https://doi.org/10.33261/jaaru.2021.28.3.010 *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (2021)28(3):99–109*

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences
مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

كلية الهندسة - جامعة بغداد

جمعية كليات الهندسة
اعضاء اتحاد الجامعات العربية

تأثير المعاملة الحرارية الإصلاد بالترسيب على متانة الصدمة وخواص الشد لسبيكة الألمنيوم AA6063المدعمة تدعيماً هجيناً بدقائق الألومينا والكرافيت

معتز الحصريه[1]* ، فؤاد ضحية[2] ، المهند مكي[3]

[1] قسم هندسة التصميم والإنتاج، كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية، جامعة البعث، سوريا، mootaz86@gmail.com

[2] قسم هندسة التصميم والإنتاج ، كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية ، جامعة البعث، حمص، سوريا

[3] قسم هندسة التصميم والإنتاج ، كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية ، جامعة البعث، حمص، سوريا makki78@hotmail.fr

*الباحث الممثل: معتز الحصريه،الايميل: mootaz86@gmail.com

نشر في: 30 ايلول 2021

الخلاصة — في الوقت الحالي زاد الطلب على سبائك الألمنيوم المدعمة نتيجة فاعليتها وخواصها المميزة التي تلاءم التقدم الصناعي الكبير.تُعّرف المواد المركبة أو المتراكبة ذات أساس ألمنيوم (Auimnium Matrix Composite) على إنها مواد هندسية جديدة تتكون من مادتين مختلفتين بالخواص أو أكثر إحداهما يجب أن تكون سبيكة معدنية من الألمنيوم والأخرى من الممكن أن تكون مواد تدعيم سيراميكية أو زجاجية أو معدنية. في هذا البحث تم تحضير مواد مركبة ذات أرضية من سبيكة الالمنيوم (AA6063) وتم تدعميها بدقائق مشتركة حجمها من رتبة الميكرون من الألومينا (AL2O3) بنسبة وزنية محددة (7.5 wt%) و من الكرافيت (Gr) بنسب وزنية (wt% 2.5 , 5 ,7.5 ,10) بطريقة السباكة بالتحريك بهدف الحصول على ألمنيوم هجين بخواص ميكانيكية مُحسنة , ثم أجريت معاملة حرارية وهي الإصلاد بالترسيب على العينات المسبوكة المدعمة (معاملة محلولية وتعتيق اصطناعي) بعد ذلك أجرينا الفحوصات والاختبارات الميكانيكية على كل العينات . وقد بينت نتائج الفحص بالمجهر الإلكتروني توزع الدقائق الداعمة الهجينة بشكل شبه متجانس ومن ثم الحصول على المادة المركبة الهجينة بنجاح بطريقة السباكة بالمزج , وأظهرت نتائج الاختبارات أن متانة الصدمة وإجهاد الخضوع ومقاومة الشد العظمى تحسنت نتيجة إضافة دقائق التدعيم الهجينة و تأثير المعاملة الحرارية مقارنة مع (AA6063) الأرضية غير المدعمة وأن أفضل الخواص الميكانيكية تم الحصول عليها عند نسب تدعