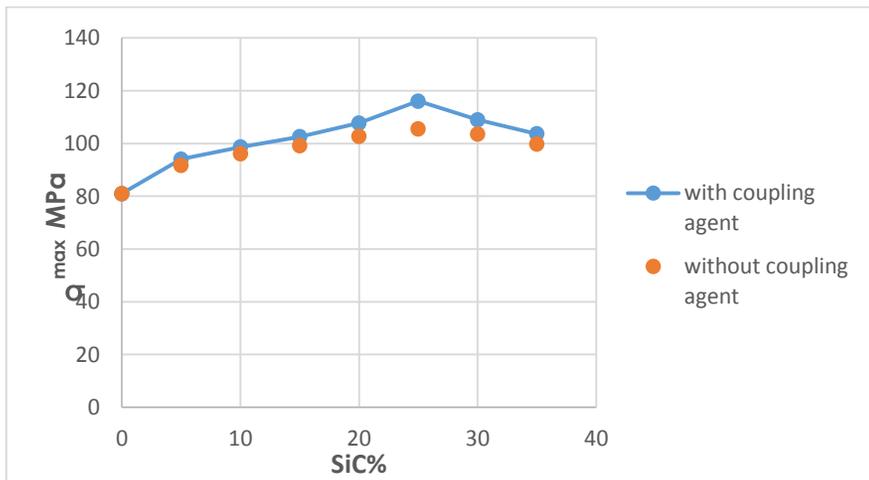
رقم التجربة	عدد العينات	نسبة SiC%	متوسط معامل يونغ E (GPa)	النسبة المئوية للتحسن %	متوسط إجهاد الشد الأعظمي $\sigma_{max}$ (MPa)	النسبة المئوية للتحسن %
1	10	0	2.28	-	81	-
2	10	5	2.65	16.22%	94.02	16.07%
3	10	10	2.92	28.07%	98.63	21.76%
4	10	15	3.24	42.10%	102.54	26.59%
5	10	20	3.47	52.19%	107.71	32.97%
6	10	25	3.61	58.33%	116.03	43.24%
7	10	30	3.28	43.85%	108.98	34.54%
8	10	35	3.02	32.45%	103.66	27.97%

يوضح الشكل (18) تأثير إضافة حبيبات كربيد السيليكون المعالجة بعامل ربط سيلاني على معامل يونغ:



الشكل (18) تغير معامل يونغ لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون المدعم بعامل الربط السيلاني

ويوضح الشكل (19) تأثير إضافة حبيبات كربيد السيليكون المعالجة وغير المعالجة بعامل ربط سيلاني على إجهاد الشد الأعظمي:



الشكل (19) تغير إجهاد الشد لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون المدعم بعامل الربط السيلاني

نلاحظ من الشكلين (19) ، (18) الدور البارز والمهم لحبيبات كربيد السيليكون في تحسين الخصائص الميكانيكية لراتنج الإيبوكسي، ونلاحظ بقاء النسبة 25% كنسبة تدعيم مثلى لحبيبات الكربيد في المادة المركبة، كما نلاحظ أن نسبة التحسن في اجهاد الشد الأعظمي للمادة المركبة التي تم فيها استخدام حبيبات كربيد السيليكون المدعمة بعامل ربط سيلاني قد بلغت 45% تقريباً عما هي عليه في راتنج الإيبوكسي لوحده، أما في حالة المادة المركبة التي تم فيها استخدام حبيبات كربيد السيليكون لوحده فقد بلغت نسبة التحسن في اجهاد الشد الأعظمي 30.21% ، وهذا ما يُعزى الى الدور الهام الذي يلعبه عامل الربط السيلاني في تسهيل عملية تبثر وتشتت مادة التقوية في الحاضنة البوليميرية، وبحسن من خاصية التبلل لحبيبات الكربيد وبالتالي التقليل من التجمعات ومناطق التكتل في المادة المركبة، وكذلك تحسين خصائص نقل الإجهادات على كامل المادة المركبة وبشكلٍ منتظم ومتجانس، وهذا متوافق مع الأدبيات العلمية المنشورة [3].

#### 4-2-6- دراسة تأثير إضافة كربيد السيليكون المعالج بعامل الربط السيلاني على

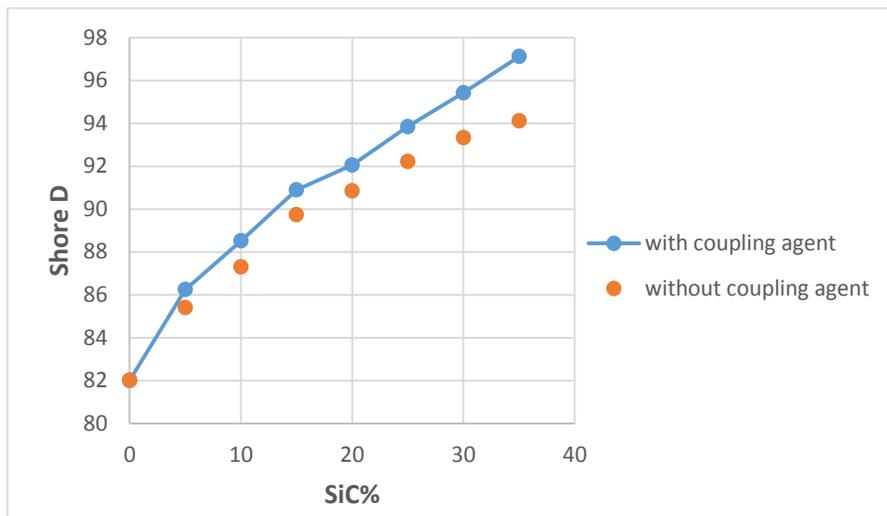
#### قساوة راتنج الإيبوكسي:

يوضح الجدول (9) نتائج اختبار القساوة للعينات المحضرة:

الجدول (9) نتائج تغير القساوة بدلالة نسبة كربيد السيليكون المعالج بعامل ربط سيلاني

النسبة المئوية للتحسن %	متوسط القساوة (Shore D)	نسبة SiC%	عدد العينات	رقم التجربة
-	82	0	5	1
5.17%	86.24	5	5	2
7.93%	88.51	10	5	3
10.84%	90.89	15	5	4
12.25%	92.05	20	5	5
14.43%	93.84	25	5	6
16.36%	95.42	30	5	7
18.42%	97.11	35	5	8

يوضح الشكل (20) تأثير إضافة حبيبات كربيد السيليكون المعالجة وغير المعالجة بعامل ربط سيلاني على قساوة راتنج الإيبوكسي:



الشكل (20) تغير القساوة راتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون المدعم وغير المدعم بعامل الربط السيلاني

نلاحظ من الشكل (20) أن استخدام حبيبات الكربيد المعالجة بعامل ربط سيلاني في المادة المركبة يزيد من نسبة التحسن في قساوة راتنج الإيبوكسي، وذلك بسبب زيادة متانة المادة المركبة وخصوصاً الطبقات السطحية التي تعبر عن قساوة هذه المواد.

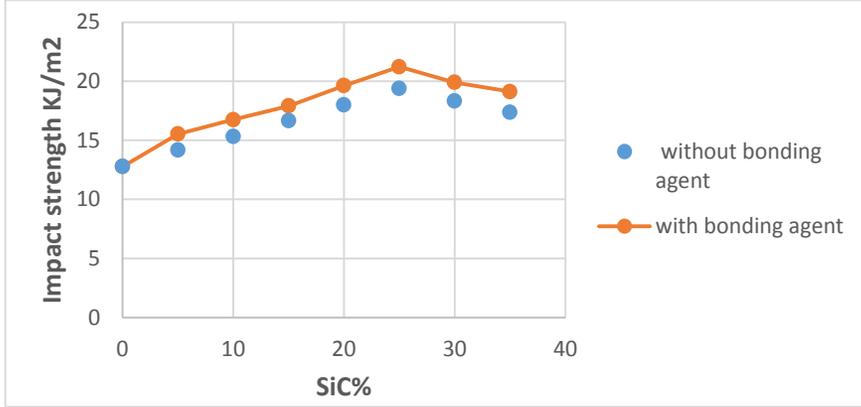
#### 4-2-7- دراسة تأثير إضافة كربيد السيليكون المعالج بعامل الربط السيلاني على مقاومة الصدم لراتنج الإيبوكسي:

يعطي الجدول (10) نتائج تغير مقاومة الصدم لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون في المادة المركبة (إيبوكسي - كربيد السيليكون - عامل ربط سيلاني):

الجدول (10) نتائج تغير مقاومة الصدم لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون المعالج بعامل ربط سيلاني

رقم التجربة	عدد العينات	نسبة SiC%	طاقة الصدم (J)	مقاومة الصدم (KJ/m <sup>2</sup> )
1	10	0	0.511	12.775
2	10	5	0.621	15.525
3	10	10	0.670	16.75
4	10	15	0.716	17.9
5	10	20	0.785	19.63
6	10	25	0.849	21.225
7	10	30	0.796	19.9
8	10	35	0.765	19.125

وبين الشكل (21) تأثير إضافة حبيبات الكربيد المعالجة وغير المعالجة بعامل ربط سيلاني على مقاومة الصدم لبوليمير الإيبوكسي:



الشكل (21) مخطط تأثير إضافة حبيبات الكربيد على مقاومة الصدم لبوليمير الإيبوكسي

تزداد مقاومة الصدم لراتنج الإيبوكسي في حال تدعيمها بحبيبات كربيد السيليكون المعالجة بعامل ربط سيلاني، وذلك أكثر مما هو عليه في حال استخدام حبيبات كربيد لوحدها، حيث بلغت نسبة التحسن في مقاومة الصدم في حالة التدعيم بحبيبات معالجة بعامل ربط سيلاني نسبة 66.14%، أما في حال استخدام حبيبات الكربيد لوحدها فقد بلغت نسبة التحسن 51.77%، ويعزى هذا التحسن في الخصائص الميكانيكية للإيبوكسي بوجود كربيد السيليكون المعالج بعامل الربط السيلاني، الى تشكل رابطة كيميائية Si-O-Si بين عامل الربط وحبيبات كربيد السيليكون، كما وتتشكل رابطة فيزيائية H-O-H بين عامل الربط وراتنج الإيبوكسي حيث تتفاعل مجموعات الألكوكسي الموجودة في عامل الربط مع مجموعات الهيدروكسيل في الإيبوكسي .

#### 4-2-8- دراسة تأثير إضافة كربيد السيليكون المعالج بعامل الربط السيلاني على معامل الاحتكاك ومعدل الاهتراء لراتنج الإيبوكسي:

يعطي الجدول (11) نتائج تغير معامل الاحتكاك  $\mu$  ومعدل الاهتراء  $W$  للمادة المركبة (إيبوكسي LY5052- كربيد السيليكون- عامل ربط سيلاني) بدلالة نسبة كربيد السيليكون في المادة المركبة:

الجدول (11) نتائج تغير معامل الاحتكاك  $\mu$  ومعامل الاهتراء  $W$  لراتنج الإيبوكسي بدلالة نسبة كربيد السيليكون المعالج بعامل الربط سيلاني

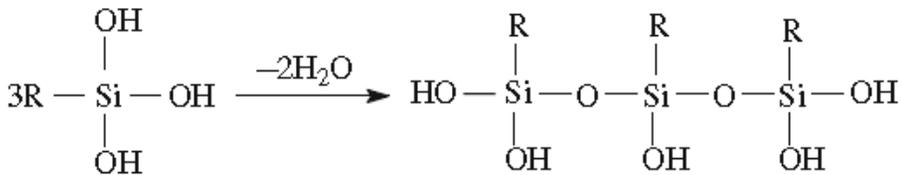
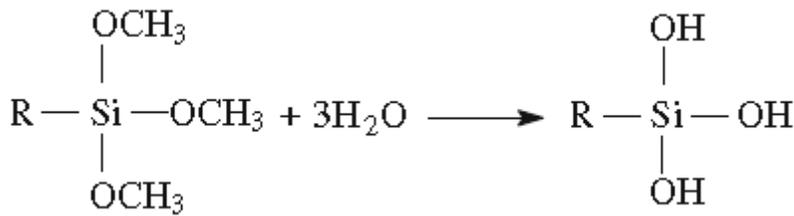
رقم التجربة	عدد العينات	نسبة $SiC\%$	معامل الاحتكاك $\mu (\times 10^{-4})$	معامل الاهتراء $W(\times 10^{-4})$ $mm^3/Nm$
1	10	0	812	55
2	10	5	718	41
3	10	10	668	33
4	10	15	594	27
5	10	20	551	20
6	10	25	469	13
7	10	30	396	8
8	10	35	371	2

نلاحظ من الجدول (11) الدور الواضح لحبيبات كربيد السيليكون المعالجة بعامل ربط سيلاني في تحسين خصائص مقاومة الاهتراء وخفض معامل الاحتكاك لراتنج الإيبوكسي، وذلك بسبب التحسن البنيوي في المادة المركبة العائد الى الدور الهام لعامل الربط السيلاني في الجملة.

#### 4-3- آلية التفاعل وتشكل الروابط:

• يتم التعبير عن آلية التفاعلات الحاصلة بالمعادلات التالية [3]:

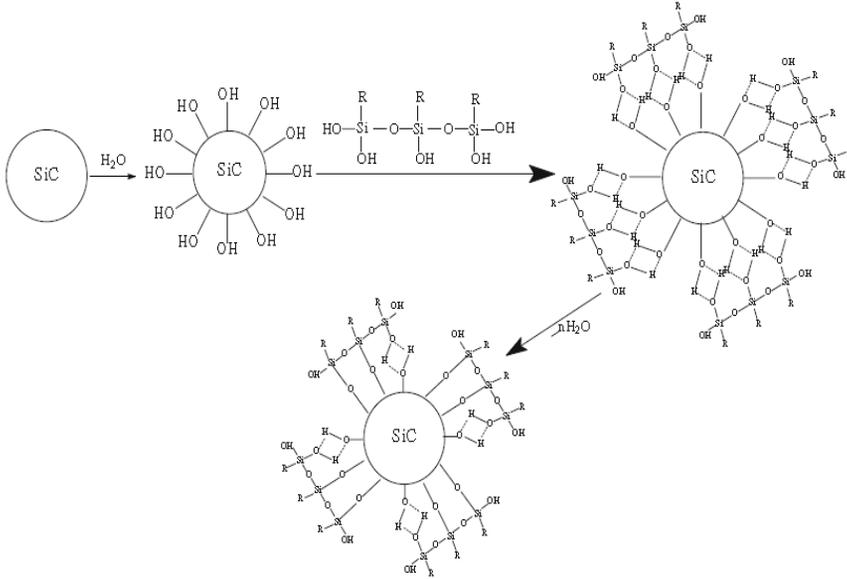
في البداية تتم عملية الإماهة والتكاثف لعامل الربط بوجود الماء كما في المعادلات التي يوضحها الشكل (22):



الشكل (22) عمليات الإماهة والتكاثف لعامل الربط بوجود الماء

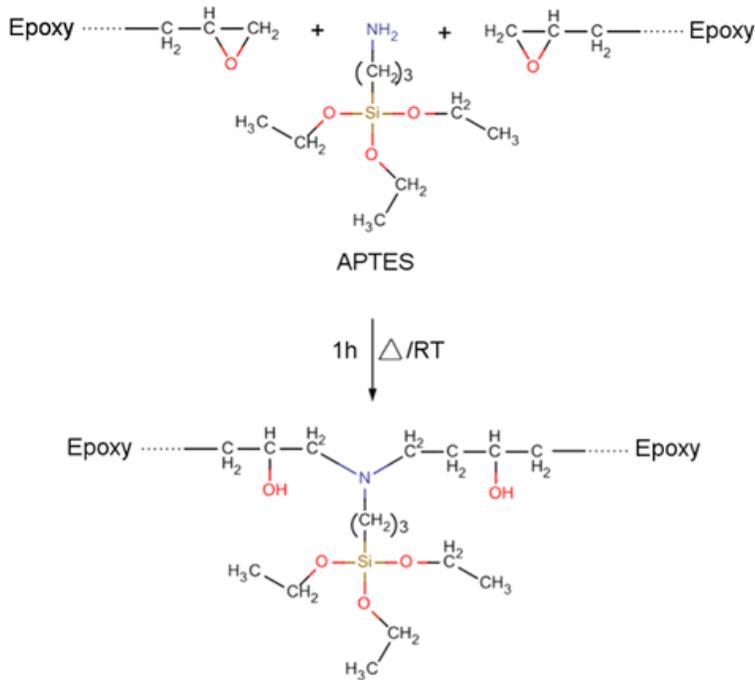
حيث R هي جذر الأمينو بروبييل الموجودة في عامل الربط السيلاني.

- أما آلية تشكل الروابط بين كربيد السيليكون وعامل الربط فتكون وفق نموذج Arkles model كما يبين الشكل (23)[3] :



الشكل (23) آلية تشكل الروابط بين كربيد السيليكون وعامل الربط السيلاني

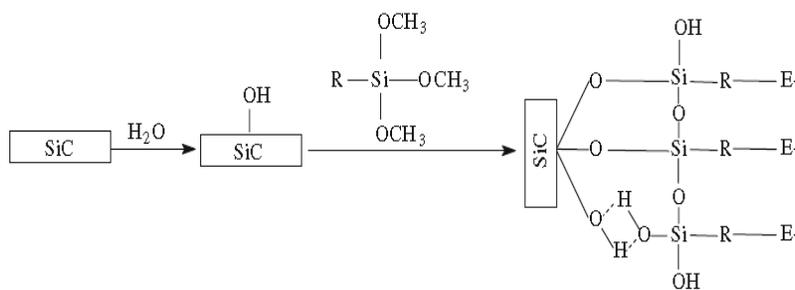
- ويمكن التعبير عن التفاعل الحاصل بين راتنج الإيبوكسي وعامل الربط بالمعادلة التالية كما يوضح الشكل (24)، حيث تتفاعل مجموعات الأمين في عامل الربط مع مجموعات الغليسيديل بيس فينول-A الموجودة في الإيبوكسي:



الشكل (24) التفاعل الحاصل بين راتنج الإيبوكسي وعامل الربط [6]

APTES هو أمينوبروبيل تري إيتوكسي سيلان.

● ويمكن التعبير عن تسلسل التفاعلات بالمجمل كما يوضح الشكل (25): [3]



الشكل (25) تسلسل التفاعلات الحاصلة في جملة (إيبوكسي-كربيد السيليكون- عامل

ربط)

حيث E هي رمز لراتنج الإيبوكسي.

## 5- الاستنتاجات:

يبين الجدول (11) مقارنة نتائج الاختبار الميكانيكي للمواد المركبة التي تم تحضيرها وهي:

(إيبوكسي-كربيد السيليكون - عامل ربط سيلاني) و (إيبوكسي-كربيد السيليكون) حيث تبين أن أفضل الخصائص الميكانيكية نحصل عليها من خلال معالجة حبيبات كربيد السيليكون ذات النسبة 25% في المادة المركبة بعامل ربط سيلاني قبل إدخالها في الجملة وبلغت نسبة التحسن في معامل يونغ 58.3% باستخدام الحبيبات المعدلة و 48.6% باستخدام الحبيبات الغير معدلة، أما بالنسبة لمقاومة الشد فبلغت نسبة التحسن 43.2% باستخدام الحبيبات المعدلة و 29.6% باستخدام الحبيبات الغير معدلة أما مقاومة الصدم فبلغت نسبة التحسن 66.1% باستخدام الحبيبات المعدلة و 51.7% باستخدام الحبيبات الغير المعدلة، أما بالنسبة للقساوة ومعامل الاحتكاك ومعدل الاهتراء فقد كان التحسن طردي مع زيادة نسبة حبيبات كربيد السيليكون، حيث بلغت نسبة التحسن (18.4,54.3,96.3%) على الترتيب وذلك باستخدام الحبيبات المعدلة، و (14.7,52.1,89.1%) على الترتيب باستخدام الحبيبات الغير المعدلة وذلك عند أعلى نسبة تدعيم وصلنا لها من حبيبات الكربيد 35% ويبين الجدول التالي مقارنة ببعض الخصائص وأثر استخدام حبيبات الكربيد المعدلة بعامل الربط في تحسين الخصائص الميكانيكية:

الجدول (11) مقارنة ببعض الخصائص الميكانيكية للمواد المركبة المحضرة

المادة	Epoxy-5052	Epoxy-25%SiC	Epoxy-silane-25%SiC
الخاصية			
E (GPa)	2.28	3.39	3.61
$\sigma_{max}$ (MPa)	81	105.47	116.03
مقاومة الصدم (kJ/m <sup>2</sup> )	12.775	19.38	21.225

6-التوصيات:

- إن هذا البحث فتح طريق عمل متنوع في مجال تحضير مواد مركبة أساسها حاضنة بوليميرية من حيث البحث عن إدخال بوليميرات تلبي الأداء الوظيفي المطلوب من المادة المركبة سواء كان كهربائي أو حراري أو ميكانيكي أو ضوئي ومن البوليميرات المعروفة: الفينوليك (تحمل حراري عالي وخصائص ميكانيكية جيدة)، البولي أنيلين المشاب (خصائص كهربائية ممتازة)، البولي فينيل بوتيرال (خصائص ميكانيكية والتصاقية جيدة).

- العمل ضمن المجال النانوي لحبيبات مادة التقوية في تدعيم الحاضنة البوليميرية وخصوصاً مع التطور والاهتمام الكبير في هذا المجال.

- البحث عن عوامل ربط أكثر ملاءمة وتوافقية مع الحاضنة البوليميرية المستخدمة فيما يعكس التحسّن في الخصائص المرجوة.

7 - المراجع:

- 1- HULL D. and CLARKE R. 1996 – An introduction to composite materials. Cambridge University Press, Second Edition. New York, pp. 326.
- 2- Naeimirad M . and Esmaeely R. 2015 – Fabrication and characterization of silicon carbide/epoxy nanocomposite using silicon carbide nanowhisker and nanoparticle reinforcements. Journal of Composite Materials, pp:1-13.
- 3- Gu J., Zhang Q., Dang J., Zhang J. and Chen S. 2009 - Preparation and mechanical properties researches of silane coupling reagent modified  $\beta$ -SiC filled epoxy composites, Polymer Bulletin, Vol. 62, pp:689-697.
- 4- ARKLES B. 2014 – Silane Coupling Agents Connecting Across Boundaries. Gelest, Third Edition, Morrisville-USA, 76p.
- 5- Jun-wei G., Qiu-yu Z., Hong-chun L., Jun-ping Z., Jie K., Yu-sheng T., Guang-cheng Z. 2007– Study on structure and mechanical properties of celluloid composites filled with titanate coupling reagent modified nano- $\beta$ -SiC, Modern Chem Indust, Issue 07, pp:38-41.
- 6- Gonzales M.G., Cabanelas J.C. and Baselga J. 2012 - Application of FTIR on Epoxy Resins–Identification, Monitoring the Curing Process, Phase Separation and Water Uptake, Infrared Spectroscopy – Materials Science, Engineering and Technology, Chapter 13, pp:261-284.

## تحضير وتوصيف معقدات جديدة لأسس شيف ثنائية السن غير متماثلة

\*أ.د محمد مضر

\*نبال عبد الرحمن

الخضر

### ملخص البحث

تم في هذه الدراسة تحضير مرتبطة جديدة (أساس شيف) (N<sup>-</sup>(4-برومو بنزليدين)-4-نترو بنزو هيدرازيد) من تكاثف بارا نترو بنز هيدرازيد مع بارا بروم بنز ألدهيد. واثنين من معقداتها مع كل من أيونات الكوبالت (Co) والنيكل (Ni) والنحاس (Cu) بنسبة مولية (1:1).

حيث تم اثبات بنية المرتبطة ومعقداتها والتأكد من أنها تسلك سلوك مرتبطة ثنائية السن بواسطة الطرائق المطيافية (مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT-IR)، مطيافية الرنين المغناطيسي الكربوني والبروتوني <sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR، مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) ) وأظهرت نتائج الدراسة توافقها مع الصيغ المقترحة للمعقدات المحضرة.

الكلمات المفتاحية: تفاعل التكاثف، أسس شيف، معقدات ، بارا نترو بنز هيدرازيد.

\*طالبة ماجستير : قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة البعث – حمص – سوريا

\*\*أستاذ الكيمياء اللاعضوية : قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة البعث – حمص – سوريا

# Synthesis, Characterization of New Metal Complexes of Unsymmetrical Bidentate Schiff Bases

\*N.Abd al Rahman

\*\* M.M.Al khuder

## Abstract

In this study a new conjugate (Schiff basis)

(N<sup>-</sup> - bromobenzylidene) -4-nitrobenzo-hydrazide) was prepared from the para-nitro-benz hydrazide condensation with para-brombenz aldehyde and two of its complexes with each of cobalt ions(Co), Nickel (Ni) and copper (Cu) in a molar ratio of (1: 1).

Where the associated structure and its complexities have been proven and confirmed behave as bidentate ligand By spectroscopy methods (infrared spectroscopy (FT-IR), carbon and proton magnetic resonance <sup>1</sup>H-NMR spectroscopy, <sup>13</sup>C-NMR, ultraviolet and visible (UV-Vis) spectroscopy) and the results of the study showed their compatibility with the proposed formulas of the prepared complexes.

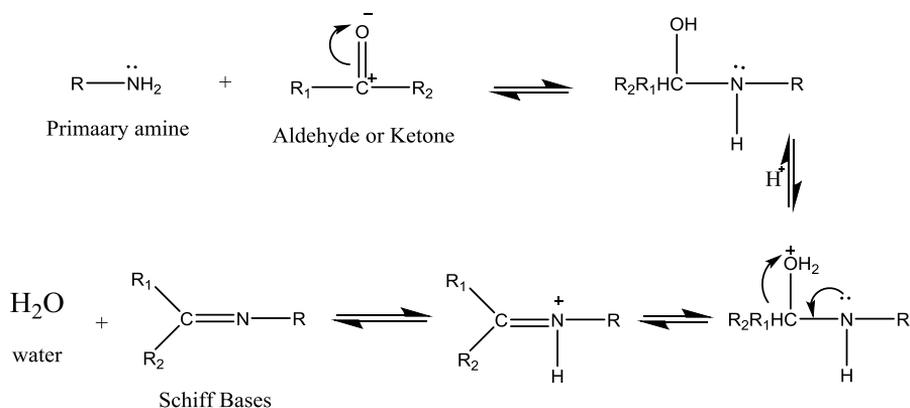
**Key words:** reaction of condensation; Schiff bases; 4-bromobenzaldehyde; 4-nitrobenzohydrazide.

\*Master student; Department of chemistry- Faculty of science-Albaath university, Syria

\*\*Dr for Inorganic Chemistry; Department of chemistry- Faculty of science- Albaath university, Syria

## . المقدمة:

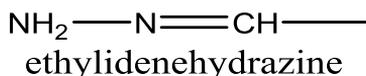
سميت أسس شيف بهذا الاسم نسبة الى مكتشفها هوغو شيف عام 1864 [1,2,3]، وهي عبارة عن مركبات عضوية تحتوي المجموعة الوظيفية ازوميثين C=N حيث ترتبط ذرة الأزوت مع ذرة الكربون برابطة ثنائية [2] وترتبط ذرة الأزوت مع مجموعة أريل أو ألكيل وتكون الصيغة العامة  $R_1R_2-C=R_3$ . تعد أسس شيف الأروماتية العطرية ذات انتشار واسع بسبب استقراريتها العالية ويعود سبب ذلك لاحتوائها على مجموعة الازو (N=N) والطين على الحلقة العطرية [4,5] تتشكل أسس شيف من تكاثف أمين أولي مع زمرة كربونيل موجودة في كل من الألدھيد أو الكيتون، ويوضح الشكل التالي آلية التكاثف [6,7]:



### مخطط (1): آلية تكاثف تشكل أسس شيف.

وترجع أهمية أسس شيف في استخدامها في تحضير بعض المركبات ذات الفعالية البيولوجية. فضلاً عن أهميتها في المجال الحيوي حيث استعملت كمضادات للبكتريا [8]والفطريات [9]. أيضاً لها أهمية في قدرتها على اقتناص أيونات المعادن [10,11] حيث تلعب دوراً هاماً في الكيمياء التحليلية والصناعية [12,13,14] وقد استخدمت العديد من مركبات أسس شيف كمركبات دوائية حيث أظهرت فعالية تجاه تقلصات الاوعية القلبية وكمضادات التهاب وفي بحثنا هذا اخترنا المركب الاميني من مجموعة

الهيدرازونات للانطلاق منه لتشكيل اساس شيف حيث تملك الهيدرازونات الصيغة العامة الموضحة بالشكل (1) حيث تعتبر من المركبات ذات الأهمية الطبية والبيولوجية [15] حيث أظهرت فعالية ضد البكتريا [16] واستخدمت كمضادات التهاب [18,17]. ومضادات للاختلاج [19] وكمسكن للآلام [20].



الشكل (1): صيغة الزمرة الفعالة في الهيدرازونات.

## 2. هدف البحث:

- ❖ اصطناع مرتبطة جديدة من خلال تفاعل أساس شيف (Ly) وذلك باستخدام بارا نثرو بنز هيدرازيد وبارا بروم بنز ألدهيد.
- ❖ تحضير معقدات عضوية معدنية لأساس شيف المحضر مع بعض أيونات المعادن من السلسلة الانتقالية الأولى الكوبالت (Co) والنيكل (Ni) والنحاس (Cu) ودراسة بنيتهم.

## 3. القسم التجريبي:

### 1.3. الأجهزة والأدوات المستخدمة والمواد الكيميائية المستخدمة:

- ❖ جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT-IR):  
Jascow-Infrared Spectrophotometer Fourier Transform Spectrum  
FT/IR -4100 (KBr)
- ❖ جهاز قياس درجة الانصهار: Electrothermal Melting Point Apparatus
- ❖ صفائح كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة من الألمنيوم مطلية بالسليكا جل 60F254  
قياس 20x20 من شركة Merck الألمانية.
- ❖ ميزان حساس.

- ❖ سخان مزود بمحرك مغناطيسي، ومجموعة من الأدوات المختلفة.
- ❖ بارا نترو بنز هيدرازيد بارا بروم بنز ألدهيد، كلوريد النحاس اللامائي، كلوريد الكوبالت اللامائي، نترات النيكل اللامائي، إيتانول مطلق، دي ميتيل سلفوكسيد DMSO، خلات الإيتيل، الايتز الايتيلي، نترا هيدرو الفوران THF، ميتانول، كلوروفورم، حمض الخل الثلجي، هيدروكسيد البوتاسيوم.

## 5. القسم العملي:

### 1.5. تحضير المرتبطة:

جهزت حوالة كروية مصنفة سعة (100ml) بمحرك مغناطيسي ومبرد عكوس في حمام مائي، حل فيها (1.0005g) من (4-bromobenzaldehyde) في (10ml) إيتانول) وأضيف حمض الخل الثلجي (5 قطرات) كوسط مناسب للتفاعل، ثم أضيف محلول من (1.0005g) من (4-nitrobenzohydrazide) في (40ml) إيتانول) بالتدريج. ترك التفاعل على درجة حرارة غليان المذيب ( $75^{\circ}\text{C}$ ) بالمكثف العكوس لمدة (5 ساعات) مع مراقبة سير التفاعل بواسطة كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة T.L.C فيتشكل راسب أصفر ليموني ثم يرشح وتتم تنقيته.

### 2.5. تحضير المعقدات:

#### 1.2.5. تحضير معقد الكوبالت $[\text{CoLy}(\text{Cl})_2]$ :

جهزت حوالة كروية مصنفة سعة (100ml) بقضيب مغناطيسي ومبرد عكوس في حمام مائي، فيها (0.174g, 0.5mmol) من المرتبطة المحضرة Ly والمنحل في (5ml) من نترا هيدرو الفوران البارد، ثم أضيف (0.067g, 0.5mmol) من محلول كلوريد الكوبالت اللامائي ( $\text{CoCl}_2$ ) المنحل في (15ml) من نترا هيدرو الفوران البارد الذي تمت إضافته على دفعات مع التحريك والتسخين المستمر عند درجة الحرارة ( $65^{\circ}\text{C}$ ) ولمدة (ثلاث ساعات). تم الحصول في نهاية التفاعل على محلول أخضر

اللون، رشحنا فحصلنا على الراسب (طحيني اللون) أبيض غامق وتمت تنقيته بغسيله بالمذيب المستخدم نترا هيدرو الفوران وبعدها ترك ليجف. وبلغ مردود المحلول 79%، ودرجة الانصهار للبلورات الناتجة ( $>300^{\circ}\text{C}$ ). وتم التأكد من احتواء المعقد الناتج على أيون الكلوريد  $\text{Cl}^-$  داخل كرة التساند باستخدام محلول من نترات الفضة، وعن طريق الناقلية الكهربائية له.

### 2.2.5. تحضير معقد النحاس $[\text{CuLyCl}_2]$ :

جهزت حوالة كروية مصنفة سعة (100ml) بقضيب مغناطيسي ومبرد عكوس في حمام مائي، فيها (0.174g, 0.5mmol) من المرتبطة المحضرة Ly والمنحل في (5ml) من نترا هيدرو الفوران البارد، ثم أضيف (0.068g, 0.5mmol) من محلول كلوريد النحاس اللامائي ( $\text{CuCl}_2$ ) المنحل في (10ml) من نترا هيدرو الفوران البارد الذي تمت إضافته على دفعات مع التحريك ثم أضيف (1ml) من هيدروكسيد البوتاسيوم المنحل في مذيب التعقيد نفسه، واستمر التسخين عند درجة الحرارة ( $65^{\circ}\text{C}$ ) لمدة (ثلاث ساعات). تم الحصول في نهاية التفاعل على راسب أصفر باهت اللون، رشح الراسب وتمت تنقيته بغسيله بالمذيب المستخدم نترا هيدرو الفوران وبعدها ترك ليجف. وبلغ مردود المحلول 75%، ودرجة الانصهار للبلورات الناتجة ( $>300^{\circ}\text{C}$ ). وتم التأكد من احتواء المعقد الناتج على أيون الكلوريد  $\text{Cl}^-$  داخل كرة التساند باستخدام محلول من نترات الفضة، وعن طريق الناقلية الكهربائية له.

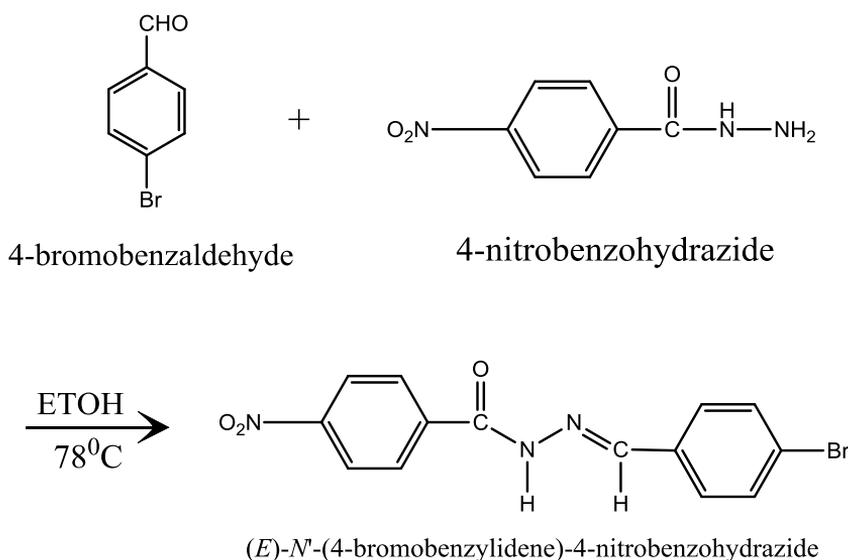
### 3.2.5. تحضير معقد النيكل $[\text{NiLy}(\text{NO}_3)_2]$ :

جهزت حوالة كروية مصنفة سعة (100ml) بقضيب مغناطيسي ومبرد عكوس في حمام مائي، فيها (0.174g, 0.5 mmol) من المرتبطة المحضرة Ly والمنحل في (5ml) من نترا هيدرو الفوران البارد، ثم أضيف (0.091g, 0.5mmol) من محلول نترات النيكل اللامائية المنحل في (10ml) من نترا هيدرو الفوران البارد الذي تمت

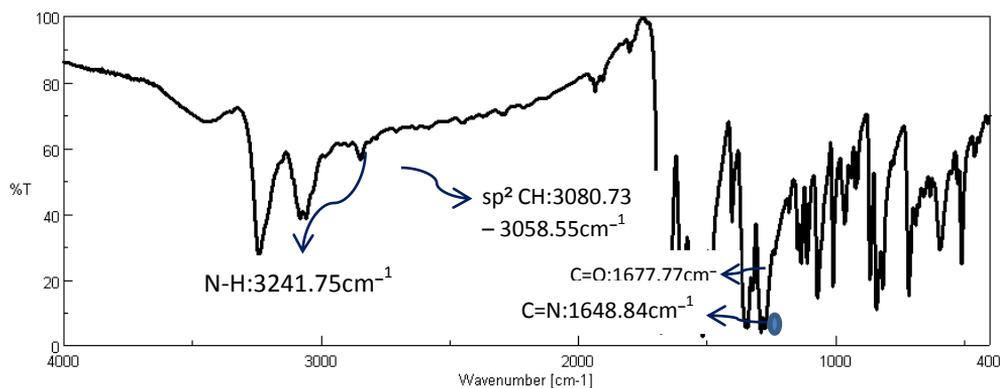
إضافته على دفعات مع التحريك والتسخين المستمر عند درجة الحرارة (65°C) ولمدة (ثلاث ساعات). تم الحصول في نهاية التفاعل على راسب برتقالي اللون، رشح الراسب وتمت تنقيته بغسله بالمذيب المستخدم تترأ هيدرو الفوران وبعدها ترك ليجف. بلغ مردود المحلول 77%، ودرجة الانصهار للبلورات الناتجة (>300°C). وتم التأكد من احتواء المعقد الناتج على أيون الكلوريد Cl<sup>-</sup> داخل كرة التساند طريق الناقلية الكهربائية له.

## 6. النتائج والمناقشة:

تم اصطناع المرتبطة Ly وفق المخطط التالي:



مخطط (2): اصطناع المرتبطة Ly.



الشكل (2): طيف FT-IR للمرتبطة Ly.

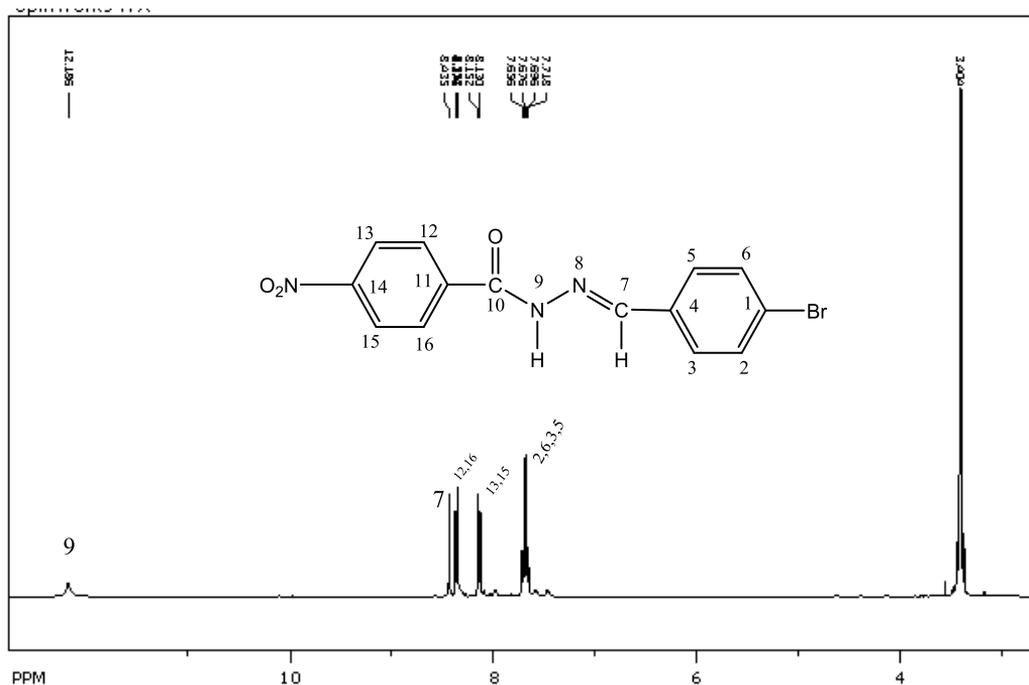
يلاحظ في طيف FT-IR للمرتبطة Ly وجود عصابة امتصاص عند  $\bar{\nu}=1648.84\text{cm}^{-1}$  عائدة إلى امتطاط الرابطة (C=N) مما يدل على تشكل المركب المطلوب بالإضافة لعصابة امتصاص عند  $\bar{\nu}=3241.75\text{cm}^{-1}$  والعائدة إلى امتطاط الرابطة (N-H).

الجدول (1) قيم الامتطاطات في طيف تحت الحمراء للمرتبطة Ly.

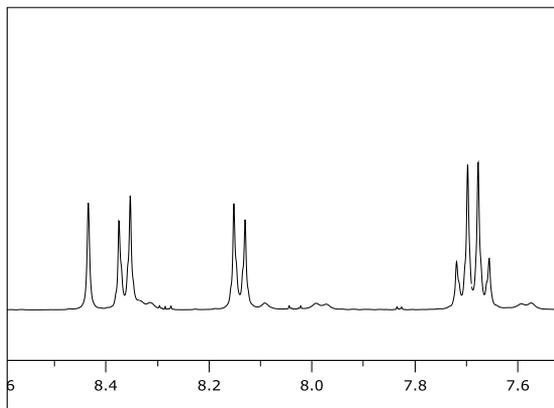
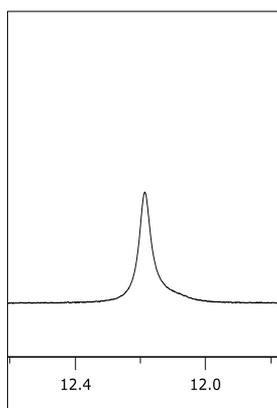
NO <sub>2</sub>	C=N	C=O	sp <sup>2</sup> C-H	N-H	الزمرة الوظيفية
1516.74	1648.84	1677.77	3080.73 – 3058.55	3241.75	الإمتطاط الموافق "cm <sup>-1</sup> "

### ثانياً: طيف الطنين النووي المغناطيسي البروتوني ( $^1\text{H:NMR}$ ):

تم تسجيل طيف الرنين النووي المغناطيسي البروتوني للمرتبطة Ly في دي ميتيل سيلفوكسيد (DMSO)، حيث نلاحظ ظهور إشارة وحيدة عند (8.43ppm) تعود إلى بروتون مجموعة الأزوميثين.



الشكل (3): طيف الرنين النووي المغناطيسي البروتوني للمرتبطة  $^1\text{H:NMR}$



الشكل (5): توسيع الطيف

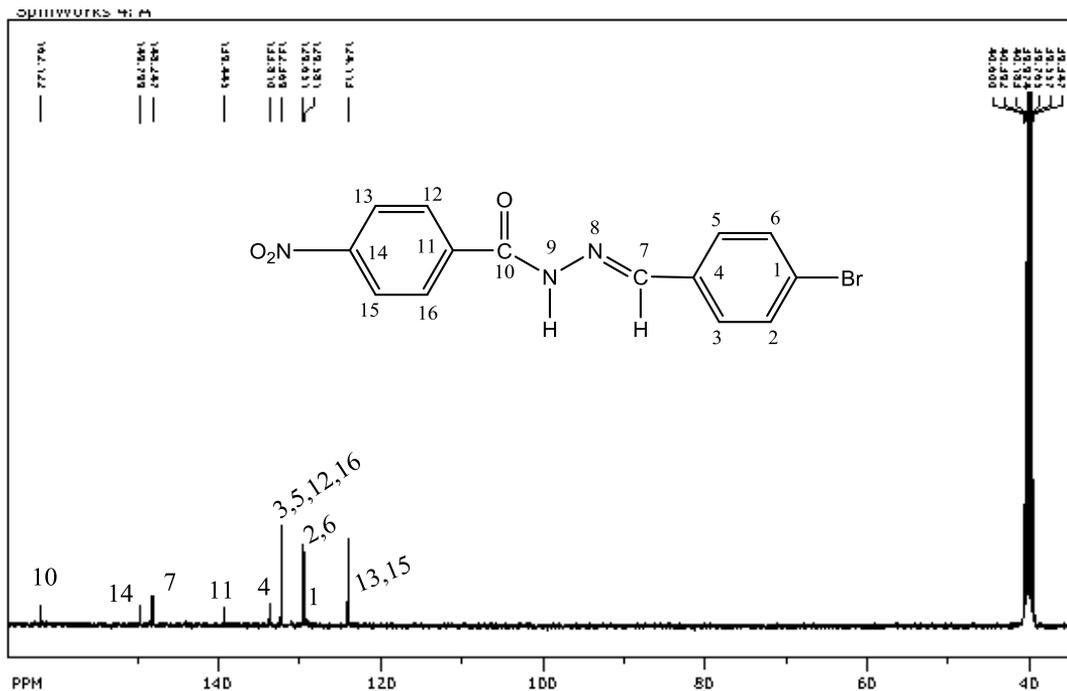
الشكل (4): توسيع الطيف

جدول (2) قيم الانزياحات لطيف الرنين النووي المغناطيسي البروتوني  $^1\text{H:NMR}$  للمرتبطة Ly:

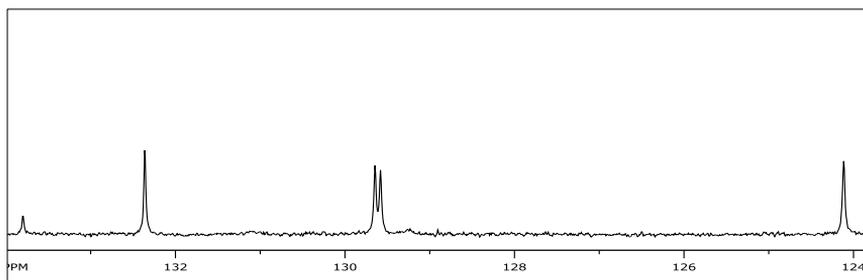
رقم ذرة الكربون	الانزياح الكيميائي $\delta$ (ppm)	رقم ذرة الكربون	الانزياح الكيميائي $\delta$ (ppm)
d, 2H, C13.C15	8.14	s, 1H, NH	12.187
d, 2H ,C3.C5	7.70	s, 1H, C7	8.43
d, 2H, C2.C6	7.66	d, 2H, C12.C16	8.36

ثالثاً: طيف الطنين النووي المغناطيسي الكربوني ( $^{13}\text{C:NMR}$ ):

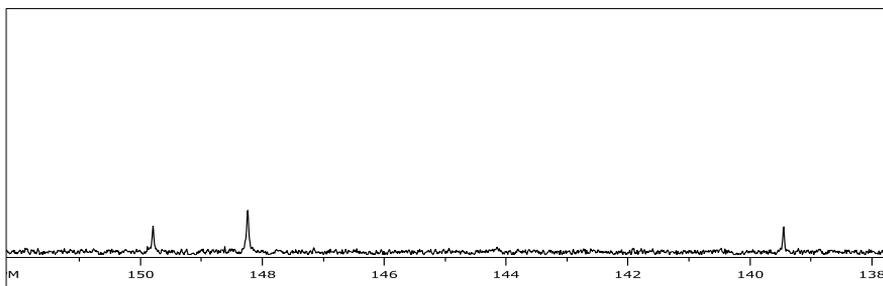
تم تسجيل طيف الرنين النووي المغناطيسي الكربوني للمرتبطة Ly في دي ميثيل سلفوكسيد (DMSO)، حيث يلاحظ وجود (9) انزياحات (باستثناء إشارة المحل) عادة ل(14) ذرة كربون وذلك يتوافق مع الصيغة المقترحة للمرتبطة. كما يظهر وجود إشارة عند (148.240 ppm) تعود لكربون مجموعة الآزوميثين.



الشكل (6): طيف الرنين النووي المغناطيسي الكربوني للمرتبطة  $^{13}\text{C}$ :NMR



الشكل (7): توسيع الطيف



الشكل (8): توسيع الطيف

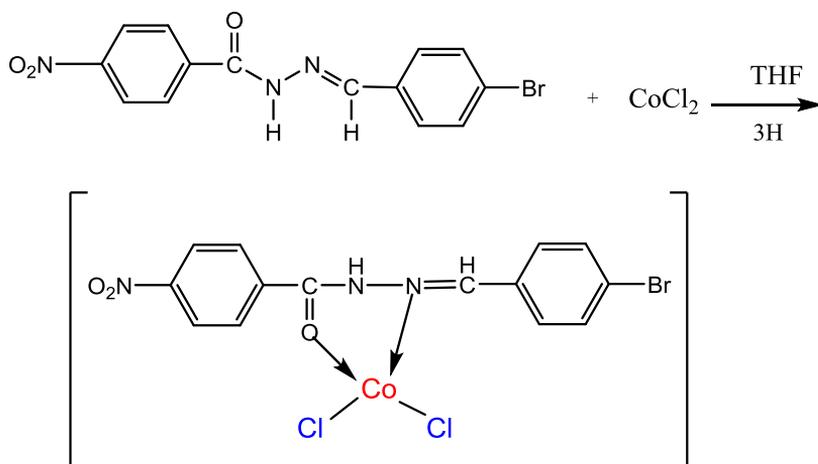
جدول (3) قيم الانزياحات لطيف الرنين النووي المغناطيسي الكربوني  $^{13}\text{C:NMR}$  للمرتبطة Ly:

رقم ذرة الكربون	الانزياح الكيميائي $\delta$ (ppm)	رقم ذرة الكربون	الانزياح الكيميائي $\delta$ (ppm)
3 ، 5 ، 12 ، 16	132.371	10	162.121
2 ، 6	129.650	14	149.805
1	129.584	7	148.240
13 ، 15	124.116	11	139.445
-	-	4	133.808

دراسة بنية المعقدات المعدنية:

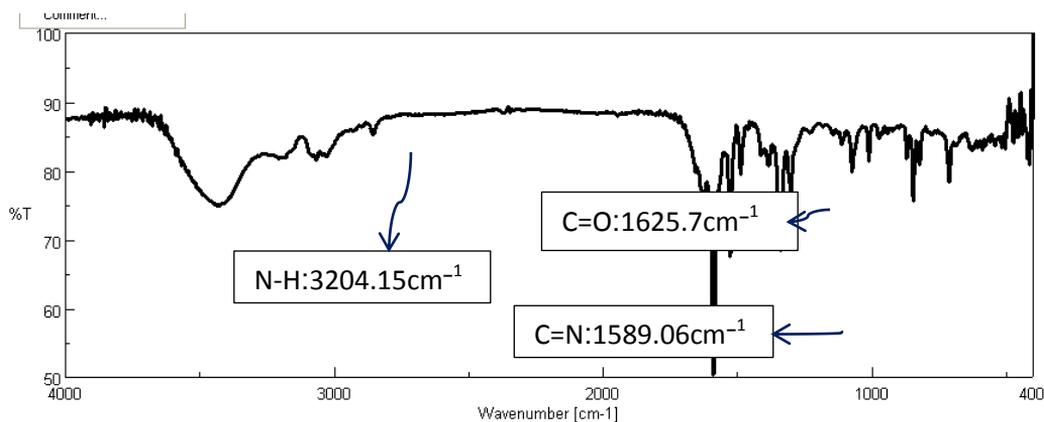
1- دراسة بنية معقد الكوبالت  $[\text{CoLyCl}_2]$ :

(E)-N'-(4-bromobenzylidene)-4-nitrobenzohydrazide



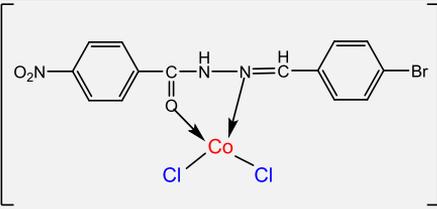
(3): مخطط يوضح آلية تشكل المعقد  $[CoLyCl_2]$

أولاً: طيف الأشعة تحت الحمراء IR: يلاحظ في طيف FT-IR المعقد بين أيون الكوبالت و المرتبطة Ly، وجود عصابة امتصاص عند  $\bar{\nu}=1589.06\text{ cm}^{-1}$  عائدة إلى امتطاط الرابطة (C=N) وعصابة امتصاص عند  $\bar{\nu}=3204.15\text{ cm}^{-1}$  والعائدة إلى امتطاط الرابطة (N-H).



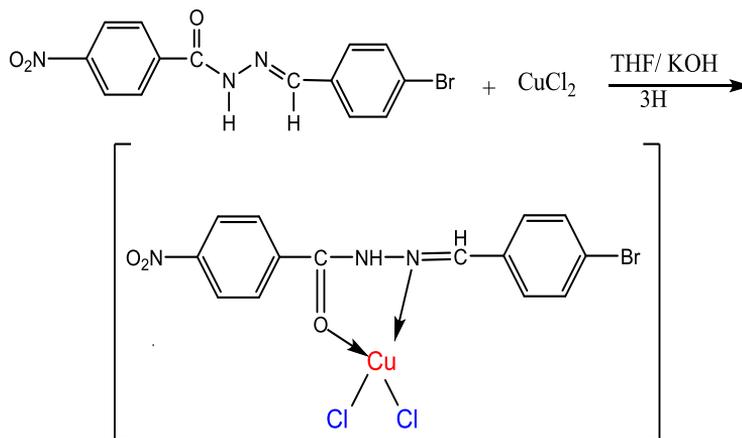
الشكل (9): طيف FT-IR للمعقد  $[CoLyCl_2]$

وبين الجدول (4) قيم الامتصاصات في طيف تحت الحمراء للمعقد

			
C=N	C=O	N-H	المجموعة الوظيفية
1589.06	1625.7	3204.15	الإمتصاص الموافق "cm <sup>-1</sup> "

## 2- دراسة بنية معقد النحاس [CuLyCl<sub>2</sub>]:

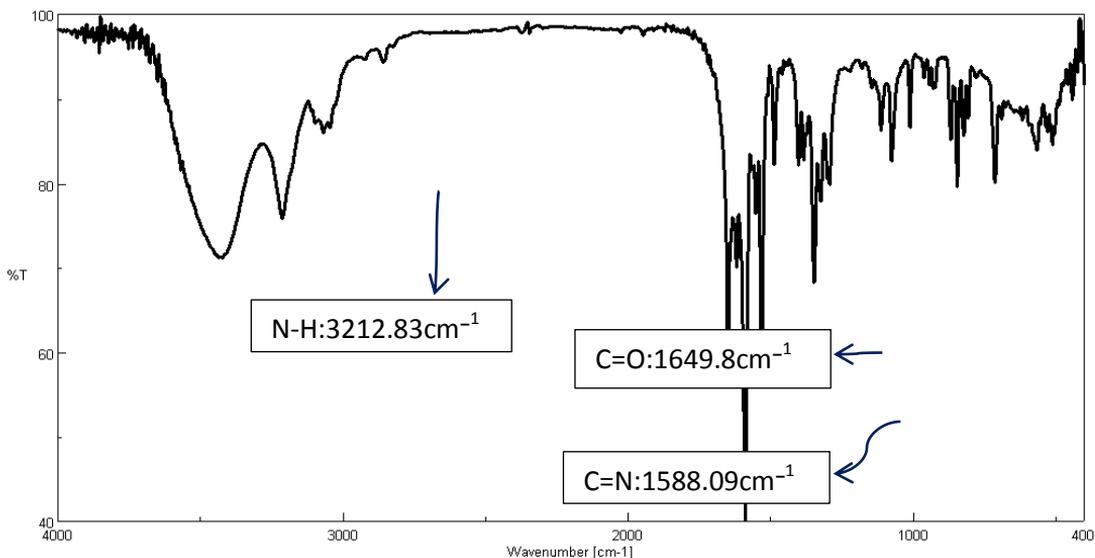
(*E*)-*N*'-(4-bromobenzylidene)-4-nitrobenzohydrazide



مخطط (4): يوضح آلية تشكل المعقد [CuLyCl<sub>2</sub>]

أولاً: طيف الأشعة ما تحت الحمراء IR:

يلاحظ في طيف FT-IR المعقد بين أيون النحاس و المرتبطة Ly، وجود عصابة امتصاص عند  $\bar{\nu}=1588.09 \text{ cm}^{-1}$  عائدة إلى امتطاط الرابطة (C=N) وعصابة امتصاص عند  $\bar{\nu}=3212.83 \text{ cm}^{-1}$  والعائدة إلى امتطاط الرابطة (N-H).



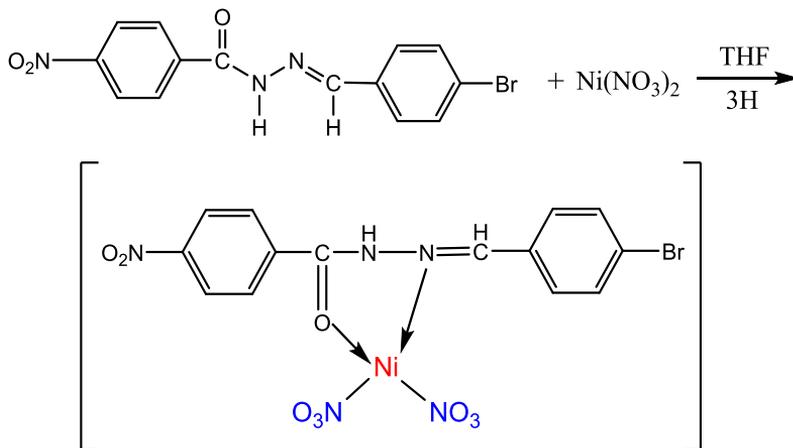
الشكل (10): طيف FT-IR للمعقد  $[\text{CuLyCl}_2]$

وبين الجدول (5) قيم الامتطاطات في طيف تحت الحمراء للمعقد  $[\text{CuLyCl}_2]$

C=N	C=O	N-H	المجموعة الوظيفية
1588.09	1649.8	3212.83	الإمتطاط الموافق "cm <sup>-1</sup> "

### 3-دراسة بنية معقد النيكل $[\text{NiLy}(\text{NO}_3)_2]$ :

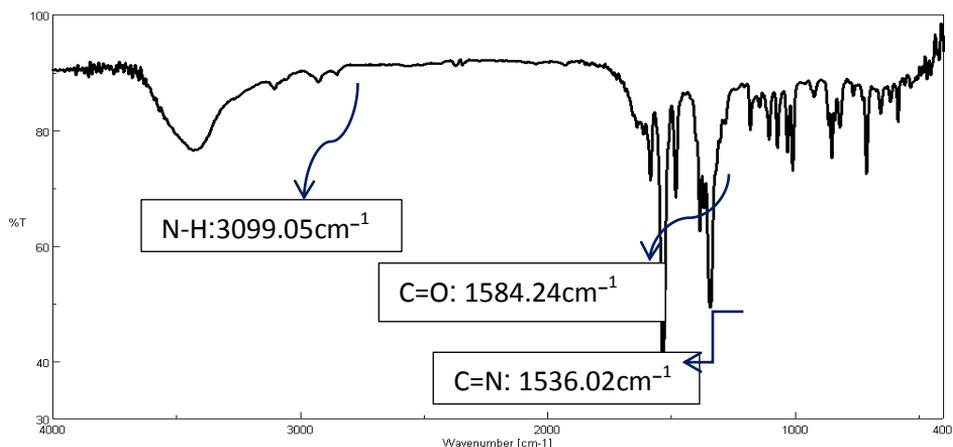
(*E*)-*N'*-(4-bromobenzylidene)-4-nitrobenzohydrazide



مخطط (5): يوضح آلية تشكل المعقد  $[\text{NiLy}(\text{NO}_3)_2]$

أولاً: طيف الأشعة ما تحت الحمراء IR:

يلاحظ في طيف FT-IR المعقد بين أيون النيكل و المرتبطة Ly، وجود عصابة امتصاص عند  $\bar{\nu}=1536.02\text{cm}^{-1}$  عائدة إلى امتطاط الرابطة (C=N) وعصابة امتصاص عند  $\bar{\nu}=3099.05\text{cm}^{-1}$  والعائدة إلى امتطاط الرابطة (N-H).



الشكل (11): طيف FT-IR للمعقد  $[NiLy(NO_3)_2]$

ويبين الجدول (6) قيم الامتصاصات في طيف تحت الحمراء للمعقد



C=N	C=O	N-H	المجموعة الوظيفية
1536.02	1584.24	3099.05	الإمتطاط الموافق "cm <sup>-1</sup> " 1

### دراسة نسبة المعدن في المعقدات العضوية للمرتبطة (Ly):

لقد تمت الدراسة من خلال طريقة الترميد حيث يتم ترميد المقعد بجفنة من البورسلان عند درجة حرارة 800°C كما يلي:

تم أخذ (0.101g) من معقد  $[CuLyCl_2]$  وأضيف إليه (1ml) من حمض الآزوت المركز ثم تم الترميد حتى الدرجة  $800^{\circ}C$  لمدة ساعة ونصف فيتشكل لدينا أوكسيد (CuO) وكان وزنه (0.013g).

$[CuLyCl_2] \longrightarrow (Cu)$  حساب القيمة النظرية:

$$482.608 \text{ g} \longrightarrow 63.546 \text{ g}$$

$$100 \text{ g} \longrightarrow X \text{ g} \quad X =$$

13.167g

$(CuO) \longrightarrow (Cu)$  حساب القيمة العملية:



$$0.016 \text{ g} \longrightarrow Y \text{ g} \quad Y =$$

0.013g

$0.101 \text{ g} \longrightarrow 0.013 \text{ g}$  النسبة المئوية

$$100 \text{ g} \longrightarrow Y' \text{ g} \quad Y' =$$

12.871g

وينفس الطريقة تم حساب نسبة المعدن في باقي المعقدات حيث يبين الجدول الآتي النسب النظرية والنسب العملية للمعادن في المعقدات.

جدول (7) النسب النظرية والعملية للمعادن في المعقدات :

المعقد	النسبة النظرية للمعدن %	وزن الاوكسيد	النسبة التجريبية للمعدن %
[CoLyCl <sub>2</sub> ]	12.329	0.014	11.828
[CuLyCl <sub>2</sub> ]	13.167	0.016	12.871
[NiLy(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	11.056	0.014	10.377

### النتائج:

- (1) تم اصطناع المرتبطة (Ly): N<sup>-</sup>(4-برومو بنزليدين)-4-نترو بنزو هيدرازيد.
- (2) تم اصطناع معقدات هذه المرتبطة مع كل من أيون النحاس والنيكل والكوبالت.
- (3) تم التأكد من توافق نتائج الدراسة للأطياف مع الصيغ المقترحة لكل من المرتبطة والمعقدات المحضرة.

المراجع:

- 1- Wasi N.; *Inorganica Chimica Acta*, 135(1987):133-137.
- 2- Johan T.H. Roos and David R. Williams; *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, 39(1977): 367-369.
- [3] Surve N.N, Shankar R, Saud K, Gupta R, Pandey S, Chavhan.S.T, Chavhan RP. *Synthesis, Characterization of some Schiff's bases derived from phenylhydrazine* . International Journal of Chemical Studies. 2016;4(1):109-111.
- 4- Samina K. Tadavia, Abhijit A. Yadav and Ratnamala S. Bendrea; *Journal of Molecular Structure*, 1152(15) 2018: 223-231.
- 5- Cozzi P. G.; *Chemical Society Reviews*, 33(2004) 410-421.
- 6- Ali H.Kianfar and Roghayeh H. Fath; *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(4)2017: 865- 874.
- 7- Keerthi K. Ct., Keshavayya J., Rajesh T.,Peethambar Sk.; *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(2)2013: 639-647.
- 8- Kabeer A. S., Baseer M. A. and Mote N.A.; *Asian Journal of Chemistry*,13(2) 2001:496–500.
- 9- Rajasekar K., Ramach and ramoorthy T. and Balasubramanian S.; *Research Journal of Chemical Sciences*, 3(3)2013: 48-5
- 10- Lekaa K.AbdulKarem, FawziY.Waddai and Nisreen H. Karam; *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*,10(8)2018: 1912-1917
- 11- Paryzek W. R., Patroniak V. and Lisowski J.; *Coordination Chemistry Reviews*, 249(2005): 2156-2175
- 12- Schiff H.; Justus Liebigs Annalen der Chemie., 131(1864): 118-119.

- 13- Kalaivani S., Padma P.N., and Arunachalam S.; ***International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology***, 3(1)2012:219-223.
- 14]Mumtaz A, Mahmud T, Elsegood M.R and Weaver GW. ***Synthesis and Characterization of New Schiff Base Transition Metal Complexes Derived from Drug Together with Biological Potential Study***. Journal of Nuclear Medicine & Radiation Therapy. (2016).
15. Jodongunjan and diwakerawadh. “***syntheses and biological evaluation of some phenyl acetic acidhydrozonederivativs***”. *International research journal of pharmacy* 2.11 (2011): 110-112 .
16. Sridhar SK., et al. “***Anticonvulsant activity of hydrazones, Schiff and Mannich bases of isatin derivatives***”. *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 16.3 (2002): 129-132.
17. RaminHajikhani., et al. “***Microwave Assisted Efficient One-pot Synthesis, Characterization of Organophosphorus Based Hydrazone Derivatives under Solvent-Free Conditions and Their Antimicrobial Activity Middle-East***”. *Journal of Scientific Research* 13.9 (2013): 1186-1189.
- [18] Arfan M. , Khan R., Tavman A. and Saba S.. ***Spectral characterization and crystal structure of 2 -amino-N'-[(1Z)-1-(4-chlorophenyl) ethylidene]-benzohydrazide***. *Journal of Saudi Chemical Society*. (2012) August 24.
19. Suresh kumar., et al. “***synthesis and in vivo anticonvulsant evaluation of 2-chloroquinolinyl hydrazone derivatives***”. *ActaPoloniae Pharmaceutica* 67.5 (2010): 567-573.

20. Ilknur Babahan., *et al.* “**Synthesis, characterisation and antimicrobial activities of vicdioxime derivatives containing heteroaro-matichydrazone groups and their metal complexes**”. *Maejo International Journal of Science and Technology* 7.1 (2013): 26-41.

## "دراسة بعض الخواص الفيزيائية والطاقية لمزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء بوجود نetro أمينات حلقية غير متجانسة جديدة كإضافات"

طالب الماجستير: محمد أحمد سلمان كلية العلوم-جامعة دمشق

بإشراف: أ.د. عدنان شحادة و د. حسين خضر

### المخلص

يتضمن هذا البحث دراسة بعض الخواص الفيزيائية والطاقية كاللزوجة ونقطة الوميض والقيمة الحرارية وزمن الاستحلاب لمزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء بوجود بعض الإضافات العضوية النترو أمينية الجديدة المعززة للاحتراق مثل: (1-N)-2,2,1-ثلاثي دوديكانوات) إينيل-3,5-ثنائي نترو-1,3,5-ثلاثي آزا حلقي الهكسان) و(1-N)-1-أوكتا ديسينوات-2,2-ثنائي إيتانوات) إينيل-3,5-ثنائي نترو-1,3,5-ثلاثي آزا حلقي الهكسان) كمشتقين عضويين ل(1,3,5-ثلاثي نترو-1,3,5-ثلاثي آزا حلقي الهكسان). تبين أن اللزوجة تبقى ضمن المجال المسموح به، وتخفض نقطة الوميض بسبب وجود الأغوال، وتخفض القيمة الحرارية نتيجة استهلاك الحرارة في غليان الأغوال والإضافات النترو أمينية والماء، لذلك تقل نسبة الغازات المسرطنة، ويقل استقرار المزيج عند إضافة الماء.

**الكلمات المفتاحية:** ديزل، لزوجة، نقطة الوميض، القيمة الحرارية، زمن الاستحلاب، نترو أمين، معزز احتراق، إضافات نترو أمينية، غازات مسرطنة.

## "A Study of Some Physical and Energetic Properties of Diesel-Decanol-Ethanol-Water Blend with Presence of New Heterocyclic Nitramines As Additives "

### Abstract

This research includes the study of some physical and energetic properties such as viscosity, flash point, calorific value and emulsification time to diesel-decanol-ethanol-water blend with presence of some new combustion corroboratory nitramine organic additives such as: (1-N-(1,2,2-tridodecanoate) ethenyl-3,5-dinitro-1,3,5-triazacyclohexane), (1-N-(1-octadecenoate-2,2-diethanoate) ethenyl-3,5-dinitro-1,3,5-triazacyclohexane) as two organic derivatives of (1,3,5-trinitro-1,3,5-triazacyclohexane). It becomes clear that the viscosity remains within the permissible range, the flash point decreases due to the presence of alcohols, and the calorific value decreases as a result of consuming heat in boiling alcohols, nitramine additives and water, so the percentage of carcinogenic gases decreases and the stability of the blend decreases with the addition of water.

**Key Wards:** diesel, viscosity, flash point, calorific value, emulsification time, nitramine, combustion corroboratory, nitramine additives, carcinogenic gases.

## 1- مقدمة

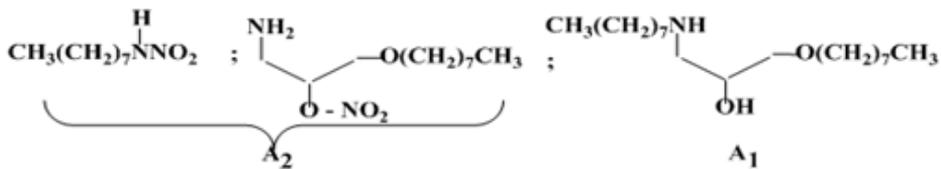
تستعمل العديد من المركبات كالأغوال (الإيتانول والبيوتانول) والنترات (أوكثيل نترات) والنترو أمينات (N-أوكثيل نترأمين) كإضافات مؤكسجة لوقود الديزل لتحسّن أداء المحرك، وتقلّل الانبعاثات الناتجة عن عملية الاحتراق، كالمواد الجسيمية (PM)، والهيدروكربونات (HC)، وأحادي أكسيد الكربون (CO)، وأكاسيد الآزوت ( $NO_x$ ) التي تحفز ظهور الانبعاثات السرطانية [1]ص 2433. يعتمد مبدأ استعمال النترو أمينات كإضافات لوقود الديزل على طاقة الرابطة (N-N)، والمحتوى الأكسجيني في زمرة النترو، لإنتاج حرق نظيف للديزل وتقليل انبعاثاته [2]ص 59، ويمكن التحكم بخواص هذا النوع من الإضافات من خلال خواصها البنوية، فكلما كانت السلاسل طويلة زاد انحلالها في الأوساط العضوية، وكلما زادت نسبة الزمر النترو أمينية والغولية والإستيرية زاد دور الإضافة كمعزز احتراق يقلل المواد الجسيمية، ويحسن رقم السيّتان، ويزيد إمكانية الاستحلاب، فتقل نسبة الغازات السامة مع انخفاض طفيف في عزم الدوران، وإذا احتوت الإضافة في صيغتها على ذرة معدنية ساهم ذلك في تقليل الانبعاثات إما بتفاعلها مع قطيرات الماء لتشكيل جذور الهيدروكسيل التي تؤكسد السخام (Soot) الناتج عن الاحتراق، أو بتفاعلها مباشرة مع ذرات الكربون في السخام، حيث تلعب الذرات المعدنية دور مصائد نانوية للمواد الجسيمية التي تترسب عليها [3]ص 166، 165، 163، وإذا كانت الإضافة مثبتة مثل بوتيلات هيدروكسي أنيسول، فإنها تمنع أكسدة الديزل بأكسجين الهواء وتستعمل كمانعة للتآكل [1]ص 2441. بالتالي يمكن تحديد استعمالات إضافات وقود الديزل من خلال نوع متبادلاتها وخواصها البنوية، وقد عرفت العديد من مزائج الديزل مع إضافات مختلفة، مثلاً:

زاد الاهتمام بمزيج الوقود ديزل-إيتانول، باعتباره يقلل من الانبعاثات المسرطنة الناتجة عن محركات الاحتراق الداخلي، من خلال خفض درجة حرارة الاحتراق،

دراسة بعض الخواص الفيزيائية والطافية لمزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء بوجود نetro أمينات حلقية غير متجانسة جديدة كإضافات

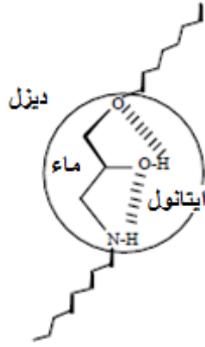
بالإضافة لتخفيض بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لوقود الديزل مثل: اللزوجة، والكثافة، ورقم السيتان، والقيمة الحرارية، ونقطة الوميض، حيث وجد أنّ الإيتانول النقي يمتزج بالديزل بشكل جيد، ولكن عندما يحتوي الإيتانول على الماء بنسبة (1%) يحدث الفصل، ما استدعى ضرورة استعمال إضافات فعالة سطحياً لتفادي ذلك [4]ص 324.

من إضافات وقود الديزل مركبات الأمينو-إيتر، والأغوال، ورباعي هيدرو فوران، وخلات الإيتيل، والنترات، والنetro أمينات [1]ص 2435، 2437، 2443، ومن أشهر هذه الإضافات: 1-أوكثيل أمينو-3-أوكثيلوكسي بروبانول-2 (A<sub>1</sub>)، و2-نتراتو-3-أوكثيلوكسي بروبيل أمين وN-أوكثيل نترامين (نرمز لهما بـ A<sub>2</sub>)، وهي ترفع رقم السيتان من خلال محتواها الأكسجيني العالي، وتزيد تجانس المزيج ديزل-إيتانول، وتحسن ثباته ما يشير إلى فعاليتها السطحية كما يبين الجدول (1) [5]ص 566.



1-أوكثيل أمينو-3-أوكثيلوكسي بروبانول-2 2 2-نتراتو-3-أوكثيلوكسي بروبيل أمين N-أوكثيل نترامين

تعزز البنية المتعددة الألفة لهذه الإضافات اصطفاها في السطوح البينية بين الأطوار الممتزجة، فالجزء العضوي ينحل في الديزل، وزمرة الأمين والنetro والنترات والإيتر والهيدروكسيل تتحلل في الإيتانول والماء، ما يثبت استحلاب المزيج ديزل-إيتانول عند وجود نسبة صغيرة من الماء لفترة طويلة نسبياً الشكل (1) [5]ص 567.



الشكل (1): تشكّل المذيلة micelle في المزيج ديزل-إيتانول-ماء.

لوحظ تجريبياً وجود تناسب عكسي للزوجية والقيمة الحرارية ورقم السينان للمزيج مع نسبة الإيتانول عند ثبات نسبة الإضافات الأخرى، حيث تنخفض القيمة الحرارية بنسبة 2% عند زيادة الإيتانول بنسبة 5% حجماً كما يبين الجدول (1) [6] ص 349، ولكن عند وجود إضافات فعّالة سطحياً تزداد اللزوجة بسبب تفاعلات التكاثر المتعددة الناتجة عن تفاعل الجزيئات مع بعضها خصوصاً مع ارتفاع درجة الحرارة فوق (40 C<sup>0</sup>)، ووجود زمر نترات أو نيترو أمينات أو أمينو إيتير أو إستر، في حين تقل القيمة الحرارية بوجود الإضافات الجدول (1) [5] ص 567، 570، [6] ص 349.

تخفّض إضافة الإيتانول بنسبة (10%) طاقة مزيج الوقود بحدود (5%) نتيجة انخفاض القيمة الحرارية له، وتزيد نسبة الهيدروكربونات، مع تأثير طفيف في إصدار الغازات السامة، وعند استعمال الإضافات المعززة للاحتراق ينخفض غاز أحادي أكسيد الكربون بنسبة (20%)، وهذا مناسب للسيارات في المدن [5] ص 570، 571، لكن تبقى نسبة الهيدروكربونات أعلى مما هي عليه في الديزل لوحده، أما تأخر زمن الإشعال فيتأثر بشكل طفيف بوجود الإضافات (A<sub>1</sub> و A<sub>2</sub>) [5] ص 570.

تبقى نسبة الإيتانول (20%) المزيج ضمن الحد الأدنى اللازم للزوجية الديزل (2 cSt) عند الدرجة (40 C<sup>0</sup>)، فتحسن انزلاقته (Lubrication)، وتزيد تطايره مما يخفض نقطة وميضه ودرجة غليانه [5] ص 569، كما تخفض طاقة مزيج الوقود بحدود (11%) نتيجة

دراسة بعض الخواص الفيزيائية والطاقية لمزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء بوجود نetro أمينات حلقيّة غير متجانسة جديدة كإضافات

انخفاض القيمة الحرارية له، وتزيد زمن تأخر الإشعال وغازات أحادي أكسيد الكربون والهيدروكربونات، بالمقابل تخفض الإضافات المعززة للاحتراق هذه الغازات وتحسن رقم السيتان من خلال تقليل زمن تأخر الإشعال، ويعتبر وجود الإيتانول في الديزل عموماً مخفضاً لنسبة ( $NO_x$ ) [5] ص 572.

الجدول (1) مقارنة بعض الخواص الفيزيائية لنسب مختلفة من مزيج ديزل-إيتانول-إضافات ( $A_1$  و  $A_2$ ) [5] ص 567، 570، [6] ص 349.

المزيج	القيمة الحرارية (MJ/KG)	رقم السيتان	اللزوجة (mPa S)	ثبات المستحلب	نقطة انعدام الترشيح البارد
ديزل	42.35	49	2.3	-	-14
ديزل+10% إيتانول	41	43.5	-	-	-
ديزل+10% إيتانول+1% $A_1$ +1% $A_2$	40.98	48	-	-	-
ديزل+15% إيتانول	-	41	1.8	1	-
ديزل+15% إيتانول+1% $A_1$ +1% $A_2$	40.75	47.5	1.9	6	-18
ديزل+15% إيتانول+2% $A_2$	-	49.5	-	7	-19
ديزل+20% إيتانول	39.65	35.6	-	-	-
ديزل+20% إيتانول+1% $A_1$ +1% $A_2$	39.59	45	-	-	-

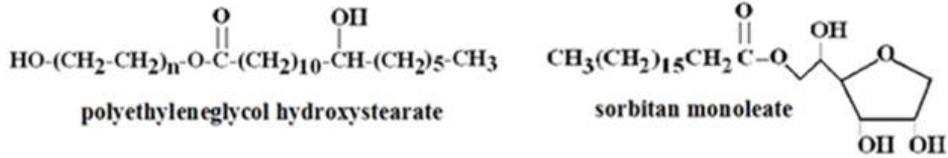
بالنتيجة تقوم الأغوال ومعززات الاحتراق بأدوار متعكسة ومتتامة في تحسين خواص خلائط وقود الديزل للوصول إلى المواصفات الأمثل من كل النواحي البيئية والطاقية [5] ص 573.

كذلك درست إضافة المزيغ أسيتون-بوتانول-إيتانول (ABE) إلى وقود الديزل، فقد تم تحضير الإضافة (ABE) بالنسب الحجمية (30% أسيتون و60% بوتانول و10% إيتانول)، واستعملت هذه الإضافة بنسبة 20% في وقود الديزل كعامل مخفض لانبعاثات الغازات السامة والمسرطنة (NO<sub>x</sub> و CO و HC) الناتجة عن عملية احتراق الديزل في محركات الاحتراق الداخلي. أظهرت النتائج أن هذا المزيغ مستقر، وأنه كلما زادت نسبة الإضافة (ABE) قل تجانس الوقود نسبياً، وانخفضت درجة حرارة الاحتراق، وقلّ تشكل السخام بشكل ملحوظ بسبب زيادة نسبة الأوكسجين في تركيبة الوقود [7]ص<sup>3</sup>.

وُدّرس المزيغ ديزل-ماء، الذي يتشكل عند إضافة مادة فعالة سطحياً تنتج مستحلباً متجانساً قوامه ديزل-إضافة-ماء، حيث تقوم الإضافة بتغليف وتشتيت قطرات الماء (1 µm - 100 nm) في الديزل، ويتعلق ثبات المستحلب بالعوامل التالية:

- 1- تقنيات الاستحلاب (Emulsification technique).
  - 2- محتوى الماء (Water content).
  - 3- مدة المزج (Mixing duration).
  - 4- نوع ومدة الخفضة (Type and duration of agitation).
- استعمل لهذا الغرض مزيغ من أحادي أوليات السوربيتان حوالي (60%-95%) وزناً، ومن هيدروكسي ستيرات بولي إيثيلين غليكول حوالي (5%-40%) وزناً. يقوم المزيغ بدور مزلق ومضاد تجمد، حيث تكون نسبة الماء حوالي (10%-20%)، ونسبة الإضافة للمزيغ حوالي (2%-3%)، ومدة الخفضة الشديدة حوالي دقيقتين، ويمكن زيادة كمية الماء بالتوازي مع الإضافة الفعالة سطحياً. يساعد هذا المزيغ على تخفيض الانبعاثات المسرطنة (NO<sub>x</sub>) [8]ص<sup>5</sup>.

دراسة بعض الخواص الفيزيائية والطاقية لمزيج ديزل-ديكانول-إبتانول-ماء بوجود نetro أمينات حلقية غير متجانسة جديدة كإضافات



أحادي أوليات السوربيتان هيدروكسي ستيرات بولي إيتلين غليكول  
 لنجاح عملية الاستحلاب يتم اختيار عامل الاستحلاب بناءً على قيمة قطبيته في التوازن المائي-الزيتي (HLB) كما في الجدول (2).

الجدول (2): تصنيف المواد الفعالة سطحياً حسب قيم قطبية عوامل الاستحلاب  
 [9]ص 574، [10]ص 314.

التوازن المائي-الزيتي (HLB)	الفعالية
1-3	مضاد إرغاء
4-6	مستحلب (W/O)
7-9	عوامل ترطيب
8-18	مستحلب (O/W)
13-15	منظفات
10-18	محلات

فعلى سبيل المثال قيمة قطبية أحادي أوليات السوربيتان 4.3 (span 80)، وثلاثي أوليات السوربيتان 1.8 (span 85)، والبولي سوربات 15 (span 80) [9]ص 574، [10]ص 314.

تم تحديد قيمة التوازن المائي-الزيتي (HLB) للمواد الفعالة سطحياً بطريقة Davies عام 1957 لقياس درجة الاستحلاب والتي تعتمد على تأثير المجموعات الوظيفية المحبة للماء حسب قطبيتها، واعتمد على العلاقة (1):

$$HLB = 7 + \sum_{i=1}^m H_i - n \times 0.475 \quad \dots\dots\dots(1)$$

حيث:

m: عدد المجموعات المحبة للماء في الجزيء.

H<sub>i</sub>: قيمة تأثير المجموعات المحبة للماء وفق الجدول(3).

n: عدد المجموعات المحبة للزيت في الجزيء.

يبين الجدول(3) القيم المعطاة للمجموعات المحبة للماء والمجموعات المحبة للزيت [11]ص 430، 431.

الجدول(3): القيم المعطاة للمجموعات الوظيفية المحبة للماء والمحبة للزيت حسب قوة تأثير فعاليتها السطحية [11]ص 431.

OH حلقة السوربيتان	-O-	-OH	-CO <sub>2</sub> H	-CO <sub>2</sub> -	استر حلقة السوربيتان	N ثلثية	CO <sub>2</sub> Na	CO <sub>2</sub> K	SO <sub>4</sub> Na	المجموعات المحبة للماء
0.5	1.3	1.9	2.1	2.4	6.8	9.4	19.1	21.1	38.7	رقم المجموعة
-(CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -O)-			-(CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -O)-			-CH=	-CH <sub>3</sub>	-CH <sub>2</sub> -	-CH-	المجموعات المحبة للزيت
-0.15			0.33			-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	رقم المجموعة

## 2- هدف البحث

يهدف البحث إلى دراسة بعض الخواص الفيزيائية والطاقة لمزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء بوجود بعض الإضافات العضوية النترو أمينية الجديدة المعززة للاحتراق المشتقة من المركب (1,3,5-ثلاثي نترو-1,3,5-ثلاثي آزا حلقي الهكسان) بإدخال سلسلة ألكيلية مكان زمرة النترو وتشكيل مستحلباتها مثل: (1-N-1)-2,2,1-ثلاثي دوديكانوات (إيتيل-3,5-ثنائي نترو-1,3,5-ثلاثي آزا حلقي الهكسان) و(1-N-1)-أوكتا ديسيونات-2,2-ثنائي إيتانوات (إيتيل-3,5-ثنائي نترو-1,3,5-ثلاثي آزا حلقي الهكسان).

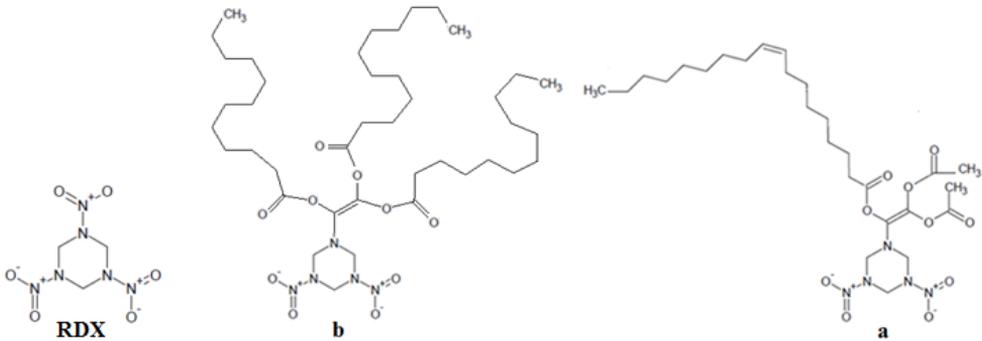
## 3- مواد وطرائق البحث

### 3-1- المواد المستعملة:

الديكانول(97%) (Merck-Schuchardt)، الإيتانول(99.8%) (Riedel-De Haen)، ديزل(منزلي للتدفئة)، حمض كلور الماء(37%) (Merck)، ماء البروم(99%) (Sigma-Aldrich)، وكلوريد الباريوم (99.5%) (Merck)، ماء مقطر، والإضافة

النetro أمينية المعروفة RDX (5,3,1-ثلاثي نetro-5,3,1-ثلاثي آزا حلقي الهكسان) المصنعة مخبرياً، والإضافتين النetro أمينيتين الجديدتين المصنعتين مخبرياً: الإضافة الأولى: (1-N-1)-أوكتا ديسينوات-2,2-ثنائي إيتانوات) إيتيل-5,3-ثنائي نetro-5,3,1-ثلاثي آزا حلقي الهكسان) وتصنف مخبرياً كمشتق نetro أميني لحمض الأوليك(a).

الإضافة الثانية: (1-N-1)-ثلاثي دوديكانوات) إيتيل-5,3-ثنائي نetro-5,3,1-ثلاثي آزا حلقي الهكسان) وتصنف مخبرياً كمشتق نetro أميني لحمض اللوريك(b).



### 3-2- الأجهزة المستعملة:

جهاز الاستحلاب(SUR BERLIN)، جهاز القيمة الحرارية ( IKA KALORIMETER )  
جهاز نقطة الوميض المغلق (-HEROZOG PENSKY-C400 adiabatich)  
جهاز اللوزجة (SUR BERLIN) (MARTENS Semi-Automatic)،  
الانصباب (PETROTEST-EARTH LEAKAGE CIRCUIT BREAKER)،  
جهاز قياس نسبة الكبريت الكلي (JULIUS PETERS BERLIN 10726)، سخانة  
كهربائية ذات محرك مغناطيسي (Agimatic P-Selecta 243).

### 3-3- طرائق العمل:

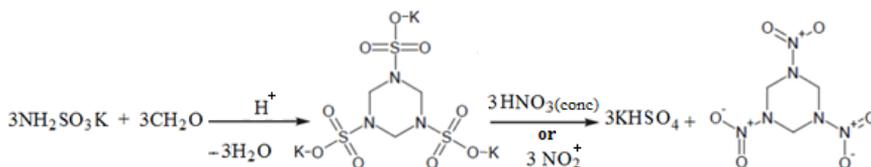
#### 3-3-1- اصطناع الإضافات النترو أمينية

#### 3-3-1-1- اصطناع الإضافة (1,3,5-trinitro-1,3,5-triazacyclohexane)



تم الاصطناع بنترجة الأملاح الأمينية الناتجة من تعلق سولفامات البوتاسيوم مع

الفورم ألدهيد في وسط حمضي (4=pH) وفق المعادلة الآتية [12] ص<sup>246</sup>.



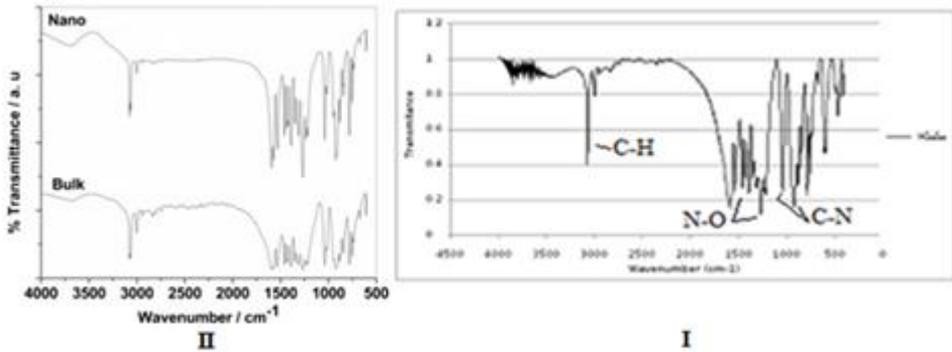
#### - طريقة العمل:

تُضبط حموضة (23.26 ml، 0.3 mol) من محلول الفورم ألدهيد (37%) بهيدروكسيد الصوديوم عند (3.5=pH) في بيشر أول. تُحل (40 gr، 0.3 mol) من سولفامات البوتاسيوم في (150 ml) ماء مقطر في بيشر ثاني وتضاف ببطء مع التحريك إلى البيشر الأول عند درجة حرارة المخبر، فتصبح قيمة الحموضة (4=pH). تُرفع الحرارة إلى الدرجة (40 C<sup>0</sup>)، ويستمر التفاعل مدة (20 hours). تُعدّل حموضة المحلول بكاربونات الصوديوم الحامضية إلى (7=pH)، ثم يُيخر المحلول حتى الجفاف، فينتج (41.4 gr) من راسب أبيض مصفر. يُغسل الراسب بـ (20 ml) ماء مقطر بارد ثم بـ (5 ml) أسيتون، فينتج راسب أبيض (39.14 gr، 0.0888~0.1 mol) بمرود 89.85% من المركب الحلقي (KSO<sub>3</sub>NCH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> -5,3,1- ثلاثي آزا حلقي الهكسان-5,3,1- ثلاثي سلفونات ثلاثي البوتاسيوم.

تُبَرّد (50 ml، 1.1943 mol) من حمض الآزوت المركز (99%) في بيشر ضمن حمام (ثلج-أسيتون) إلى الدرجة (-10 C<sup>0</sup>)، ويُضاف إليها (39.14 gr، 0.0888~0.1 mol) من المركب الحلقي (KSO<sub>3</sub>NCH<sub>2</sub>)<sub>3</sub> ببطء مع التحريك، ويستمر

التفاعل لمدة (4 hours). يُسكب محلول التفاعل في بيشر يحوي (150 ml) ماء مقطر بارد، فينتج راسب أبيض مصفر، يُرشح ويُعدل بمحلول كربونات الصوديوم الحامضية حتى (pH=7)، ثم يُغسل بـ (10 ml) ماء مقطر و (5 ml) أسيتون، فينتج راسب أبيض وزنه (5 gr، 0.02252 mol) بمردود 25% من المركب (RDX).

**ملاحظة:** يمكن زيادة المردود بإجراء تفاعل النتريجة عند الدرجة (-30 °C) [13] ص 2. تم تحديد هوية المركب الناتج (RDX) بالطرائق المطيافية، فأظهرت مطيافية (IR) وجود نوعين له أحدهما نانو والآخر ضخّم الشكل (2)، بالإضافة إلى القمم التالية:



الشكل (2): طيفي (IR) للمركب (RDX) I- طيف العينة المحضرة مخبرياً، وII-

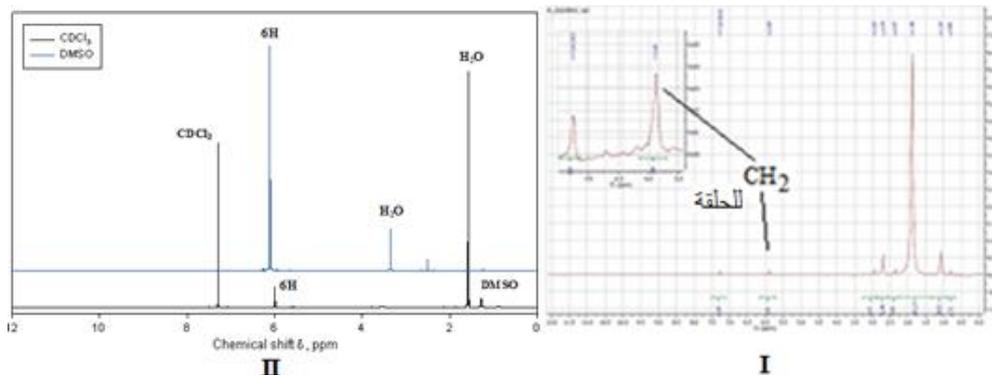
الطيف المرجعي بنوعيه النانو والضخم [14] ص 5.

1- وجود قمة امتطاط عند ( $3079 \text{ cm}^{-1}$ ) عائدة للاهتزاز الامتطاطي غير المتماثل للرابطة (C-H) في الحلقة السداسية غير المتجانسة.

2- وجود قمتي امتطاط في المجالين ( $1390-1300 \text{ cm}^{-1}$ ) و ( $1570-1490 \text{ cm}^{-1}$ ) تعودان للاهتزاز الامتطاطي المتماثل وغير المتماثل على الترتيب للرابطة (N-O) وتدلان على الزمرة ( $\text{NO}_2$ ) في النetro أمينات.

3- وجود قمتي امتطاط في المجال ( $1250-1020 \text{ cm}^{-1}$ ) وعند ( $922 \text{ cm}^{-1}$ ) تعودان للاهتزاز الامتطاطي للرابطة (C-N) ما يدل على تشكل مركب أميني [15] ص 2271.

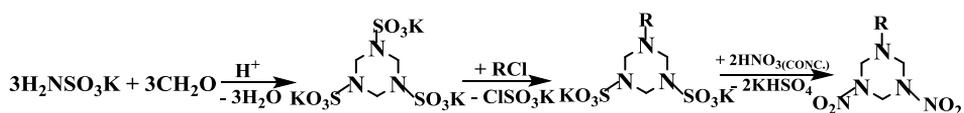
كما أظهرت مطيافية ( $^1\text{H NMR}$ ) للمركب (1,3,5-trinitro-1,3,5-) وحيد دال على ست بروتونات عائدة لثلاث زمرة ( $-\text{CH}_2-$ ) في الحلقة غير المتجانسة الشكل (3) [15] ص 134.



الشكل (3): طيفي ( $^1\text{H NMR}$ ) للمركب (RDX) -I طيف العينة المحضرة مخبرياً في محل ( $\text{CDCl}_3$ )، و-II الطيف المرجعي في كل من المحلين ( $\text{CDCl}_3$ ) و ( $\text{DMSO-d}_6$ ) [16] ص 134.

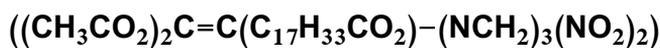
3-3-1-2- اصطناع الإضافتين (a) و (b):

تم الاصطناع وفق المعادلة العامة الآتية:



3-3-1-2-1- اصطناع الإضافة (a) -1-N-1) أوكتا ديسينوات-2،2-ثنائي

إيتانوات) إيتنيل-5،3-ثنائي نثرو-5،3،1-ثلاثي آزا حلقي الهكسان



-الخطوة الأولى: اصطناع 1-كلور-1-أوكتا ديسينوات-2،2-ثنائي إيتانوات الإيتلين

طريقة العمل:

تُحل (31.23 gr، 0.1 mol) من أوكتا ديسينوات (أوليات) الصوديوم بـ (250 ml) ماء مقطر في ببشر سعة (500 ml)، ثم يُضاف المحلول الناتج ببطء إلى مزيج مؤلف من (10 ml، 0.1 mol) رباعي كلور الإيتيلين ( $C_2Cl_4$ ) و (150 ml) ماء مقطر مع التحريك الشديد عند درجة حرارة المخبر، ثم تُرفع الحرارة إلى الدرجة ( $50^{\circ}C$ ) مدة (3 hours). يُبرد التفاعل ويُضاف إليه المحلول المائي لـ (16.0052 gr، 0.2 mol) من إيتانوات (خلات) الصوديوم في (100 ml) ماء مقطر قطرة قطرة عند درجة حرارة المخبر. تُرفع درجة حرارة التفاعل إلى الدرجة ( $50^{\circ}C$ ) مدة (3 hours)، فتتشكل طبقة عضوية بيضاء تُرشح وتُغسل بـ (20 ml) أسيتون وتُجفف على ورقة سولوفان عند الدرجة ( $60^{\circ}C$ )، فينتج راسب شمعي القوام وزنه (43 gr، 0.09378 mol) بمرود 96% هو الهاليد العضوي  $((CH_3CO_2)_2C=C(C_{17}H_{33}CO_2)-Cl)$  ونرمز له (X).

-الخطوة الثانية: اصطناع 1-N-1-أوكتا ديسينوات-2،2-ثنائي إيتانوات (إيتيل-1،3،5-ثلاثي آزا حلقي الهكسان-3،5-ثنائي سلفونات ثنائي البوتاسيوم

يُضاف (43 gr، 0.09378 mol) من الهاليد (X) إلى (250 ml) من المحلول المائي لـ (43.04 gr، 0.0976 mol) من المركب الحلقي  $(KSO_3NCH_2)_3$  المحضر حديثاً ببطء مع التحريك الشديد عند درجة حرارة المخبر. تُرفع الحرارة إلى الدرجة ( $50^{\circ}C$ ) ويستمر التفاعل مدة (4 hours). يجفف المحلول ويغسل الراسب الناتج بـ (50 ml) ماء مقطر بارد ويرشح للتخلص من حمض الكبريت وكلور البوتاسيوم الناتجة من تفكك الملح  $(KClSO_3)$  في الوسط المائي. يغسل الراسب بـ (20 ml) أسيتون فينتج (55 gr، 0.0738 mol) بمرود 78.72% من المركب  $((CH_3CO_2)_2C=C(C_{17}H_{33}CO_2)-(NCH_2)_3(SO_3K)_2)$  ونرمز له (Y).

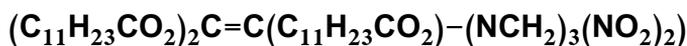
- الخطوة الثالثة: اصطناع الإضافة (a) N-1-1-1-أوكتا ديسينوات-2,2-ثنائي

إيتانوات) إيتيل-5,3-ثنائي نترو-1,3,5-ثلاثي آزا حلقي الهكسان

يُضاف ببطء (55 gr، 0.0738 mol) من المركب (Y) إلى ببشر يحوي (150 ml، 3.583 mol) حمض آزوت مركز (99%) ضمن حمام ثلجي عند الدرجة (0 °C) مع التحريك المستمر طيلة فترة التفاعل (4 hours)، لأن الإسترات والأمينات تتفكك في حمض الأزوت المركز (99%) فوق الدرجة (20 °C)، ثم يسكب المحلول فوق (150 ml) ماء مقطر بارد. يرشح الطور العضوي ثم يحل بـ (50 ml) ماء المقطر ويعدل بمحلول كربونات الصوديوم الحامضية، ثم يرشح من جديد ويغسل بـ (10 ml) ماء المقطر ثم بـ (5 ml) أسيتون ويجفف عند الدرجة (50 °C)، فينتج (16.25 gr، 0.02713 mol) بمردود 36.75% من مركب عضوي نترو أميني شحمي القوام بلون أصفر  $((\text{CH}_3\text{CO}_2)_2\text{C}=\text{C}(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{CO}_2)-(\text{NCH}_2)_3(\text{NO}_2)_2)$ .

3-3-1-2-2-2-2-3-3 اصطناع الإضافة (b) N-1-1-1-2,2,1-ثلاثي دوديكانوات) إيتيل-

5,3-ثنائي نترو-1,3,5-ثلاثي آزا حلقي الهكسان

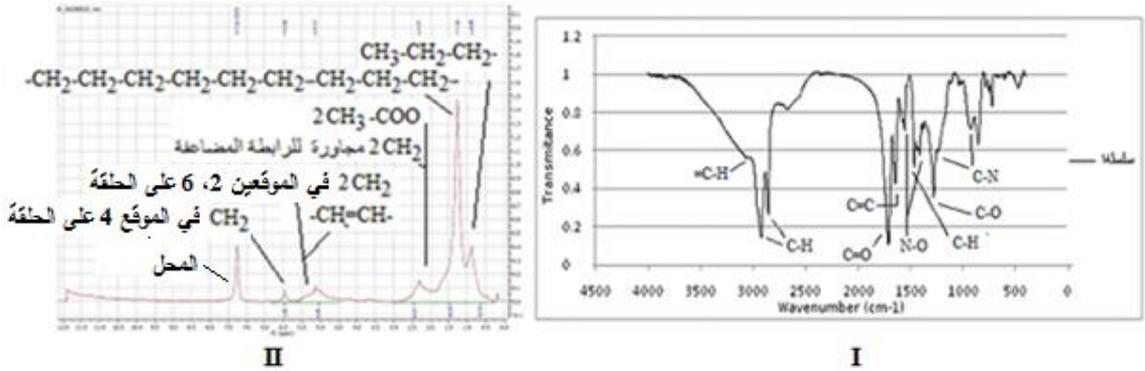


تم تحضير الإضافة (b) بنفس طريقة تحضير الإضافة (a) بالاستبدال بمول من مركب أوكتا ديسينوات (أوليات) الصوديوم ومولين من مركب إيتانوات (خلات) الصوديوم ثلاثة مولات من مركب دوديكانوات (لاورات) الصوديوم. تم تخفيض زمن التفاعل إلى (1 hour) فنتج (35.1 gr، 0.044 mol) بمردود 69.33%. نستنتج زيادة المردود مع نقصان زمن التفاعل لأن حمض الآزوت المركز يفكك الزمر الإستيرية والحلقة غير المتجانسة مع زيادة الزمن.

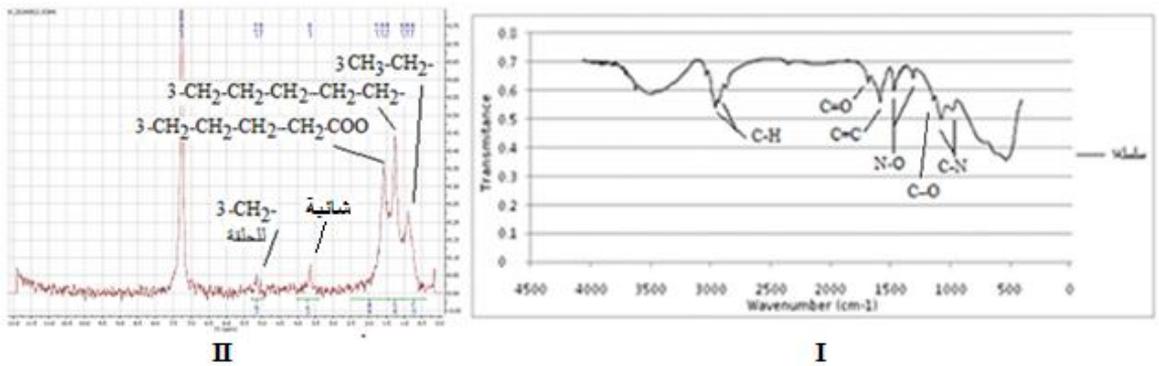
تم تحديد هوية الإضافتين النترو أمينيتين (a و b) بالإعتماد على مطيافيات الـ

(IR) و ( $^1\text{H NMR}$ ) في الشكلين (4 و 5).

دراسة بعض الخواص الفيزيائية والطافية لمزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء بوجود نetro أمينات حلقية غير متجانسة جديدة كإضافات



الشكل (4): I- طيف (IR) للإضافة (a) و II- طيف ( $^1\text{H}$ NMR) للإضافة (a) في محل ( $\text{CDCl}_3$ ).



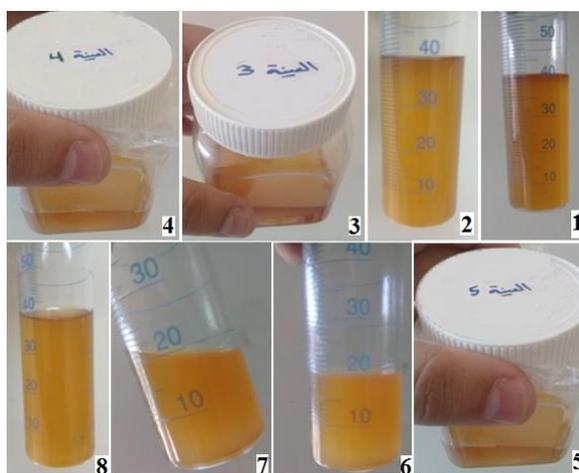
الشكل (5): I- طيف (IR) للإضافة (b) و II- طيف ( $^1\text{H}$ NMR) للإضافة (b) في محل ( $\text{CDCl}_3$ ).

**3-3-2- تحضير عينات المزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء-إضافة نetro أمينية**  
 بالاعتماد على الدراسات المرجعية، تم تحضير مجموعة من العينات لمزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء-إضافة نetro أمينية جديدة وفق الجدول (4). تُحل الإضافات النetro أمينية في الإيتانول أولاً مع التحريك بمحرك مغناطيسي مدة ساعة حتى تمام الانحلال، ثم يُضاف إلى المحلول الديكانول ثم الديزل ثم الماء مع التحريك مدة خمس دقائق بعد كل إضافة، حيث لعب الديكانول دور مادة فعالة سطحياً معززة لامتزاج الإيتانول بالديزل، لزيادة استقرار المزيج وتحسين تجانسه خصوصاً عند تشكيل المستحلبات. حُددت مواصفات الديزل المستعمل، ثم حُضر مزيج ديزل-ديكانول-إيتانول ودرست خصائصه،

ثم حُضرت ثلاثة مزائج ديزل-ديكانول-إيتانول بوجود الإضافة a، أو بوجود الإضافة b، أو بوجود الإضافة المعروفة RDX، ثم حُضرت مستحلباتها.  
الجدول(4): مكونات عينات المزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-ماء مقطر-إضافة نetro أمينية.

رقم العينة	ديزل	إيتانول	ديكانول	إضافة (a)	إضافة (b)	إضافة RDX	ماء مقطر
1	%100	-	-	-	-	-	-
2	%80	%15	%5	-	-	-	-
3	%80	%15	%5	0.5	-	-	-
4	%80	%15	%5	-	0.5	-	-
5	%80	%15	%5	-	-	0.018	-
6	%80	%15	%5	0.5	-	-	%1
7	%80	%15	%5	-	0.5	-	%1
8	%80	%15	%5	-	-	0.018	%1

يبين الشكل(6) محاليل عينات مزيج ديزل-ديكانول-إيتانول بوجود الإضافات النetro أمينية الجديدة المصنعة ومستحلباتها.



الشكل(6): محاليل عينات ديزل-ديكانول-إيتانول بوجود إضافات نetro أمينية بالإضافة إلى استحلابها كما جاء تفصيلها في الجدول(4).

### 3-3-2-1- اختبارات الديزل

أخضعت العينات المحضرة لبعض الاختبارات الفيزيائية المتعلقة بجودة الديزل وفق معايير (ASTM) وهي:

### 3-3-2-1-1- اختبار اللزوجة

يوضع (20ml) من العينة في فيسكوميتز ثابتة يساوي 0.007477 ويقاس زمن مرور العينة (t) من خلاله عند درجة حرارة المخبر. تعطى اللزوجة بالعلاقة (2).

$$V = t * 0.007477 \dots\dots\dots(2)$$

حيث:

V: للزوجة العينة

t: زمن مرور العينة

### 3-3-2-1-2- اختبار نقطة الوميض المغلق

يوضع (80 ml) من العينة في جهاز الوميض المغلق، ويبدأ التسخين البطيء ومراقبة لحظ ظهور الوميض، وعند حدوث الوميض تقرأ درجة الحرارة فتكون هي نقطة الوميض.

### 3-3-2-1-3- اختبار الوزن النوعي عند الدرجة (15.6 C°)

يملأ بالون معايرة (25 ml) بالعينة ثم يقسم وزنها الصافي على حجم بالون المعايرة ويجمع للناتج قيمة التصحيح المتعلق بدرجة حرارة المخبر ((درجة حرارة العينة في المخبر-15.6)\*0.0006) فينتج الوزن النوعي.

### 3-3-2-1-4- اختبار نقطة الانصباب

يوضع (50 ml) من العينة في أنبوب الانصباب، ويوضع الأنبوب في جهاز الانصباب، ويبدأ التبريد البطيء فتنخفض درجة الحرارة ويراقب لحظة عدم السيلان كل ثلاث درجات مئوية، وعند حدوث عدم السيلان تقرأ درجة الحرارة وترفع حسابياً ثلاث درجات مئوية، فيكون الناتج نقطة الانصباب.

### 3-3-2-1-5-اختبار الاستحلاب

يوضع (99%) وزناً من مزيج العينة في أنبوب الاستحلاب، ويضاف له (1%) وزناً ماء مقطر، ويبدأ التحريك مدة نصف ساعة بسرعة دوران (1600 rut/min) ثم يراقب زمن بدء الفصل.

### 3-3-2-1-6- اختبار نسبة الكبريت الكلي

يوضع (0.8 gr) من العينة في جهاز قنبلة الكبريت وتحقن بالأكسجين، ثم تشعل العينة ويؤخذ ناتج الاحتراق في بيشر ويعالج بحمض كلور الماء وماء البروم، وبعد التبخير يُضاف كلور الباريوم ثم يرقد ويرشح الناتج ويوضع في مرمدة عند الدرجة (500 C°) مدة ساعة ثم تحسب نسبة الكبريت من العلاقة (3).

$$S_{\%} = (G-K) * 13.73/W \dots \dots \dots (3)$$

حيث:

S%: نسبة الكبريت الكلي في العينة.

G: وزن الراسب gr

K: ثابت بلانك

W: وزن العينة gr

### 3-3-2-1-7- اختبار القيمة الحرارية

يتم ضبط القيمة الحرارية للجهاز في البداية باستعمال حمض البنزويك العياري وفق العلاقة (4).

$$W=(Q*g+e_1+e_2)/t \dots \dots \dots (4)$$

حيث:

W: القيمة الحرارية للجهاز MJ/C°

Q: حرارة احتراق حمض البنزويك العياري MJ/gr

g: وزن عينة حمض البنزويك العياري gr

e<sub>1</sub>: تصحيح حرارة تشكل حمض الآزوت MJ

e<sub>2</sub>: تصحيح حرارة احتراق السلك MJ

t: ارتفاع الحرارة المصحح C<sup>o</sup>

يوضع (0.5 gr) من العينة في كبسولة جيلاتينية وتوضع في جهاز القنبلة الحرارية، ثم يحقن الجهاز بالأكسجين، وتحرق العينة. تحسب القيمة الحرارية عندها وفق العلاقة (5).

$$Q_g = (t W - e_1 - e_2 - e_3 - e_4) / 1000 \text{ g} \quad \dots\dots\dots(5)$$

حيث:

Q<sub>g</sub>: حرارة الاحتراق الكلية في حجم ثابت MJ/Kg

t: ارتفاع الحرارة المصحح C<sup>o</sup>

W: القيمة الحرارية للجهاز MJ/C<sup>o</sup>

e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub>, e<sub>4</sub>: التصحيحات المفترضة لحرارة تشكل حمض الآزوت، وحرارة تشكل

حمض الكبريت، وحرارة احتراق السلك، وحرارة احتراق الكبسولة الجيلاتينية

g: وزن العينة gr

#### 4- النتائج ومناقشتها

بعد القيام بالاختبارات الفيزيائية والطاقية على عينات مزيج الديزل تم التوصل إلى النتائج المبينة في الجدول (5).

الجدول (5): بعض الاختبارات الفيزيائية والطاقية على عينات مزيج الديزل المحضرة.

رقم العينة	المحتويات بالنسب الوزنية	القيمة الحرارية (MJ/Kg)	نقطة الوميض (C <sup>o</sup> )	اللزوجة (mPaS)	الكثافة (gr/cm <sup>3</sup> ) عند الدرجة (15.6 C <sup>o</sup> )	نقطة انصهار (C <sup>o</sup> )	نسبة الكبريت لكتلي وزنياً
1	ديزل	44.64	58	2.7	0.8298	-15	0.56
2	ديزل 80% + إيثانول 15% + ديكانول 5%	40.52	38	2.2	0.8234	-24	0.39
3	ديزل 80% + إيثانول 15% + ديكانول 5% + إضافة (a) gr 0.5	40.44	38	3.28	0.8265	-24	0.46
4	ديزل 80% + إيثانول 15% + ديكانول 5% + إضافة (b) gr 0.5	40.46	38	3.3	0.8271	-24	0.48
5	ديزل 80% + إيثانول 15% + ديكانول 5% + إضافة (RDX) gr 0.018	40.499	38	2.251	0.8236	-24	0.32
6	ديزل 80% + إيثانول 15% + ديكانول 5% + إضافة (a) ml ماء + gr 0.5	40.4348	40	3.31	0.8273	-21	0.48
7	ديزل 80% + إيثانول 15% + ديكانول 5% + إضافة (b) ml ماء + gr 0.5	40.455	40	3.32	0.8275	-21	0.37
8	ديزل 80% + إيثانول 15% + ديكانول 5% + إضافة (RDX) ml ماء + gr 0.018	40.4835	40	2.282	0.8241	-21	0.17

يلاحظ من الجدول (5) ما يلي:

1- انخفاض القيمة الحرارية في عينات الإضافات يعني انخفاض درجات حرارة احتراق وقود الديزل، وبالتالي انخفاض نسبة أكاسيد الآزوت المسرطنة (NO<sub>x</sub>). يفسر ذلك باعتبار أن قطيرات الإضافات المستحلبة (نترو أمينات-أغوال-ماء) في وقود الديزل هي مواد سريعة الاشتعال ومنظايرة، تصرف جزءاً من حرارة احتراق الديزل في تبخرها

واشتعالها، مولدة ضغطاً ينشر الديزل في حجرة الاحتراق ويجعله يمتزج بالهواء بشكل أفضل، فيحترق بشكل نظيف وبدرجة حرارة أقل.

2- إن الإضافات الغولية بنسبة (20%) إلى وقود الديزل أدت إلى انخفاض في الكثافة حوالي (0.006)، وأن الإضافات النetro أمينية بنسبة (0.5%) وزناً قد عوضت جزئياً الهبوط في قيمة الكثافة بحوالي (0.003)، وأن إضافة الماء بنسبة (1%) وزناً قد زادت الكثافة بحوالي (0.0005)، وبالنتيجة بقيت قيمة الكثافة بعد كل الإضافات دون قيمة كثافة الديزل لوحده وضمن المجال المسموح به.

3- لم ترفع الإضافات النetro أمينية والغولية نسبة الكبريت الكلي فوق الحد المسموح به (0.7%)، بل بقيت نسبته أقل مما هي عليه في عينة الديزل لوحده، مع ملاحظة أنّ تفاعل تحضير هذه الإضافات يمر بمرحلة وسطية كمركب كبريتي، إلا أنّ الناتج النهائي لا يرفع الكبريت مما يثبت أيضاً عملية التحضير، وبالنتيجة انخفضت نسبة انبعاثات أكاسيد الكبريت السامة في نواتج الاحتراق.

4- أدت الإضافات النetro أمينية والغولية إلى خفض نقطة انصباب وقود الديزل، ما يجعله مناسباً للطقس البارد شتاءً في الجبال العالية.

5- يعتبر المزيج ديزل-ديكانول-إيتانول-إضافة نetro أمينية، مستقرّاً إذا كان عدد مولات الديكانول أكبر أو يساوي عدد مولات الإيتانول، ولتشكيل مستحلب مستقر يجب أن لا تزيد عدد مولات الماء عن عدد مولات الإيتانول.

6- لوحظ ثبات المزيج في العينات (3 و 4 و 5) بشكل مستمر لمدة سبعة أيام، حيث يبدأ بعدها تشكل قطيرات صغيرة من الإيتانول وإضافة النetro أمينية المنحلة به، والتي تتلاشى بالرجرجة البسيطة للمحلول بما يكافئ انطلاق سيارة متوقفة.

7- لوحظ ثبات المستحلب في العينات (6 و 7 و 8) بشكل مستمر لمدة ثلاثة أيام، حيث يبدأ تشكل قطيرات صغيرة من الماء والإيتانول وإضافة النetro أمينية المنحلة به، والتي

تتلاشى بالتحريك البسيط للمحلول، لذلك يمكن زيادة زمن ثبات المستحلب بوضع كرات بيضوية الشكل مطاطية مثقبة ومحلزنة في خزان السيارة، فتقوم بخلط المزيج أثناء السير وتبديل السرعات والتوقف.

8- يمكن زيادة كمية الماء في العينات المستحلبة (6 و 7 و 8) مع نقصان زمن ثبات المستحلب، ويتم تجاوز ذلك بالتحريك الدوري بخلاط مثبت ضمن خزان الوقود.

9- لوحظ انخفاض قيمة نقطة الوميض عند استعمال الإضافات النترو أمينية مع الأغوال لأنها مواد متطايرة وسريعة الاشتعال، ثم تعود نقطة الوميض لترتفع قليلاً عند إضافة الماء لتشكيل المستحلب.

تم حساب قيم التوازن المائي-الزيتي (HLB) للإضافات المصنعة بطريقة Davies بتطبيق العلاقة (1) بالاعتماد على الجدول (3).

$$HLB_a = 7 + (9.4 + 3 * 2.4) - 24 * 0.475 = 12.2$$

$$HLB_b = 7 + (9.4 + 3 * 2.4) - 38 * 0.475 = 5.55$$

$$HLB_{RDX} = 7 - 3 * 0.475 = 5.575$$

$$HLB_{Ethanol} = 7 + 1.9 - 2 * 0.475 = 7.95$$

$$HLB_{Decanol} = 7 + 1.9 - 10 * 0.475 = 4.15$$

ملاحظة: تهمل زمرة النترو لعدم ذكرها في الجدول (3) ولا تعتبر ذرة الآزوت المجاورة لها ثالثية وفق Davies.

بالنتيجة يمكن تصنيف إضافات الديزل السابقة بالمقارنة مع الجدول (2) إلى:

1- تعتبر الإضافة (a) مادة فعالة سطحياً مستحلبة للزيت في الماء (O/W).

2- تعتبر الإضافة (b) مادة فعالة سطحياً مستحلبة للماء في الزيت (W/O).

3- تعتبر الإضافة (RDX) مادة مستحلبة للماء في الزيت (W/O).

4- يعتبر الإيتانول عامل ترطيب.

5- يعتبر الديكانول مادة فعالة سطحياً مستحلبة للماء في الزيت (W/O).

## 5- الاستنتاجات والتوصيات

نستنتج من النتائج السابقة ما يلي:

1- يخفض استعمال الإضافات النetro أمينية مع الأغوال والماء القيمة الحرارية للديزل من خلال تخفيض درجة حرارة احتراقه، وبالتالي يخفض نسبة الانبعاثات المسرطنة ( $NO_x$ ) الناتجة.

2- يخفض استعمال الإضافات النetro أمينية مع الأغوال والماء نسبة الكبريت في الديزل، وبالتالي يخفض نسبة أكاسيد الكبريت السامة الناتجة عن احتراقه.

3- يخفض استعمال الإضافات النetro أمينية مع الأغوال والماء نقطة انصباب وقود الديزل ويجعله مناسباً أكثر للطقس البارد.

4- يخفض استعمال الإضافات النetro أمينية مع الأغوال والماء لزوجة وكثافة الديزل قليلاً، ويجعله يتدفق في المحرك بشكل أفضل.

5- تبيّن قيم التوازن المائي-الزيتي (HLB) حسب Davies لإضافات وقود الديزل دور كل منها في جعل مزيج وقود الديزل أكثر استقراراً، حيث أن المزيج الحاوي على مادتي استحلاب إحداهما للماء في الزيت (W/O) والأخرى للزيت في الماء (O/W) يكون أكثر استقراراً من المزيج الحاوي على إحداهما.

يوصى باستعمال المشتقات النetro أمينية كإضافات لوقود الديزل بوجود الأغوال كالديكانول والإيتانول مع الماء لتقليل نسبة انبعاث الغازات السامة، من خلال خفض القيمة الحرارية لمزيج الوقود، ويوصى بزيادة نسبة الماء قليلاً لرفع نقطة الوميض، وتخفيض نسبة ( $NO_x$ )، وتعويض بعض التكاليف.

## 6- المراجع (References)

- 1- RIBEIRO N. M, PINTO A. C, QUINTELLAC. M, ROCHA G. O, TEIXEIRA L. S. G, Guarieiro L. L. N, Rangel M. C, Veloso M. C. C, Rezende M J. C., Cruz R. S, Oliveira A. M, Torres E. A, Andrade J. B, 2007 The Role of Additives for Diesel and Diesel Blended (Ethanol or Biodiesel) Fuels: A Review, **Energy & Fuels**, Vol. 21, 2433–2445.
- 2- ARMSTRONG R. W, SHORT J. M, KAVETSKY R. A, ANAND D. K, 2012-**Energetics Science and Technology in Central Europe**. Center for Energetic Concepts Development Series, University of Maryland, College Park, Maryland, 260p.
- 3- BAGRI S, CHOUBE A, 2013 Influence of Additives on The Performance and Emission Characteristics of CI Engine–A Review, **International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development**, Vol.4, 162–174.
- 4- KUMAR R. S, MANIMARAN R, GOPALAKRISHNAN V, 2013 Experimental Investigation on D. I. Diesel Engine Fuelled By Ethanol Diesel Blend with Varying Inlet Air Temperature, **Advances in Applied Science Research**, Vol. 4, 1<sup>st</sup> Edi, 319–329.
- 5- CARO P. S, MOULOUNGUI Z, VAITILINGOM G, BERGE J. C, 2001 Interest of combining an additive with diesel–ethanol blends for use in diesel engines, **Fuel**, Vol. 80, 565–574.

- 6- HAJBA L, ELLER Z, NAGY E, HANCOSOK J, 2011 Properties of Diesel-Alcohol Blends, Hungarian Journal of Industrial Chemistry Veszprem, Vol. 39, 3<sup>rd</sup> Edi, 349-352.
- 7- LIN Y, WU H, NITHYANANDAN K, LEE T. H, LEE C-f. F, ZHANG C, 2014-Investigation of High Percentage Acetone-Butanol-Ethanol (ABE) Blended with Diesel In a Constant Volume Chamber. ASME, USA, 9p.
- 8- Ricardo R, 2016-Diesel Emulsion Fuels and Their Impacts In Diesel Engines, SulNox Research and Development Ltd, 2<sup>nd</sup>Edi, 35p.
- 9- GADHAVE A, 2014 Determination of Hydrophilic-Lipophilic Balance Value, International Journal of Science and Research (IJSR), Vol. 3, 4<sup>th</sup> Edi, 573-575.
- 10- GRIFFIN W. C, 1949 Classification of Surface-Active Agents by 'HLB', Journal of The Society of Cosmetic Chemists, Vol. 1, 5<sup>th</sup> Edi, 311-326.
- 11- DAVIES J. T, 1957-A Quantitative Kinetic Theory of Emulsion Type, I. Physical Chemistry of The Emulsifying Agent. Gas/Liquid and Liquid/Liquid Interface, Proceedings of 2<sup>nd</sup> the International Congress of Surface Activity, London, 438p.
- 12- AGRAWAL J. P, HODGSON R. D, 2007-Organic Chemistry of Explosives. John Wiley & Sons Ltd, England, 384p.
- 13- SYSOLYATIN S. V, SAKOVICH G. V, CHERNIKOVA Y. T, SURMACHEV V. N, LOBANOVA A. A, 2006 Synthesis of

Polycyclic Nitramines by Nitration of Condensation Products of Glyoxal and Formaldehyde with Sulfamic Acid Salts, **Karlsruhe**, Vol.141, 1–12.

14– Kumar R, Siril P. F, Soni P, 2010 **Preparation of Nano RDX by Evaporation Assisted Solvent–Antisolvent Interaction**", Propellants Explosives Pyrotechnics, Vol. 35, pp. 1–7.

15– LI G, LIU M, ZHANG R, SHEN L, LIU Y, LUO Y, 2015 Synthesis and Properties of RDX/GAP Nano–Composite Energetic Materials, Colloid Polym Sci, Vol.293, 8<sup>th</sup> Edi,2269–2279.

16– SZALA M, SZYMANCZYK L, 2014 Analysis of Common Explosives In Different Solvents by Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, Central European Journal of Energetic Materials, Vol. 11, 1<sup>st</sup> Edi, 129–142.



# مائع (N-S) Navier-Stokes بالشكل التنسوري الناطق في نظام إحداثي منحني كيفي

أ.د. منتجب الحسن<sup>1</sup>

ط. ميس حسن علي<sup>2</sup>

## ملخص البحث:

يتعلق البحث بالنموذج الرياضي للحالة الهيدروديناميكية لمائع Navier-Stokes المتجانس (Homogeneous) والإيزوتروبي (Isotropic) والغير ضغوط (Incompressible) والموضوع رياضياً من الباحثين Navier و Stokes، والذي يُرمز له اختصاراً بـ (N-S). في البحث، سنعرض أولاً الشكل التنسوري الصامد، للنموذج الرياضي التقليدي ولنموذج Lamé الرياضي لمائع Navier-Stokes (N-S) المتجانس والإيزوتروبي والغير مضغوط في حالته التحريكية.

جديد البحث هو مناقشة الشكل التنسوري الناطق في نظام إحداثي منحني كيفي في المتنوعة الإقليدية  $R^3$ ، لكل من النموذج التقليدي ونموذج Lamé، الحاكمين للحالة الهيدروديناميكية لمائع Navier-Stokes (N-S)، المتجانس والإيزوتروبي والغير ضغوط، وفي النهاية سنهي البحث باقتراح مسألتين للمناقشة.

<sup>1</sup> أستاذ في قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة البعث.

<sup>2</sup> طالبة ماجستير في قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة البعث.

الكلمات المفتاحية: مائع (N-S) Navier-Stokes، الشكلين التنسوريين، الصامد والناطق للنموذج الرياضي التقليدي ولنموذج Lamé لمائع (N-S) Navier-Stokes الهيدروديناميكي.

# The Navier-Stokes (N-S) fluid in variable tensor form in an arbitrary curvilinear coordinate system

Prof. Mountajab Al-Hasan <sup>†</sup>

&

Mays Hasan Ali <sup>‡</sup>

## Abstract

The paper concerns the mathematical model of the homogeneous, isotropic and incompressible hydrodynamical state governing the Navier-Stokes fluid, which was discussed by Navier and Stokes and shortly called by (N-S). In the paper, we firstly present the invariable tensorial form of the mathematical traditional and Lamé models of the homogeneous, isotropic and incompressible Navier-Stokes (N-S) fluid.

The new thing in paper is discussing the variable form in an arbitrary curvilinear coordinate system of the hydrodynamical state of the tow traditional and Lamé descriptions that governing the hydrodynamical behavior of the Navier-Stokes (N-S), homogeneous, isotropic and incompressible fluid. Finally, we end the paper by proposing tow problems for discussion.

---

<sup>†</sup> Professor At Department of Mathematics–Faculty of Science–Al-Baath University.

<sup>‡</sup> Master Student At Department of Mathematics–Faculty of Science–Al-Baath University.

**Key words:** The Navier-Stokes (N-S) Fluid, The invariable and variable tensorial forms of the traditional and Lamé descriptions of the Navier-Stokes (N-S) hydrodynamical fluid.

## 1. مقدمة:

ناقش العديد من الباحثين مثل: Łukaszewicz (1999) و Heinbockel (1996) ، النموذج الرياضي التقليدي، لمائع Navier-Stokes (N-S) وذلك بالشكل التتسوري الصامد. كما ناقش بعض هؤلاء الباحثين مثل Heinbockel (1996)، الشكل التتسوري الناطق في النظام الاحداثي الديكارتي للوصف التقليدي لمائع Navier-Stokes (N-S)، الإيزوتروبي (التمائل المناحي) والمتجانس والإيزوتيرمي (أي متساوي درجات الحرارة). يتعلق البحث الحالي بالمائع مهمل البنية الجزيئية ويعاني من تشوهات صغيرة، والمتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، وله ثلاث درجات حرية وثابتين ماديين والمناقش من خلال الباحث Navier و Stokes ، والذي يرمز له اختصاراً بالرمز (N-S). أي يتعلق البحث بالهيدروديناميك الخطي، المتجانس التماثل المناحي، والغير ضغوط ، والمعين بثابتين ماديين  $\lambda > 0$  ,  $\mu > 0$ . نفترض من أجل هذا المائع أن الحالة الابتدائية (الحالة اللاغرانجية) له  $\Omega$  ، تشكل منطقة بسيطة الترابط في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد. أيضاً نفترض أن الحقول الفيزيائية التي تمثل المائع (N-S) ، هي مقاطع تتسورية، مركباتها دوال حقيقية ملساء بالقدر الكافي ، تتبع لنقاط  $\Omega$  وللزمن  $t$ .

## 2. هدف البحث:

يهدف البحث إلى استخراج الشكل التتسوري الناطق في نظام إحداثي منحنى كفي لكل من الوصف التقليدي ووصف Lamé للحالة الهيدروديناميكية لمائع Navier-Stokes (N-S) المتجانس والإيزوتروبي والغير ضغوط والذي يشغل في لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ .

## 3. طرق البحث:

سنعتمد تعميم الطريقة المستخدمة في Heinbockel [1] ، وتعميم الطريقة المستخدمة [4]، في إيجاد الشكل التتسوري الناطق (في نظام إحداثي منحنى كفي) للوصف التقليدي للحالة الهيدروديناميكية لمائع Navier-Stokes (N-S) المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط،

والذي يشغل في لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ .

لهذا الغرض، سنعرض بدايةً الشكل التنسوري الصامد للوصف التقليدي للحالة الهيدروديناميكية لمائع (N-S) Navier-Stokes المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، والذي يشغل في لحظة البدء منطقة  $\Omega$  بسيطة الترابط في المتنوعة الإقليدية  $R^3$ .

1-3 مسألة الوصف التنسوري التقليدي، الصامد للحالة الهيدروديناميكية لمائع (N-S) Navier-Stokes المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، والذي يشغل في لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ :

توطئة: سنفترض أن جميع الأدلة اللاتينية  $i, j, k, \dots$  تأخذ القيم  $1, 2, 3$  وسنستخدم رموز Einstein في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ ، ولتكن  $Ox_1 x_2 x_3$  جملة إحداثية ديكارتية قائمة، ومباشرة، وعطالية، وقاعدتها هي  $(\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3)$ . إن العملية الهيدروديناميكية لمائع (N-S) Navier-Stokes المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، توصف بواسطة مجموعة المقاطع التنسورية  $\{\mathbf{u}, \mathbf{E}, \mathbf{T}\}$ ، حيث  $\mathbf{u}$  مقطع متجهي، يمثل فيزيائياً حقل الإزاحات، أما  $\mathbf{E}$  و  $\mathbf{T}$  فهما مقطعان تنسوريان من المرتبة الثانية، ومتناظران، وفيزيائياً هما على الترتيب، حقل الانفعالات وحقل الإجهادات. فإذا رمزنا  $]-\infty, 0[$  بـ  $B^+$ ، و  $]-\infty, 0[$  بـ  $B$ ، فيمكن أن تمثل الحقول السابقة في  $B^+ \times \Omega$ ، وفي النظام الإحداثي الديكارتي  $\mathbf{e}_i$  بالشكل التالي:

$$\mathbf{u} = \hat{u}_i \mathbf{e}_i, \quad \mathbf{E} = \hat{E}_{ij} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j, \quad \mathbf{T} = \hat{T}_{ij} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j \quad (3.1)$$

حيث المصفوفة في الطرف الأيمن العلاقة الأولى في (3.1) تمثل مصفوفة المركبات في القاعدة الديكارتية  $\mathbf{e}_i$ ، لمقطع الإزاحات  $\mathbf{u}$ ، أما المصفوفتان الموجودتان في الطرف الأيمن للعلاقتين الثانية والثالثة في (3.1) فهما متناظرتان، وتمثلان على الترتيب مصفوفة المركبات الديكارتية للمقطع التنسوري  $\mathbf{E}$ ، ومصفوفة المركبات الديكارتية للمقطع التنسوري  $\mathbf{T}$ .

يتألف الوصف التنسوري التقليدي، الصامد، للحالة الهيدروديناميكية الحاكمة لمائع (N-S) Navier-Stokes المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، والذي يشغل في

لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ ، يتألف من المعادلات التيسورية الصامدة، النفاضلية، والعلاقات التيسورية الصامدة، الأساسية والشروط التيسورية الصامدة، الحدية والابتدائية التالية [2]:

معادلات الحركة، المحققة في  $\Omega \times B^+$ :

$$\mathbf{div} \mathbf{T} + \rho \mathbf{b} = \rho \ddot{\mathbf{u}} \quad (3.2)$$

حيث  $\rho$  تمثل الكثافة الحجمية لمائع (N-S) Navier-Stokes و  $\mathbf{b}$  مقطع متجهي، يمثل، فيزيائياً قوة الكتلة، رمز النقطة يدل على المشتق الجزئي بالنسبة للزمن:  $\dot{\mathbf{u}} = (\partial / \partial t) \mathbf{u}$ ،  $\ddot{\mathbf{u}} = (\partial^2 / \partial t^2) \mathbf{u}$ ، الرمز  $\mathbf{div}$  يرمز للتفرق:  $\mathbf{div} \mathbf{T} = (\partial_j \hat{T}_{ji}) \mathbf{e}_i$ ، حيث  $\partial_k$  يمثل المشتق الجزئي بالنسبة للموضع  $X_k$ ؛

$$\partial_k \hat{T}_{ji} = \frac{\partial \hat{T}_{ji}}{\partial X_k} \equiv \hat{T}_{ji,k}$$

مع العلم أن مقطع الإجهادات التيسوري يكتب بالشكل:

$$\mathbf{T} = -P \mathbf{I} + \mathbf{P} \quad (3.3)$$

ندعو الجزء  $\mathbf{P}$  بمقطع اللزوجة التيسوري، وهو مقطع تيسوري متناظر من المرتبة الثانية، كما ندعو  $P$  بالضغط الهيدروستاتي، وهو مقطع تيسوري من المرتبة الصفرية، يتبع فقط للموضع اللاغرانجي، كما أن:  $\mathbf{I} = \delta_{ij} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j$ ، هو التيسور المطابق (أو المترى)؛

معادلة الاستمرار بالكتلة، والتي هنا تأخذ الشكل التالي في  $\Omega \times B^+$ :

$$\mathbf{div} \dot{\mathbf{u}} = 0 \quad (3.4)$$

أخيراً: بتعويض العلاقة التيسورية (3.3) بـ (3.2)، آخذين بعين الاعتبار أن:  $\mathbf{div} (P \mathbf{I}) = \nabla P$ ، فتأخذ معادلة الحركة التيسورية (3.2) الشكل التالي في  $\Omega \times B^+$ :

$$\mathbf{div} \mathbf{P} - \nabla P + \rho \mathbf{b} = \rho \ddot{\mathbf{u}} \quad (3.5)$$

معادلات توافق الانفعالات، المحققة في  $\Omega \times B$

$$\Delta \mathbf{E} + \nabla \nabla (\text{tr } \mathbf{E}) - 2 \hat{\nabla} \text{div } \mathbf{E} = \mathbf{0} \quad (3.6)$$

مع العلم أن:  $\nabla = \mathbf{e}_i \partial_i$ ، كما أن  $\Delta \mathbf{E}$  يرمز للابلاسيان المطبق على المقطع التنسوري  $\mathbf{E}$ ؛

$$\Delta \mathbf{E} = \nabla \cdot (\nabla \mathbf{E}) = \text{div grad } \mathbf{E} = (\Delta \hat{E}_{ij}) \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j = \hat{E}_{ij,kk} \mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j$$

وهو بدوره مقطع تنسوري، مرتبته هي نفس مرتبة المقطع التنسوري  $\mathbf{E}$ . كما أن:

$$\nabla \nabla (\text{tr } \mathbf{E}) \equiv \text{grad grad}(\text{tr } \mathbf{E})$$

علماء أن:  $\text{tr } \mathbf{E}$  هو أثر المقطع التنسوري  $\mathbf{E}$ ، حيث

هذا الأثر هو مقطع تنسوري من المرتبة الصفرية، يعطى بالعلاقة:  $\text{tr } \mathbf{E} = \mathbf{I} : \mathbf{E}$ ، وحيث

الرمز  $\mathbf{I} : \mathbf{E}$  يمثل الجداء الداخلي للتتنسور المتري  $\mathbf{I}$  مع المقطع التنسوري  $\mathbf{E}$ ، وبحسب

$$\mathbf{I} : \hat{\mathbf{E}} = \delta_{ij} \hat{E}_{ij} = \hat{E}_{kk} \quad \text{تعريفه يعطى بـ}$$

وكذلك:

$$\hat{\nabla} \text{div } \mathbf{E} := \text{sym } \nabla \text{div } \mathbf{E} \equiv \frac{1}{2} [\nabla \text{div } \mathbf{E} + (\nabla \text{div } \mathbf{E})^T]$$

حيث:  $\nabla \text{div } \mathbf{E} \equiv \text{grad div } \mathbf{E}$ . أخيراً الرمز  $\mathbf{A}^T$  يدل على منقول المقطع التنسوري  $\mathbf{A}$ <sup>3</sup>.

العلاقة الهندسية، المحققة في  $\Omega \times B^+$ :

$$\mathbf{E} := \frac{1}{2} [\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T] \quad (3.7)$$

حيث:  $\nabla \mathbf{u} \equiv \text{grad } \mathbf{u}$ .

العلاقة التأسيسية، المحققة في  $\Omega \times B$ :

$$\mathbf{P} = 2\mu \mathbf{E} + \lambda (\text{tr } \mathbf{E}) \mathbf{I} \quad (3.8)$$

الشروط الحدية، المحققة على  $\partial \Omega \times B$  (حيث  $\partial \Omega$  هي الحدود الملساء لـ  $\Omega$ ):

$$\mathbf{Q}(\mathbf{X}; t) = [-P(\mathbf{X}) \mathbf{I} + \mathbf{P}(\mathbf{X}; t)] \mathbf{n}(\mathbf{X}) \quad (3.9)$$

حيث:  $\mathbf{n}(\mathbf{X}) = \hat{n}_i(\mathbf{X}) \mathbf{e}_i$  متجه واحدة الناظم الخارجي للسطح  $\partial \Omega$  في النقطة

$\mathbf{X} \equiv (X_1, X_2, X_3)$  منه، و:

$$\begin{aligned} \hat{Q}_i(\mathbf{X}; t) &= [-P(\mathbf{X}) \delta_{ij} + \hat{P}_{ij}(\mathbf{X}; t)] \hat{n}_j(\mathbf{X}) \\ &= -P(\mathbf{X}) \hat{n}_i(\mathbf{X}) + \hat{P}_{ij}(\mathbf{X}; t) \hat{n}_j(\mathbf{X}) \end{aligned}$$

<sup>3</sup> انظر [5] صفحة 6.

علماً أن المقطع المتجهي:  $\mathbf{Q}(\mathbf{X}; t) = \hat{Q}_i(\mathbf{X}; t) \mathbf{e}_i$  معطى على  $\partial\Omega \times B$ .  
الشروط الابتدائية، المحققة في  $\Omega \times \{0\}$ :

$$\mathbf{u} = \mathbf{f} , \quad \dot{\mathbf{u}} = \mathbf{g} \quad (3.10)$$

حيث المقطعان المتجهيان:  $\mathbf{f}(\mathbf{X}) = \hat{f}_i(\mathbf{X}) \mathbf{e}_i$  و  $\mathbf{g}(\mathbf{X}) = \hat{g}_i(\mathbf{X}) \mathbf{e}_i$  معلومان في  $\Omega$ .  
إن هدف الوصف التيسوري التقليدي، الصامد، لمائع Navier–Stokes الهيدروديناميكي (N–S)، المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، هو إيجاد السلوك التيسوري، الهيدروديناميكي:  $\{ \mathbf{u} , \mathbf{E} , \mathbf{T} , \mathbf{P} , P \}$  في  $\bar{\Omega} \times B$  المحقق لـ (3.10) - (3.1).

2-3 الشكل التيسوري الصامد لمعادلات Lamé ، الحاكمة للسلوك الهيدروديناميكي للمائع (N–S)، المتجانس، والإيزوتروبي، والغير ضغوط، والذي يشغل في لحظة البدء منطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ :

نحصل على هذه المعادلات بإتباع مايلي [4]. بتعويض العلاقة التيسورية الهندسية (3.7) في العلاقة التيسورية التأسيسية (3.8) نحصل على العلاقة التيسورية الصامدة التالية التي تربط المقطع التيسوري  $\mathbf{P}$ ، بالمقطع المتجهي  $\mathbf{u}$ ، والمحققة في  $\Omega \times B^+$ :

$$\mathbf{P} = \mu [ \nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T ] + \lambda (\text{div} \mathbf{u}) \mathbf{I} \quad (3.11)$$

حيث هنا استفدنا من العلاقة:

$$\text{tr} \mathbf{E} = \frac{1}{2} \{ \text{tr} (\nabla \mathbf{u}) + \text{tr} [(\nabla \mathbf{u})^T] \} = \text{div} \mathbf{u} \quad (3.12)$$

بأخذ تفرق العلاقة التيسورية (3.11) ، نحصل على:

$$\text{div} \mathbf{P} = \mu \left\{ \text{div} (\nabla \mathbf{u}) + \text{div} [(\nabla \mathbf{u})^T] \right\} + \lambda \text{div} [(\text{div} \mathbf{u}) \mathbf{I}] \quad (3.13)$$

وبما أن [4]:

$$\text{div} (\nabla \mathbf{u}) = \text{div} \text{grad} \mathbf{u} =: \Delta \mathbf{u} , \quad \text{div} [(\nabla \mathbf{u})^T] = \text{grad} \text{div} \mathbf{u} \quad (3.14)$$

$$\text{div} [(\text{div} \mathbf{u}) \mathbf{I}] = \text{grad} (\text{div} \mathbf{u}) \quad (3.15)$$

حيث  $\Delta$  هو اللابلاسيان، فبتعويض (3.14) و(3.15) في (3.13)، نحصل على العلاقة التنسورية الصامدة التالية، المحققة في  $\Omega \times B^+$ ، والتي تعطي لمقطع المتجهي  $\mathbf{div P}$  بدلالة المقطع المتجهي  $\mathbf{u}$ :

$$\mathbf{div P} = \mu \Delta \mathbf{u} + (\lambda + \mu) \mathbf{grad div u} \quad (3.16)$$

من ثم نعوض العلاقة التنسورية الصامدة (3.16) بمعادلة الحركة (3.5)، فنحصل على العلاقة التنسورية الصامدة، المحققة في  $\Omega \times B^+$ :

$$\mu \Delta \mathbf{u} + (\lambda + \mu) \mathbf{grad div u} - \mathbf{grad P} + \rho \mathbf{b} = \rho \ddot{\mathbf{u}} \quad (3.17)$$

نضيف إلى المعادلة السابقة، معادلة الاستمرار بالكتلة (3.4). إلى المعادلتين (3.16) و (3.4)، نضيف الشروط الحدية التالية، المحققة على  $\partial \Omega \times B$ :

$$\mathbf{Q} = \left\{ (-P + \lambda \mathbf{div u}) \mathbf{I} + \mu [\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T] \right\} \mathbf{n} \quad (3.18)$$

كما نضيف الشروط الابتدائية (3.10).

ندعو (3.17) و(3.4) بالشكل التنسوري الصامد لمعادلات *Lame*. كما ندعو (3.17) و(3.4) و (3.18) و(3.10) بالشكل التنسوري الصامد لمسألة *Lame* للقيم الحدية والابتدائية. أخيراً ندعو (3.17) و(3.4) و (3.18) و(3.10) و (3.7) و(3.11) و(3.3) وبالشكل التنسوري الصامد لوصف *Lame* للمائع (N-S)، المتجانس، والإيزوتروبي، والغير ضغوط.

*آلية حل وصف Lamé السابق:* بحل مسألة *Lame* للقيم الحدية والابتدائية (3.17) و(3.4) و (3.18) و(3.10)، نحصل على  $\mathbf{u}$  و  $P$ . نعوض في كلٍ من (3.7) و(3.11)، فنحصل على كلٍ من  $\mathbf{E}$  و  $\mathbf{P}$ . وبالتعويض في (3.3) نحصل على  $\mathbf{T}$ .

#### 4. النتائج والمناقشة:

تحتوي هذه الفقرة على الشيء الجديد، المتمثل بمناقشة الشكل التنسوري الناطق (في النظام الإحداثي المنحني الكفي  $\eta_i$ ) للوصف التنسوري التقليدي، ولوصف *Lame* للحالة الهيدروديناميكية لمائع (N-S) Navier-Stokes، المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، والذي يشغل في لحظة البدء المنطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ . الطريقة المستخدمة هي تعميم الطريقة المستخدمة في كلٍ من [1] و [2] و [4]،

ذلك بإسقاط الشكلين التتسوريين الصامدين السابقين في نظام إحداثي منحنى كفي في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد، مستخدمين في ذلك الهندسة التفاضلية والتحليل التتسوري [8] و [7] و [6]، ذلك بإتباع ما يلي. نفرض وجود نظام إحداثي منحنى كفي في  $\Omega$ ، وسطاه  $\eta_i$  وقاعدته موافقة التغير هي  $\mathbf{g}_i(p) = \mathbf{g}_i(\eta_1, \eta_2, \eta_3)$ ، وقاعدته مخالفة التغير هي  $\mathbf{g}^i(p) = \mathbf{g}^i(\eta_1, \eta_2, \eta_3)$ . عندئذ يمكن أن تُمثّل مجموعة المقاطع التتسورية  $\{ \mathbf{u}, \mathbf{E}, \mathbf{T}, \mathbf{P} \}$  في النظام الإحداثي المنحنى  $\eta_i$ ، على النحو الآتي:

$$\mathbf{u} = u^i \mathbf{g}_i = u_i \mathbf{g}^i, \quad (4.1)$$

$$\mathbf{E} = E^{ij} \mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}_j = E_{ij} \mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j = E_j^i \mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}^j, \quad (4.2)$$

$$\mathbf{T} = T^{ij} \mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}_j = T_{ij} \mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j = T_j^i \mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}^j, \quad (4.3)$$

$$\mathbf{P} = P^{ij} \mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}_j = P_{ij} \mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j = P_j^i \mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}^j \quad (4.4)$$

حيث  $u^i$  و  $u_i$ ، على الترتيب تمثل المركبات موافقة التغير والمركبات مخالفة التغير في النظام الإحداثي المنحنى  $\eta_i$  لمقطع الإزاحة  $\mathbf{u}$ ، كما أن:  $E_{ij}$  و  $E^{ij}$  و  $E_j^i$ ، هي مصفوفات متناظرة، تمثل على الترتيب المركبات موافقة التغير والمركبات مخالفة التغير والمركبات المختلطة في النظام الإحداثي المنحنى  $\eta_i$  لمقطع الانفعال  $\mathbf{E}$ ، كما أن:  $T_{ij}$  و  $T^{ij}$  و  $T_j^i$ ، هي أيضاً مصفوفات متناظرة وتمثل على الترتيب المركبات موافقة التغير والمركبات مخالفة التغير والمركبات المختلطة في النظام الإحداثي المنحنى  $\eta_i$  لمقطع الإجهاد  $\mathbf{T}$ . أخيراً:  $P_{ij}$  و  $P^{ij}$  و  $P_j^i$ ، هي مصفوفات متناظرة وتمثل على الترتيب المركبات موافقة التغير والمركبات مخالفة التغير والمركبات المختلطة في النظام الإحداثي المنحنى  $\eta_i$  لمقطع اللزوجة، التتسوري  $\mathbf{P}$ .

1-4 مسألة الوصف التتسوري التقليدي، الناطق (في النظام الاحداثي المنحنى الكيفي  $(\eta_i)$ ، للحالة الهيدروديناميكية لمائع Navier–Stokes (N–S)، المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، والذي يشغل في لحظة البدء منطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ :

نحصل على ذلك بإسقاط الشكل التنسوري التقليدي الصامد (3.10)-(3.1) في النظام الإحداثي المنحني  $\eta_i$  مستخدمين في ذلك الهندسة التفاضلية والحساب التنسوري [6,7,8]. فإسقاط الكميات التنسورية الصامدة الظاهرة في (3.10)-(3.1)، بإسقاطها في النظام الإحداثي المنحني  $\eta_i$ ، سنجد أن الوصف التنسوري التقليدي، الناطق (في النظام الإحداثي المنحني الكيفي  $\eta_i$ )، للحالة الهيدروديناميكية لمائع Navier-Stokes (N-S)، المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، يتألف من المعادلات التنسورية الناطقة، التفاضلية، والعلاقات التنسورية الناطقة، الأساسية، والشروط التنسورية الناطقة، الحدية والابتدائية التالية<sup>4</sup> [6,7,8]:

معادلات الحركة، المحققة في  $B^+ \times \Omega$ :

$$\nabla_j T^{ji} + \rho b^i - \rho \frac{\partial^2 u^i}{\partial t^2} = 0 \quad (4.5)$$

حيث  $b^i$  تمثل المركبات مخالفة التغيير لمقطع قوة الكتلة المتجهي  $\mathbf{b}$ ، في النظام الإحداثي المنحني  $\eta_i$ ، والرمز  $\nabla_k$  يدل على المشتق موافق التغيير بالنسبة للوسيط  $\eta_k$ ، في النظام الإحداثي المنحني  $\eta_i$ ؛

$$\nabla_k T^{ji} = \partial_k T^{ji} + \Gamma_{km}^j T^{mi} + \Gamma_{km}^i T^{jm} \quad (4.6)$$

وحيث  $\partial_k$  يرمز المشتق الجزئي بالنسبة للوسيط  $\eta_k$ ؛  $\partial_k T^{ji} = \frac{\partial T^{ji}}{\partial \eta_k}$

الرموز  $\Gamma_{ij}^k$  تدل هي رموز Christoffel من النوع الثاني؛ وهي تعطى بالعلاقة:  $\Gamma_{ij}^k = g^{k\ell} \Gamma_{ij\ell}$ ، مع العلم بأن:  $\Gamma_{ij\ell}$  هي رموز Christoffel من النوع الأول،

وهي تعطى بالعلاقة:  $\Gamma_{ij\ell} = \partial_j \mathbf{g}_i \cdot \mathbf{g}_\ell = \frac{1}{2} (\partial_j g_{ik} + \partial_i g_{jk} - \partial_k g_{ij})$ ،

موافقة التغيير والحد العام للمصفوفة المترية  $g^{ij} = \mathbf{g}^i \cdot \mathbf{g}^j$  و  $g_{ij} = \mathbf{g}_i \cdot \mathbf{g}_j$  على الترتيب هما الحد العام للمصفوفة المترية

<sup>4</sup> هنا استخدمنا العديد من العلاقات التي تعطي الكميات التنسورية الصامدة الظاهرة في (3.10)-(3.1) في النظام

الإحداثي المنحني الكيفي  $\eta_i$ . من هذه العلاقات مثلاً:  $\text{div } \mathbf{T} = (\nabla_j T^{ji}) \mathbf{g}_i$  ... الخ.

علاقة مقطع الإجهاد بالضغط الهيد وستاتي ومقطع اللزوجة، المحققة

في  $\Omega \times B^+$ :

$$T^{ij} = -P g^{ij} + P^{ij} \quad (4.7)$$

مع العلم أن:

$$\mathbf{I} = g^{ij} \mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}_j = g_{ij} \mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j = \delta_j^i \mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}^j = \delta_i^j \mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}_j$$

معادلة الحركة بالضغط الهيد وستاتي ومقطع اللزوجة، ومقطع الإزاحة، المحققة

في  $\Omega \times B^+$ :

$$\nabla_j P^{ji} - \nabla^i P + \rho b^i - \rho \frac{\partial^2 u^i}{\partial t^2} = 0 \quad (4.8)$$

حيث:  $\nabla^i P = g^{ij} \partial_j P$ .

معادلة الاستمرار بالكتلة، والتي هنا تأخذ الشكل التالي في  $\Omega \times B^+$ :

$$\nabla_i \partial_t u^i = 0 \quad (4.9)$$

حيث:  $\nabla_i \partial_t u^k = \partial_i \partial_t u^k + \Gamma_{ij}^k \partial_t u^j$ .

معادلات توافق الانفعالات، المحققة في  $\Omega \times B$ :

$$\Delta E_{ij} + \nabla_{ij} E_k^k - \nabla^k (\nabla_i E_{jk} + \nabla_j E_{ik}) = 0 \quad (4.10)$$

حيث:  $\nabla_{ij} := \nabla_i \nabla_j$ .

العلاقة الهندسية، المحققة في  $\Omega \times B^+$ :

$$E_{ij} = \frac{1}{2} (\nabla_i u_j + \nabla_j u_i) \quad (4.11)$$

حيث هنا:  $\nabla \mathbf{u} = (\nabla_i u_j) \mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j$  و  $(\nabla \mathbf{u})^T = (\nabla_j u_i) \mathbf{g}^j \otimes \mathbf{g}^i$ ، كما أن:

$$\nabla_i u_j = \partial_i u_j - \Gamma_{ji}^m u_m$$

العلاقات التأسيسية، المحققة في  $\Omega \times B$ :

$$P^{ji} = [\lambda g^{ij} g^{k\ell} + \mu (g^{i\ell} g^{jk} + g^{j\ell} g^{ik})] E_{k\ell} \quad (4.12)$$

$$= 2\mu E^{ji} + \lambda g^{ij} E_k^k$$

الشروط الحدية، المحققة على  $\partial\Omega \times B$ :

$$Q^i(\eta; t) = \left[ -P(\eta) g^{ji} + P^{ji}(\eta; t) \right] n_j(\eta) = \quad (4.13)$$

$$= -P(\eta) n^i(\eta) + P^{ji}(\eta; t) n_j(\eta),$$

حيث:

$$\mathbf{P}(\eta; t) \mathbf{n}(\eta) = P^{ji}(\eta; t) n_j(\eta) \mathbf{g}_i(\eta),$$

$$\mathbf{I} \mathbf{n}(\eta) = g^{ji} n_j(\eta) \mathbf{g}_i(\eta) = n^i(\eta) \mathbf{g}_i(\eta)$$

و  $n^i$  تمثل المركبات مخالفة التغيير للمقطع التتسوري الواحد  $\mathbf{n}$ ، في النظام الاحداثي المنحنى  $\eta_i$ ، و علماء أن المقطع المتجهي الناطق:  $Q^i(\eta; t)$  معطى على  $\partial\Omega \times B$ .

الشروط الابتدائية، المحققة في  $\Omega \times \{0\}$ :

$$u^i = f^i, \quad \dot{u}^i = g^i \quad (4.14)$$

حيث المقطعان المتجهيان الناطقان:  $f^i$  و  $g^i$  معلومان في  $\Omega$ .

إن هدف الوصف التقليدي، التتسوري الناطق (في النظام الاحداثي المنحنى  $\eta_i$ )، لمائع Navier-Stokes الهيدروديناميكي (N-S)، المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، هو إيجاد السلوك التتسوري، الهيدروديناميكي:  $\{u^i, E^{ji}, T^{ji}, P^{ji}, P\}$  في  $\bar{\Omega} \times B$  المحقق لـ (4.13)-(4.1).

2-4 الشكل التتسوري الناطق (في النظام الاحداثي المنحنى الكيفي  $\eta_i$ ) لمسألة Lamé الحاكمة للحالة الهيدروديناميكية لمائع Navier-Stokes (N-S)، المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، والذي يشغل في لحظة البدء منطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الاقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ :

نحصل على هذه المسألة بإتباع مايلي. برفع الدليل  $z$  في العلاقة التتسورية، الهندسية (4.11) [4]، وذلك بتبديل كل  $z$  بـ  $k$  في (4.11)، من ثم ضرب طرفي الناتج بـ  $g^{jk}$ ، فنحصل على العلاقة التتسورية التالية، المحققة في  $\Omega \times B^+$ :

$$E_j^i = \frac{1}{2}(\nabla^i u_j + \nabla_j u^i) \quad (4.15)$$

حيث هنا:  $\nabla^i := g^{ik} \nabla_k$  و  $u^i := g^{ik} u_k$  و  $\nabla_j u^i = \partial_j u^i + \Gamma_{jm}^i u^m$

وإستخدمنا هنا خواص المشتق موافق التغيير، والعلاقة:  $\nabla_j g^{ik} = 0$ .

وبأخذ تقلص طرفي (4.15)، وذلك بضرب طرفيها بـ  $\delta_i^j$ ، نحصل على العلاقة التالية

المققة في  $\Omega \times B^+$ :

$$E_k^k = \frac{1}{2}(\nabla^k u_k + \nabla_k u^k) \quad (4.16)$$

وبما أن:

$$\nabla^k u_k = \nabla_k u^k \quad (4.17)$$

فتأخذ العلاقة (4.16)، على الشكل التالي في  $B \times A^+$ :

$$E_k^k = \nabla_k u^k \quad (4.18)$$

هذا من جهة، ومن جهة أخرى، برفع الدليلين  $i$  و  $j$  في العلاقة التيسورية الهندسية (4.11)، متبعين في ذلك الطريقة ذاتها التي اتبعناها من قبل، فنحصل على العلاقة

التالية المحققة في  $\Omega \times B^+$ :

$$E^{ij} = \frac{1}{2}(\nabla^i u^j + \nabla^j u^i) \quad (4.19)$$

الآن، بتعويض (4.18) و (4.19) في (4.12)، فنحصل على العلاقة التيسورية التالية، التي تعطينا مقطع الزوجة التيسوري الناطق، بدلالة مقطع الإزاحة المتجهي الناطق، والمحققة في  $B \times A^+$ :

$$P^{ji} = \mu (\nabla^j u^i + \nabla^i u^j) + \lambda g^{ij} \nabla_k u^k \quad (4.20)$$

وبتطبيق المشتق موافق التغيير  $\nabla_j$ ، على طرفي العلاقة (4.20)، واستخدام خواص

المشتق موافق التغيير، نحصل على العلاقة التالية، المحققة في  $B \times A^+$ :

$$\begin{aligned} \nabla_j P^{ji} &= \mu (\nabla_j \nabla^j u^i + \nabla^i \nabla_j u^j) + \lambda \nabla^i \nabla_k u^k \\ &= \mu \nabla_j \nabla^j u^i + (\lambda + \mu) \nabla^i \nabla_j u^j \end{aligned} \quad (4.21)$$

نعوض (4.21) في معادلة الحركة (4.8) ، فنحصل على المعادلة التالية، المحققة في  $B \times A^+$ :

$$\mu \nabla_j \nabla^j u^i + (\lambda + \mu) \nabla^i \nabla_j u^j - \nabla^i P + \rho b^i - \rho \frac{\partial^2 u^i}{\partial t^2} = 0 \quad (4.22)$$

التي نضيف لها معادلة الاستمرار بالكتلة (4.9).

ندعوا (4.22) و (4.9) بالشكل التنسوري الناطق (في النظام الإحداثي المنحنى  $\eta_i$ ) لمعادلات Lamé لتدفق مائع (N-S) Navier-Stokes، المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط.

إلى معادلاتي Lamé: (4.22) و (4.9)، نضيف الشروط الحدية التالية:

الشروط الحدية، المحققة على  $B \times \partial\Omega$ :

$$Q^i = -P n^i + [\mu (\nabla^j u^i + \nabla^i u^j) + \lambda g^{ij} \nabla_k u^k] n_j, \quad (4.23)$$

كما نضيف الشروط الابتدائية (4.14). ندعو (4.9) و (4.22) و (4.23) و (4.14) و (4.19) و (4.20) و (4.7) بالشكل الناطق (في النظام الإحداثي المنحنى  $\eta_i$ ) لمسألة Lamé التي تحكم السلوك الهيدروديناميكي لمائع (N-S) Navier-Stokes، المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط، والذي يشغل في لحظة البدء منطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الإقليدية ثلاثية البعد  $R^3$ .

## 5. الاستنتاجات والمقترحات:

**أولاً) الاستنتاجات:** استنتجنا الشكل التنسوري التقليدي الناطق وشكل Lamé التنسوري الناطق في نظام إحداثي منحنى كفي في المتنوعة الإقليدية  $R^3$ ، للحالة الهيدروديناميكية لمائع (N-S) Navier-Stokes المتجانس والإيزوتروبي، والغير ضغوط ويشغل في لحظة البدء منطقة بسيطة الترابط  $\Omega$  في المتنوعة الإقليدية  $R^3$ . وتكمن أهمية ذلك بأنه يمكن أن نختار الإحداثيات المنحنية الملائمة التي تسهل حل المسألة.

**ثانياً) المقترحات:** يمكن أن نختتم هذا البحث مسألتين للمناقشة، هي الآتية:

مسألة 1: إعادة نفس الدراسة لأجل مائع Navier–Stokes (N–S) المتجانس والإيزوتروبي، وغير الضغوط، ويخضع لحقل كهربيسي، ولحقل حراري.

مسألة 2: تعميم الدراسة لأجل المائع الاستقطابي المتجانس والإيزوتروبي، وغير الضغوط.

## المراجع

- [1]-*Heinbockel ,J.H, 1996-* Introduction to Tensor Calculus and Continuum Mechanics, Department of Mathematics and Statistics, Old Dominion University.
- [2]- *Łukaszewicz ,G., 1999-* Micropolar Fluids, Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology, Springer.
- [3]- *Nakayama ,Y., 1999 -* Introduction to Fluid Mechanics, First published in English in Great Britain by Arnold 1999 Reprinted with revisions by Butterworth-Heinemann 2000.
- [4] – *Mountajab Al-Hasan and Waad Samir Attiah, 2019 –* The Hooke thermodynamical model in a curve coordinate system, Journal of Al-Baath University, Vol.41, Nr.13, p. 137-152.
- [5]- *Truesdell C.:* Mechanics of Solids, Volume II, Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1984.
- [6]- *K. Hackl & M. Goodarzi:* An Introduction to Linear Continuum Mechanics, Lecture Notes, Ruhr-University Bochum, Faculty of Civil and Environmental Engineering, 2010.
- [7]- *Hung Nguyen-Schäfer,* Tensor Analysis and Elementary Differential Geometry for Physicists and Engineers, Second Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017.
- [8]- *Rebecca M. Brannon,* Curvilinear Analysis in a Euclidean Space, Second Edition, University of New Mexico, 2004.

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيشيف المتعامدة

طالب الدراسات العليا: مرح قدورة كلية العلوم - جامعة دمشق

الدكتورة المشرفة: ريم القمحة

### الملخص

نطبق في هذا البحث المنطق الضبابي (Fuzzy Logic) على خوارزمية متجه الدعم الآلي (Support Vector Machine) ذات نواة تشبيشيف المتعامدة (Orthogonal Chebyshev Kernel). ربطنا مدخلات هذه الخوارزمية بدوال عضوية لتحديد درجة الانتماء لكل صنف، كما ضبطنا وسطاء دخل دالة التصنيف بما يتناسب مع آلية عمل الخوارزمية المضببة. عدلنا كذلك خرج الخوارزمية بحيث تعطي قيم عضوية ضبابية (Fuzzy Membership) بالإضافة لانتماء الدخل لأحد الأصناف الموجودة.

طبقتنا بعض عمليات المنطق الضبابي على المجموعات الضبابية الناتجة، كقطاعات مجموعتين، واجتماع مجموعتين، وإيجاد مجموعة (Alpha-cut) الضبابية التي مكنتنا من اقتطاع مجموعة من المدخلات التي تحقق شرط الانتماء الضبابي المرتبط بـ Alpha. باستخدام عمليات المنطق الضبابي حصلنا على نتائج منظمة ومرتبطة ضمن عدة مجموعات استطعنا من خلالها الوصول إلى المعلومات المطلوبة واستخراجها بسهولة.

**الكلمات المفتاحية:** المنطق الضبابي، متجه الدعم الآلي، نواة تشبيشيف المتعامدة، وسطاء الدخل، دوال عضوية، مجموعات ضبابية، مجموعة Alpha-cut.

# Fuzzification Of A Support Vector Machine Algorithm With Kernel Chebyshev Orthogonal

Dr. Reema Al-Kamha

Marah Qadoura

## ABSTRACT

In this paper, we apply Fuzzy Logic on Support Vector Machine Algorithm with Kernel Chebyshev Orthogonal. We associate inputs of this algorithm with membership functions to determine the membership degree to each class. We also set membership function parameters to work property with the fuzzy algorithm. We modify the output of the algorithm to produce fuzzy membership values, as well as the belonging degree of the input to one of the predefined classes.

We apply some fuzzy logic operations on the resultant fuzzy sets, such as finding the intersection and the union of two sets. We also find an Alpha –cut fuzzy set which allows us to cut a set of the inputs satisfying the condition of the fuzzy belonging related to alpha. By using fuzzy operations. we come up with organized and arranged results within many groups that enable us accessing the required information and extracting it easily.

**Keywords:** Fuzzy Logic, Support Vector Machine, Orthogonal Chebyshev Kernel, Input Parameters, function membership, fuzzy sets, Alpha-cut set.

### 1- مقدمة:

تُعد خوارزمية شعاع الدعم الآلي (Support Vector Machine) من خوارزميات التصنيف الهامة التي تستخدم لتمييز الأنماط وتندرج تحت خوارزميات التعلم الآلي بإشراف [1]. تتضمن عملية التصنيف في SVM مرحلتين أساسيتين، الأولى التدريب والثانية الاختبار. تملك مرحلة التدريب مجموعة بيانات تدعى بيانات التدريب (Training Data set)، تُدرَّب الخوارزمية البيانات على التصنيف إلى الصنف المناسب لها. [1]

تتلخص خوارزميات التصنيف كما يبين الشكل (1) في البحث عن أفضل دالة تصنيف  $\Phi: X \rightarrow Y$  يصنف مجموعة المدخلات  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  لأحد الأصناف الموجودة مسبقاً في مجموعة المخرجات  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_r\}$ .



الشكل (1): يربط دالة التصنيف بين مجموعة المنطق (المدخلات) ومجموعة المستقر (المخرجات).

يلعب المنطق الضبابي دوراً كبيراً في خوارزميات تعلم الآلة، تكمن أهميته في إمكانية الحصول على نتائج أكثر دقة وأقرب للواقع. عند تضبيب خوارزميات التصنيف يتم إضافة مقدار انتماء ضبابي  $S$  يُحدد درجة انتماء المدخل  $x$  للصنف  $y$  [3].

تصنّف خوارزمية SVM ذات نواة تشبيثيف المتعامدة النقاط التي تملك سلوك منتظم أي تنتشر قيمها الصغرى والعظمى بانتظام على المجال المدروس، من أهم

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيشيف المتعامدة

مميزاتها أنها لا تحتاج لعدد كبير من أشعة الدعم مما يوفر الكثير من الوقت والذاكرة، ولكنها تعاني من عدة مشاكل نذكر منها:

- تصنيف النقاط بالمنطق التقليدي ثنائي القيمة يقلل دقة الخوارزمية [4].
- الحاجة لتنظيم وترتيب مخرجات الخوارزمية للوصول إلى المخرجات المطلوبة بسهولة، كتقسيمها لمجموعات كل مجموعة لها درجة انتماء معينة والتحكم بهذه المجموعات بمرونة.

درست العديد من الأبحاث لتطوير خوارزمية الـ SVM وحل مشاكلها. قدم [4] نواة جديدة لخوارزمية الـ SVM عن طريق دمج نواة تشبيشيف ونواة غاوس لتصنيف بيانات منتظمة على المجال  $[-1,1]$ ، وقد بينت النتائج أن هذه النواة زادت من دقة التصنيف. قام [5] بتحسين خوارزمية الـ SVM من خلال دمج نواة تشبيشيف مع نواة هرميت حيث أعطت نتائج أفضل من حيث عدد أشعة دعم أقل وسرعة تصنيف أكبر. قدم [6] طريقة لتصنيف البيانات باستخدام شعاع الدعم الآلي المضبيب الـ FSVM (Fuzzy Support Vector Machine) لحل مشكلة القيم المتطرفة بطرق احصائية، ربطت كل نقطة من البيانات بقيمة العضوية الضبابية لتبين درجة أهميتها. تم دراسة عاملين أساسيين لنقاط التدريب هما عامل الثقة (Confident Factor) وعامل الإهمال (Trashy Factor) ثم توليد قيمة العضوية لنقاط التدريب تلقائياً من خلال استراتيجية مستنتجة من العاملين السابقين. قدم [7] طريقة لمعالجة مشكلة عدم توازن الصنف مع وجود ضوضاء لتحسين شعاع الدعم الآلي المضبيب لتعلم الصنف غير المتوازن الـ (Fuzzy Support Vector Machine for Class Imbalance Learning) FSVM-CIL، وأعطيت لأمثلة التدريب قيم العضوية المختلفة حسب أهميتها وتم إدراجها في خوارزمية الـ SVM لجعلها أقل حساسية للضوضاء.

### 2- هدف البحث:

نهدف في هذا البحث إلى تضبيب خوارزمية متجه الدعم الآلي ذات نواة تشبيشيف المتعامدة، وتطبيق عمليات المنطق الضبابي عليها، وذلك لحل المشاكل التي تعاني منها هذه الخوارزمية في التصنيف. قمنا بإضافة مقدار انتماء ضبابي للأصناف الموجودة،

وضبط الوسطاء لتعطي خرج أمثل. استفدنا أيضاً من عمليات المنطق الضبابي للتحكم بمخرجات الخوارزمية كاجتماع وتقاطع مجموعتين، وأوجدنا مجموعة الـ  $\alpha$ -C التي تعطي مرونة للخوارزمية باقتطاع مجموعة من المدخلات اعتماداً على مقدار انتمائها.

3- أهم التعاريف المستخدمة:

3-1- الحدوديات المتعامدة [2]:

تكون مجموعة الدوال  $f_0, f_1, \dots, f_n$  متعامدة على المجال  $[a, b]$  ;  $a, b \in \mathbb{R}$  بالنسبة لتابع الوزن  $w(x)$  إذا تحقق ما يلي:

$$\int_a^b w(x) \cdot f_i(x) \cdot f_j(x) dx = \begin{cases} 0 & ; i \neq j \\ \text{عدد} & ; i = j \end{cases} ; i, j \in \{1, \dots, n\}$$

3-2- دالة الوزن [2]:

تكون الدالة  $w(x)$  دالة وزن على المجال  $[a, b]$  إذا وفقط إذا حقق ما يلي:

(1) الدالة  $w$  مستمرة.

(2)  $w(x)$  موجب تماماً.

$$\forall n \in \mathbb{N} ; x \in ]a, b[ : \int_a^b w(x) |x^n| dx < +\infty \quad (3)$$

3-3- نواة تشيبشيف Chebyshev Kernel [2]:

تعرف حدوديات تشيبشيف بأنها حدوديات متعامدة على المجال  $[-1, +1]$

بدالة وزن  $w(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$  بالشكل:

$$T_n(x) = \cos(n \cdot \arccos x) ; n \geq 0 , -1 \leq x \leq +1$$

$$n = 0 \Rightarrow T_0(x) = \cos(0 \cdot \arccos x) = 1$$

$$n = 1 \Rightarrow T_1(x) = \cos(1 \cdot \arccos x) = x$$

بالاستفادة من الخواص المثلثية:  $\theta = \arccos x \Rightarrow \cos \theta = x$

$$\Rightarrow T_n(\cos \theta) = \cos(n \cdot \theta)$$

$$\left. \begin{aligned} T_{n+1}(\cos \theta) &= \cos((n+1) \cdot \theta) = \cos n\theta \cdot \cos \theta - \sin n\theta \cdot \sin \theta \\ T_{n-1}(\cos \theta) &= \cos((n-1) \cdot \theta) = \cos n\theta \cdot \cos \theta + \sin n\theta \cdot \sin \theta \end{aligned} \right\} \text{بالجمع}$$

$$T_{n+1}(\cos \theta) + T_{n-1}(\cos \theta) = 2 \cos n\theta \cdot \cos \theta$$

بتعويض  $\cos \theta = x$

$$T_{n+1}(x) + T_{n-1}(x) = 2T_n(x) \cdot x$$

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيشيف المتعامدة

يتم الحصول على العلاقة التكرارية التالية التي تربط بين حدوديات تشبيشيف:

$$T_0(x) = 1$$

$$T_1(x) = x$$

$$T_{n+1}(x) = 2x T_n(x) - T_{n-1}(x) ; n \geq 1 \quad \dots (1)$$

تُستخدم هذه العلاقة من أجل إيجاد حدوديات تقريب المربعات الصغرى من

الدرجة  $n$  الآتية:

$$\Phi(x) = c_0 T_0(x) + c_1 T_1(x) + \dots + C_n T_n(x) \quad \dots (2)$$

لإيجاد حدوديات تقريب المربعات الصغرى للدالة  $f(x)$  يتم تحديد المعاملات

$c_0, c_1, \dots, c_n$  التي تجعل الخطأ أصغري.

عندما تكون مجموعة النقاط مستمرة تُستخدم علاقة التعامد المستمر:

$$n, m \in N ; \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} T_n(x) \cdot T_m(x) dx = \begin{cases} 0 ; n \neq m \\ \frac{\pi}{2} ; n = m \neq 0 \\ \pi ; n = m = 0 \end{cases}$$

وتُوجد المعاملات بالشكل:

$$c_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} T_0(x) \cdot f(x) dx$$

$$c_i = \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} T_i(x) \cdot f(x) dx ; i = 1, \dots, n$$

عندما تكون مجموعة النقاط منفصلة تُستخدم علاقة التعامد المنقطع:

$$n, m < N ; \sum_{k=1}^N T_n(x_k) \cdot T_m(x_k) = \begin{cases} 0 ; n \neq m \\ \frac{N}{2} ; n = m \neq 0 \\ N ; n = m = 0 \end{cases}$$

وتُحسب المعاملات كالتالي:

$$c_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N T_0(x_k) \cdot f(x_k)$$

$$c_i = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N T_i(x_k) \cdot f(x_k) ; i = 1, \dots, n$$

بعض عمليات المنطق الضبابي [8]:

لتكن دالة الانتماء العضوية الضبابية للمدخل  $x \in X$  بالشكل:

$$\mu: X \rightarrow [0,1]$$

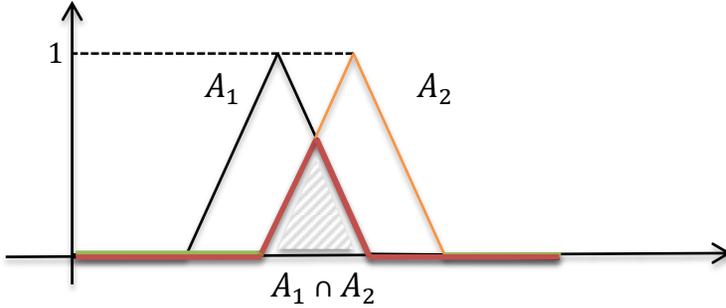
حيث  $X$  المجموعة الشاملة التي تمثل كل القيم المحتملة للمدخل  $x$ .

يمكن أن تكون دالة الانتماء الضبابية مثلثية أو شبه منحرف أو غاوس أو أي شكل آخر.

### (1) تقاطع مجموعتين ضبابيتين [8]:

لتكن المجموعتين الضبابيتين  $A_1, A_2$ ، عندئذ يُعرف تقاطع  $A_1$  و  $A_2$  بأنه أكبر مجموعة ضبابية محتواه في كليهما معاً:

$$\mu_{A_1 \cap A_2}(x) = \min(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)) \quad \dots (3)$$

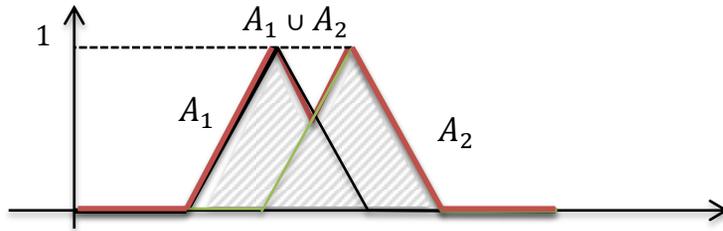


الشكل (2): تقاطع مجموعتين ضبابيتين لدالة مثلثية.

### (2) اجتماع مجموعتين ضبابيتين [8]:

لتكن المجموعتين الضبابيتين  $A_1, A_2$ ، عندئذ يُعرف اجتماع  $A_1$  و  $A_2$  بأنه أصغر مجموعة ضبابية تحوي كليهما معاً:

$$\mu_{A_1 \cup A_2}(x) = \max(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)) \quad \dots (4)$$



الشكل (3): اجتماع مجموعتين ضبابيتين لدالة مثلثية.

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيثيف المتعامدة

### (3) مجموعة Alpha-cut: [9]

بفرض  $a$  عدد حقيقي  $a \in ]0,1]$ ، تُعرف مجموعة الـ Alpha-cut كما يلي:

$$A = \{ x ; \mu(x) \geq a \} \quad \dots (5)$$

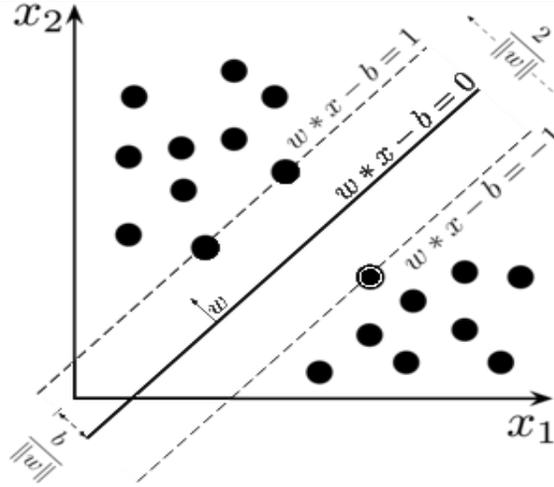
### 4- خوارزمية الـ SVM ذات نواة تشبيثيف المتعامدة [4]:

تعتبر خوارزمية الـ SVM من أهم خوارزميات التصنيف، طوّرت من قِبل الباحثين Chun Sheng و Fulin Dewang [3].

تُستخدم خوارزمية الـ SVM لتصنيف المدخلات إلى صنفين. كل مدخل  $x_i$  حيث  $x_i \in \mathbb{R}^m ; i = 1, \dots, n$  ينتمي إلى أحد الأصناف  $\{-1, +1\}$  في  $y_i \in \{-1, +1\}$  في حالة  $y_i = +1$  فإن الدخل ينتمي للصنف الأول، وفي حالة  $y_i = -1$  فإن الدخل ينتمي للصنف الثاني. تقوم الخوارزمية بتدريب مجموعة النقاط  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  في حالة التصنيف الخطي أما في حالة التصنيف غير الخطي يُطبق تابع النواة  $\Phi: x \rightarrow \Phi(x)$  على المدخلات فتصبح مجموعة نقاط التدريب كما يلي:

$$(\Phi(x_1), y_1), (\Phi(x_2), y_2), \dots, (\Phi(x_n), y_n))$$

يتم اختيار دالة النواة حسب طبيعة النقاط المدروسة. قمنا في هذا البحث بتصنيف النقاط التي تتوزع بانتظام على المجال  $[-1, 1]$  باستخدام دالة نواة تشبيثيف المتعامدة المذكور في العلاقة (2) على المدخلات. تمكننا من تحقيق نتائج أكثر دقة بمتجه دعم أقل [5]. يوضح الشكل (4) آلية الفصل الخطي للنقاط بواسطة دالة تصنيف خوارزمية متجه الدعم الآلي.



الشكل (4): دالة تصنيف شعاع الدعم الآلي.

تتركز فكرة خوارزمية الـ SVM في البحث عن أفضل فاصل بين النقاط يدعى الفاصل بالسطح الفائق، معرف كالتالي:

$$w\Phi(x_i) + b = 0 \quad ; \quad i = 1, \dots, n \quad \dots (6)$$

حيث  $\Phi(x_i)$  : ناتج تطبيق المدخل  $x_i$  في العلاقة (2).

$w$  و  $b$  : وسطاء دخل تقوم الخوارزمية بضبطها وأي تغيير فيها يؤثر على مخرجات الخوارزمية.

يصنف السطح الفائق النقاط لصنفين من خلال الفصل بين الصنفين بأكبر هامش للمسافة بين أقرب نقطتين للسطح الفائق من كلا الصنفين، وهذا يتطلب البحث عن أمثل ثنائية لـ  $(w, b)$  وباعتبار وجود خطأ  $\epsilon_i$  في توضع النقاط  $x_i$  تتشكل قيود الانتماء للأصناف كالتالي:

$$y_i(w \cdot \Phi(x_i) + b) \geq 1 - \epsilon_i \quad ; \quad i = 1, \dots, n$$

$$\epsilon_i \geq 0 \quad \dots (7)$$

تؤول المسألة الأمثلية لمسألة تصغير كالتالي:

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n \epsilon_i \quad \dots (8)$$

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيثيف المتعامدة

من الصعب حل هذه المسألة المقيدة، لذلك من الضروري تحويل هذه المسألة لمسألة غير مقيدة، بضرب القيود بمضاريب لاغرانج  $\alpha_i, \beta_i$ ، وإضافتها للمسألة:

$$L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n \epsilon_i - \sum_{i=1}^n \alpha_i (y_i(w \cdot \Phi(x_i) + b) - 1 + \epsilon_i) - \sum_{i=1}^n \beta_i \epsilon_i$$

للبحث عن الحل الأمثل يجب الاشتقاق بالنسبة لـ  $w, b, \epsilon_i$ .

$$\frac{\partial L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta)}{\partial w} = w - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \Phi(x_i) = 0 \quad \dots (9)$$

$$\frac{\partial L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta)}{\partial b} = - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i = 0 \quad \dots (10)$$

$$\frac{\partial L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta)}{\partial \epsilon_i} = C - \alpha_i - \beta_i = 0 \quad \dots (11)$$

بتعويض (9) و (10) و (11) في العلاقة (8) تصبح المسألة كالتالي:

$$\max W(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i \alpha_i = 0 \quad \text{ضمن الشروط}$$

$$0 \leq \alpha_i \leq C, \quad i = 1, \dots, n \quad \dots (12)$$

يتم استخدام شرط Mercer [4] عند جداء مدخلين مختلفين  $x, z$ ، كالتالي:

$$K(x, z) = \frac{\sum_{i=0}^n T_i(x) \cdot T_i(z)}{\sqrt{1 - x \cdot z}} \quad \dots (13)$$

بعد الانتهاء من مرحلة تدريب الخوارزمية يتم اختبار أي دخل جديد بتطبيق الدالة

*sign* التالية:

$$\text{sign}(w\Phi(x) + b) = \begin{cases} \text{انتفاء للصنف الأول } y = +1 & \text{الناتج } \geq 0 \\ \text{انتفاء للصنف الثاني } y = -1 & \text{الناتج } < 0 \end{cases} \quad \dots (14)$$

وهكذا يتم تصنيف أي دخل جديد إلى الخرج المناسب له.

## 5- الخوارزمية المعدلة:

### 1-5- تضبيب خوارزمية الـ SVM ذات نواة تشبيثيف المتعامدة:

قمنا بإضافة قيمة ضبابية لتحديد درجة انتماء كل مدخل للصنف المراد، فأصبحت مجموعة نقاط التدريب كما يلي:

$$(\Phi(x_1), y_1, S_1), (\Phi(x_2), y_2, S_2), \dots, (\Phi(x_n), y_n, S_n)$$

نبحث عن أفضل سطح فائق يصنف النقاط لصنفين ويحقق (6). وبإضافة القيمة الضبابية  $S$  عندئذٍ تصبح المسألة (8) كما يلي:

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n S_i \epsilon_i \quad \dots (15)$$

حيث  $C$  ثابت كفي مرتبط بـ  $S$ .

وتصبح معادلة لاغرانج كما يلي:

$$L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n S_i \epsilon_i - \sum_{i=1}^n \alpha_i (y_i (w \cdot \Phi(x_i) + b) - 1 + \epsilon_i) - \sum_{i=1}^n \beta_i \epsilon_i$$

للبحث عن الحل الأمثل نشق بالنسبة لـ  $w, b, \epsilon_i$ .

$$\frac{\partial L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta)}{\partial w} = w - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \Phi(x_i) = 0 \quad \dots (16)$$

$$\frac{\partial L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta)}{\partial b} = - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i = 0 \quad \dots (17)$$

$$\frac{\partial L(w, b, \epsilon, \alpha, \beta)}{\partial \epsilon_i} = S_i C - \alpha_i - \beta_i = 0 \quad \dots (18)$$

وبتعويض العلاقات (16) و(17) و(18) في العلاقة (15)، نجد مسألة الأمثلية:

$$\max W(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j)$$

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيثيف المتعامدة

$$\sum_{i=1}^l y_i \alpha_i = 0 \quad \text{ضمن الشروط}$$

$$0 \leq \alpha_i \leq S_i C, \quad i = 1, \dots, n \quad \dots (19)$$

إن اختيار قيمة غير مناسبة لـ  $\alpha$  تجعل الخوارزمية تسير نحو نتائج غير مرضية، مما يتوجب علينا البحث عن قيمة مثلى لـ  $\alpha$ ، لذلك نحتاج لعبارة الخطأ  $\epsilon$ ، ولتطبيق شروط كوهن توكر.

(1) عبارة الخطأ  $\epsilon$ : هي الفرق بين الناتج المحسوب من (6) والناتج الفعلي  $y$  بالقيمة المطلقة تُحسب كما يلي:

$$\epsilon = |(w \cdot \Phi(x) + b) - y| \quad \dots (20)$$

تُعوض العلاقة (16) في (20) فتتشكل عبارة الخطأ التالية:

$$\epsilon_i = \left| \left( \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \Phi(x_i) \cdot \Phi(x_i) + b \right) - y_i \right|$$

(2) شروط كوهن توكر **Kuhn-Tucker**: بالاستفادة من العلاقة (7) و (19) تُكتب الشروط:

$$SC - \alpha \geq 0 \quad \text{و} \quad \epsilon \geq 0 \quad \text{ومنه} \quad \epsilon = 0 \quad (SC - \alpha) = 0$$

وهنا نميز حالتين:

إما  $SC < \alpha < 0$  أي  $\epsilon = 0$  أي لا يوجد خطأ في تصنيف متجه الدعم.

أو  $SC - \alpha = 0$  أي  $SC = \alpha$  أي  $\epsilon > 0$  ويوجد خطأ في التصنيف أو النقطة تقع على الخط الهامش. حيث  $\alpha$  مرتبطة بـ  $S$  و  $C$ .

ذكرنا سابقاً أن إيجاد دالة التصنيف الأمثل يتطلب البحث عن أمثل ثنائية لـ  $(w, b)$ .

### 5-2- ضبط وسطاء الخوارزمية:

#### (1) البحث عن أمثل $w$ :

للبحث عن أمثل  $w$  نوجد القيمة المثلى لـ  $\alpha$  وحدودها، لذلك سنأخذ  $\alpha_1, \alpha_2$  قيمتين مختلفتين من قيم  $\alpha$ .

أولاً: حدود  $\alpha$ :

- إذا كان  $\kappa_1, \kappa_2$  من صنفين مختلفين، أي  $y_1 \neq y_2$  تكون الحدود:

$$low = \max(0, \kappa_2 - \kappa_1)$$

$$high = \min(C(S_2 - S_1), C(S_2 - S_1) + \kappa_2 - \kappa_1)$$

- إذا كان  $\kappa_1, \kappa_2$  من نفس الصنف، أي  $y_1 = y_2$  تكون الحدود:

$$low = \max(0, \kappa_2 + \kappa_1 - C(S_2 + S_1))$$

$$high = \min(C(S_2 + S_1), \kappa_2 + \kappa_1)$$

ثانياً: إيجاد القيمة المثلى لـ  $\kappa_1, \kappa_2$ :

$$\eta = 2 \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_2) - \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_1) - \Phi(x_2) \cdot \Phi(x_2)$$

$$\kappa_2 = -\kappa_2 + \frac{y_2(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{\eta}$$

$$\kappa_2 \text{ clipped} = \begin{cases} high & ; \text{if } high \geq \kappa_2 \\ \kappa_2 & ; \text{if } low < \kappa_2 < high \\ low & ; \text{if } \kappa_2 \leq low \end{cases}$$

$$\kappa_1 = \kappa_1 + y_1 \cdot y_2 (\kappa_2 - \kappa_2 \text{ clipped})$$

وهكذا قمنا بضبط حدود  $\kappa$  وإيجاد القيمة المثلى لها، وبالتالي ضبط  $w$ .

## 2) البحث عن القيمة المثلى لـ $b$ :

لنأخذ  $b_1, b_2$  قيمتين مختلفتين من قيم  $b$  مع الأخطاء  $\epsilon_1, \epsilon_2$  على الترتيب،

وانطلاقاً من (6) و (16) نكتب:

$$b_1 = b - \epsilon_1 - \kappa_1 y_1 \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_1) - \kappa_2 y_2 \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_2)$$

$$b_2 = b - \epsilon_2 - \kappa_1 y_1 \Phi(x_1) \cdot \Phi(x_2) - \kappa_2 y_2 \Phi(x_2) \cdot \Phi(x_2)$$

$$b = \begin{cases} b_1 & ; \text{if } 0 < \kappa_1 < CS_1 \\ b_2 & ; \text{if } 0 < \kappa_2 < CS_2 \\ \frac{b_1 + b_2}{2} & ; \text{other than} \end{cases}$$

بعد ضبط الوسطاء  $b$  و  $w$  تنتهي مرحلة تدريب الخوارزمية.

لاختبار أي مدخل جديد نطبق عليه الدالة (14) فينتج لدينا صنف المدخل

بالإضافة إلى القيمة  $S$  وهي قيمة الانتماء الضبابية إلى هذا الصنف، وهكذا نكون قد

صنفنا المدخل إلى المخرج المناسب له، مع قيمة عضوية ضبابية.

## 5-3- تطبيق عمليات المنطق الضبابي:

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيثيف المتعامدة

بعد الانتهاء من عملية التدريب نحصل على خرج أي مدخل، حيث يتم تصنيف المدخل بالإضافة إلى قيمة عضوية ضبابية تعبر عن مقدار انتماء المدخل للصنف الناتج. قمنا في هذا البحث بتقسيم مخرجات الخوارزمية إلى مجموعات حسب درجة الانتماء لنميز بين المدخلات ذات الانتماء القوي، والمدخلات ذات الانتماء المتوسط، والمدخلات ذات الانتماء الضعيف. يمكننا تطبيق عمليات المنطق الضبابي كالاتحاد والتقاطع من العلاقة (3) و(4) على المجموعات ذات الانتماء القوي والمتوسط والضعيف. تمثل عمليات المنطق الضبابي أداة مرنة للتعامل مع مخرجات الخوارزمية تمكننا من تنظيم النتائج والتعامل معها بسهولة أكبر.

### مثال عددي للخوارزمية المعدلة:

قمنا بأخذ مجموعة البيانات من مستودع البيانات (LIBSVM) [10]، حيث قسّمنا المجموعة إلى مجموعتين الأولى لمرحلة التدريب والثانية لمرحلة الاختبار.

### أولاً: مرحلة التدريب:

يبين الجدول التالي بيانات تدريب الخوارزمية حيث تمثل  $(x_1, x_2)$  أشعة الدخل ويمثل  $y$  الخرج (الصنف):

الجدول (1) مجموعة بيانات التدريب للخوارزمية المعدلة

بيانات التدريب	$x_1$	$x_2$	$y$
1	-0.725275	-0.438596	-1
2	-0.824176	-0.48538	-1
3	0.472527	-0.0643275	-1
4	0.362637	0.789474	-1
5	-0.692308	0.836257	-1
6	0.153846	0.274854	-1
7	0.10989	-0.929825	-1

8	-0.032967	-0.00584795	-1
9	-0.747253	-0.602339	-1
10	-0.582418	0.847953	-1
11	0.747253	0.894737	-1
12	0.692308	-0.824561	+1
13	0.769231	-0.321637	+1
14	-0.21978	-0.263158	+1
15	0.318681	0.54386	+1
16	0.318681	0.672515	+1
17	0.549451	, 0.590643	+1
18	0.0989011	-0.309942	+1
19	0.912088	-0.730994	+1
20	0.78022	-0.918129	+1

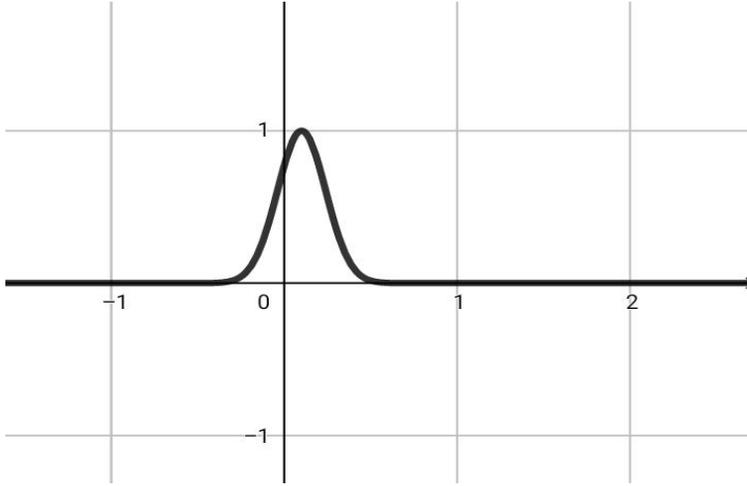
لتعيين درجة انتماء المدخلات إلى الصنف الناتج نميز مجموعتين ضبابيتين:

(1) دالة الانتماء للصنف الأول  $[0,1]$   $\mu_{y_1} : X \rightarrow [0,1]$ ، وهي دالة غاوس كما يبين

الشكل (5)، تعطى بالعلاقة:

$$\mu_{y_1} = e^{-\left(\frac{x-1.006}{0.1972}\right)^2}$$

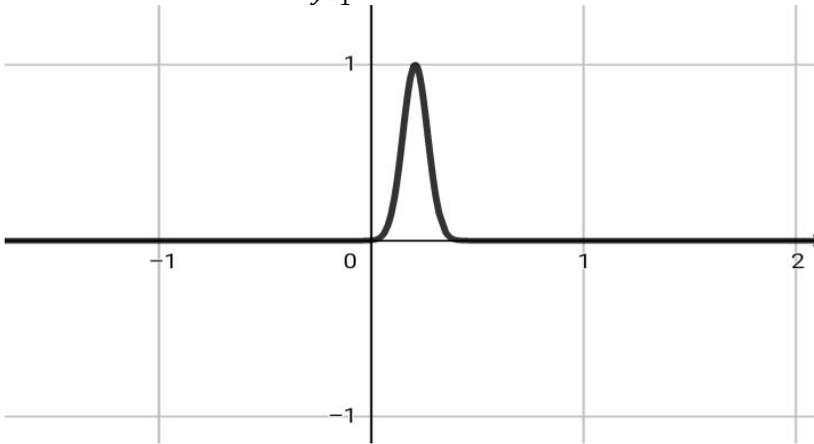
## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيشيف المتعامدة



الشكل (5): دالة الانتماء الضبابي الغاوسية للصف الأول.

(2) دالة الانتماء للصف الثاني  $\mu_{y-1}: X \rightarrow [0,1]$ ، وهي دالة غاوس كما يبين الشكل (6)، تعطى بالعلاقة:

$$\mu_{y-1} = e^{-\left(\frac{x-0.2072}{0.08234}\right)^2}$$



الشكل (6): دالة الانتماء الضبابي الغاوسية للصف الثاني.

نوجد حدوديات تقريب تشبيشيف من الدرجة الرابعة من العلاقة (2) للمدخلات،

فنحصل على مجموعة نقاط التدريب كما يلي:

$$(\Phi(x_1), y_1, S_1), (\Phi(x_2), y_2, S_2), \dots, (\Phi(x_n), y_n, S_n)$$

حيث  $\Phi(x_i)$  : ناتج تطبيق المدخل  $x_i ; i = 1, \dots, n$  في العلاقة (2).

$y_i$  : صنف المدخل  $x_i ; i = 1, \dots, n$

$S_i$  : مقدار الانتماء الضبابي للمدخل  $x_i$  إلى الصنف  $y_i ; i = 1, \dots, n$

نقوم بالبحث عن أمثل سطح فائق  $w \cdot \Phi(x) + b = 0$

نُشكّل دالة لاغرانج ونشتقه ونوجد المعادلات (16), (17), (18) حتى نصل

للمسألة التالية:

$$\max W(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j)$$

حيث  $K(x_i, x_j)$  نواة محسوبة من العلاقة (13) .

نحتاج لبرنامج حاسوبي من أجل حل هذه المعادلة، لذلك قمنا باستخدام برنامج جافا

فحصلنا على قيمة  $\alpha$  المثلى. الشكل (7) يبين قيمة  $\alpha$  المثلى لعينة من النقاط ومقدار

الانتماء الضبابي لصنفها الناتج.

Support Vector	label	alpha	fuzzy
[-0.725275, -0.438596]	-1.0	0.4072276581	[2.0060239421798741E-56, 1.928041285717221E-27]
[0.472527, -0.0643275]	-1.0	14.6217602488	[3.094070735784817E-5, 1.893657455679532E-5]
[0.153846, 0.274854]	-1.0	24.5865158211	[0.6571338942196572, 0.5091077828811874]
[0.692308, -0.824561]	1.0	0.2498421856	[1.2300490762515482E-4, 2.761604653341806E-10]
[-0.21978, -0.263158]	1.0	9.6897717542	[0.07139899574812816, 0.03328651100464785]
[0.549451, 0.590643]	1.0	1.1983998018	[0.0056239253733751, 0.002080285358971819]
[0.78022, -0.918129]	1.0	0.3009974522	[6.946166502935486E-6, 2.5697020406527406E-12]

الشكل (7): قيمة  $\alpha$  المثلى لعينة من النقاط ومقدار الانتماء الضبابي لصنفها الناتج

في برنامج الجافا.

وحصلنا على أمثل  $w$  و  $b$  ، كما يلي:

$w$	$b$
$\langle -2663.269679631, 591.119600656 \rangle$	$-974.518184124669$

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيثيف المتعامدة

يوضح الشكل (8) دالة التصنيف الضبابي الناتج من الخوارزمية في برنامج الجافا.



الشكل (8): يبين توزيع النقاط ودالة التصنيف الضبابي في برنامج الجافا.

### تطبيق عمليات المنطق الضبابي:

نقسم مخرجات الخوارزمية إلى ثلاث مجموعات:

(1) H: مجموعة الانتماء القوي في المجال  $[0.7, 1]$ .

(2) M: مجموعة الانتماء المتوسط في المجال  $[0.4, 0.8]$ .

(3) L: مجموعة الانتماء الضعيف في المجال  $[0, 0.4]$ .

قمنا بتقسيم نتائج الخوارزمية باستخدام برنامج الجافا، فحصلنا على المجموعات التالية:

L={	[-0.725275	-0.438596]	
	[-0.824176	-0.48538]	
	[0.472527	-0.0643275]	
	[0.362637	0.789474]	
	[-0.692308	0.836257]	
	[0.10989	-0.929825]	
	[-0.032967	-0.00584795]	
	[-0.747253	-0.602339]	
	[-0.582418	0.847953]	
	[0.747253	0.894737]	
	[0.692308	-0.824561]	
	[0.769231	-0.321637]	
	[-0.21978	-0.263158]	
	[0.318681	0.54386]	
	[0.318681	0.672515]	
	[0.549451	0.590643]	
	[0.912088	-0.730994]	
	[0.78022	-0.918129]	
			}
M={	[0.153846	0.274854]	}
H={			}

الشكل (9): يبين المجموعات H و M و L باستخدام برنامج الجافا.

نطبق عمليات الاجتماع والتقاطع في المنطق الضبابي من العلاقة (3) و (4) على المجموعات الناتجة.

قمنا بحساب اجتماع وتقاطع المجموعتين M و H باستخدام برنامج الجافا من

العلاقتين، فكانت النتائج كما يلي:

M union H={	[0.153846	0.274854]	}
M intersection H={			}

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيثيف المتعامدة

الشكل (10): يبين اجتماع وتقاطع المجموعتين M و H باستخدام برنامج الجافا. كما قمنا بحساب مجموعة الـ Alpha-cut باستخدام برنامج الجافا من العلاقة (5) بحيث قيمة  $a = 0.5$ ، فحصلنا على النتائج التالية:

```
alpha-cut=0.5 ,  
alpha-cut set={ [0.153846  0.274854] }
```

الشكل (11): يبين مجموعة الـ Alpha-cut بحيث  $a = 0.5$  في برنامج الجافا. ثانياً: مرحلة الاختبار:

للتأكد من صحة عمل الخوارزمية بعد انتهاء مرحلة التدريب نقوم باختبار بيانات جديدة من خلال الدالة (14). لنختبر مجموعة النقاط التالية:

- $\{-1\}, \{0.153846, 0.274854\}$

نتائج الاختبار في البرنامج الحاسوبي هو:

```
> to classify new point x & y (or exit):  
0.153846 0.274854  
class : -1|fuzzy [0.6571338942196572  0.5091077828811874]  
this is value from alpha-cut  
this is value from set M  
this is value from set M union H
```

تبين النتائج أن هذه النقطة تنتمي للصف  $-1$ ، وتنتمي للمجموعة M، بالإضافة إلى القيمة العضوية الضبابية، كما أنها تنتمي للمجموعة Alpha-Cut وتنتمي للمجموعة  $M \cup H$ .

- $\{-1\}, \{-0.373626, 0.450292\}$

نتائج الاختبار في البرنامج الحاسوبي هو:

```
> to classify new point x & y (or exit):  
-0.373626 0.450292  
class : -1|fuzzy [2.4547323371302286E-22  1.639337956329147E-4]  
this is value from set L
```

تبين النتائج أن هذه النقطة تنتمي للصف 1-، وتنتمي للمجموعة L، بالإضافة إلى القيمة العضوية الضبابية.

- $\{-0.0989011, -0.461988\}, \{1\}$

نتائج الاختبار في البرنامج الحاسوبي هو:

```
> to classify new point x & y (or exit):
-0.0989011 -0.461988
class : 1|fuzzy [0.3593444461031141    2.919505421711179E-4]
thise is value from set L
```

تبين النتائج أن هذه النقطة تنتمي للصف 1، وتنتمي للمجموعة L، بالإضافة إلى القيمة العضوية الضبابية.

#### 6- النتائج ومناقشتها:

قمنا بتطبيق خوارزمية الـ SVM ذات نواة تشيبيشيف على مجموعة البيانات الموضحة في الجدول (1) فحصلنا على مجموعة نقاط التدريب التالية:

$$(\Phi(x_1), y_1), (\Phi(x_2), y_2), \dots, (\Phi(x_n), y_n)$$

نقوم بالبحث عن السطح الأمثل فائق  $\Phi(x) + b = 0$  من خلال تشكيل دالة

لاغرانج واشتقاقه وإيجاد معادلات المشتق حتى نصل للمسألة التالية:

$$\max W(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j)$$

استخدمنا نفس البرنامج الحاسوبي من أجل حل هذه المعادلة فحصلنا على قيمة  $\alpha$

المثلى.

```
Support Vector | label | alpha
-----
[-0.692308, 0.836257] | -1.0 | 0.9081394894
[0.747253, 0.894737] | -1.0 | 0.0918605106
```

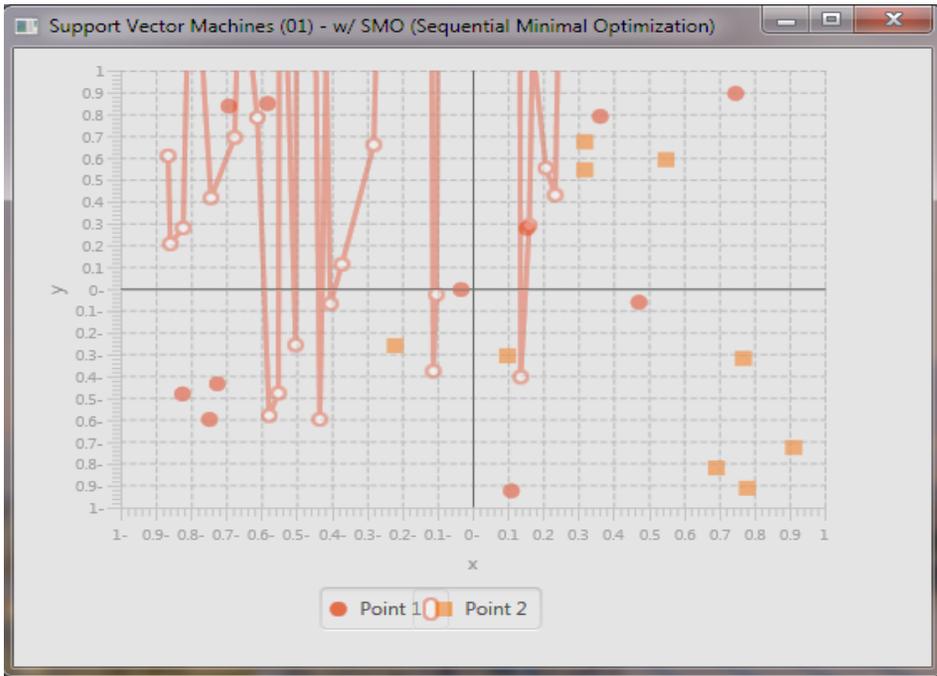
## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيشيف المتعامدة

الشكل (12): قيمة  $\times$  المثلى لعينة من النقاط باستخدام خوارزمية SVM ذات نواة تشبيشيف.

نلاحظ من مخرجات الخوارزمية في الشكل (12) أن الخوارزمية تعطينا فقط انتماء الدخل للصنف بينما مخرجات خوارزمتنا المعدلة في الشكل (7) تعطينا انتماء الدخل للصنف بالإضافة لدرجة الانتماء الضبابية للصنف. وباستخدام البرنامج الحاسوبي للخوارزمية الأصلية حصلنا على أمثل  $w$  و  $b$ ، كما يلي:

$w$	$b$
$\langle 1.803267401, -0.644407298 \rangle$	1.175371533454077

يوضح الشكل (13) دالة التصنيف الضبابي الناتج من الخوارزمية في برنامج الجافا.



الشكل (13): يبين توزيع النقاط ودالة التصنيف باستخدام برنامج جافا لخوارزمية SVM ذات نواة تشبيشيف.

### مرحلة الاختبار:

نقوم باختبار البيانات الجديدة من خلال الدالة (14). لنتخبر مجموعة النقاط التالية:

- $\{-0.0989011, -0.461988\}, \{1\}$

ناتج الاختبار في البرنامج الحاسوبي هو:

```
> to classify new point x & y (or exit):  
-0.0989011 -0.461988  
classified as 1
```

تبين النتائج أن هذه النقطة تنتمي للصنف 1.

- $\{0.153846, 0.274854\}, \{-1\}$

ناتج الاختبار في البرنامج الحاسوبي هو:

```
> to classify new point x & y (or exit):  
0.153846 0.274854  
classified as 1
```

تبين النتائج أن هذه النقطة تنتمي للصنف 1.

- $\{-0.373626, 0.450292\}, \{-1\}$

ناتج الاختبار في البرنامج الحاسوبي هو:

```
> to classify new point x & y (or exit):  
-0.373626 0.450292  
classified as 1
```

تبين النتائج أن هذه النقطة تنتمي للصنف 1.

كما هو موضح من نتائج الاختبارات السابقة أن الخوارزمية الأصلية تعطينا التصنيف لأحد الأصناف فقط، بينما خوارزمتنا المعدلة أعطتنا التصنيف بالإضافة لمقدار الانتماء الضبابي. هذا يبين مدى فعالية خوارزمتنا المضببة، حيث كانت أدق في التصنيف بالمقارنة مع الخوارزمية الأصلية وحققت نتائج أفضل. أي أن خوارزمتنا المضببة قد حسنت من أداء خوارزمية الـ SVM ذات نواة تشيبيشيف. كما أن تقسيم مخرجات خوارزمتنا لمجموعات ضبابية حسب انتمائها وحساب العمليات الضبابية عليها كالتقاطع والاجتماع ومجموعة Alpha-cut أضاف مرونة في التعامل مع النتائج

## تضبيب خوارزمية شعاع الدعم الآلي ذات نواة تشبيشيف المتعامدة

وتنظيمها واستخراج المعلومات المطلوبة بسهولة، لهذه العمليات استخدامات واسعة مثل أنظمة التحكم وتصنيف درجات الحرارة للتنبؤ بحالة الجو، أي أن تطبيق عمليات المنطق الضبابي قد ساهم بتحسين أداء الخوارزمية بشكل واضح، ومنه نكون قد تغلبنا على بعض مشاكل الخوارزمية على نحو فعال وإعطاء نتائج أكثر واقعية وأكثر فعالية.

### 7- الاستنتاجات والتوصيات:

قدمنا في هذا البحث تطبيقاً للمنطق الضبابي في خوارزمية الـ SVM ذات نواة تشبيشيف المتعامدة. تمكنا من ربط مدخلات هذه الخوارزمية بدوال عضوية، لكي تحدد درجة الانتماء لكل صنف. قمنا بضبط وسطاء الخوارزمية لتتلاءم مع آلية عمل الخوارزمية. طبقنا العمليات الضبابية على المخرجات الناتجة لتنظم عملها وتسهيل الوصول للنتائج المطلوبة. كانت نتائج خوارزمتنا المعدلة أكثر واقعية وتطبيقها أكثر فعالية من الخوارزمية الأصلية. بالإمكان العمل مستقبلاً لتعميم خوارزمتنا المعدلة لأصناف متعددة أو تشكيل نواة مركبة لتوسيع مجال الدراسة للتعامل مع سلوك جديد للنقاط والاستفادة من هذا التعديل.

**8-المراجع:**

- [1] صقر. زين العابدين، شاهين. مصعب، 2012- نظام تصنيف المستندات العربية حسب محتواها. جامعة تشرين.
- [2] مطيط. برلنت صبري، 2014- التحليل العددي (2). دمشق: منشورات جامعة دمشق كلية العلوم.

- [3] FU LIN. C, DE WANG. S, 2002– Fuzzy Support Vector Machines. IEEE Transactions on neural networks,13(2), 464–471.
- [4] JAFARZADEH. SZ, AMINIAN. M, EFATTI. S, 2013– A Set of New Kernel Function For Support Vector Machines: An Approach Based On Chebyshev Polynomials. ICCKE 2013, 412–416.
- [5] MOGHADDAM. VH, HAMIDZADEH. J, 2016– New Hermite Orthogonal Polynomial Kernel And Combined Kernel In Support Vector Machine Classifier. Pattern Recognition, 60 ,921–935.
- [6] FU LIN. C, DE WANG. S, 2014– Training Algorithms For Fuzzy Support Vector Machines With Noisy Data. Pattern recognition letters, 25(14), 1647–1656.
- [7] BATUWITA. R, PALADE. V, 2010– FSVM–CIL: Fuzzy Support Vector Machines For Class Imbalance Learning. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 18(3), 558–571.
- [8] GEORGE J. KLIR, Bo. YUAN, 2008– Fuzzy Sets And Fuzzy Logic Theory And Applications. ISSN 0–13–101171–5.
- [9] HAMRAWI. H, COUPLAND. S, JOHN. R, 2016– Type–2 Fuzzy Alpha–Cuts. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 25(3), 682–692.
- [10] RONG–EN FAN. at National Taiwan University LIBSVM—A Library for Support Vector Machines. Available from[<https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvmtools/datasets/>].
- [11] RAKOTOMALALA. R, 2017– SVM Support Vector Machine. Supervised Learning–Classification, 2, 48.

[12] YE. N, SUN. R, LIU. Y, CAO. L, 2006– Support Vector Machine With Orthogonal Chebyshev Kernel. 18<sup>th</sup> International Conference on Pattern Recognition, (ICPR'06)2, 752–755.

[13] JIANG. X, YI. Z, LV. JIAN CHENG, 2006– Fuzzy SVM With New Fuzzy Membership Function. Neural Computing & Applications, 15(3-4), 268–276.

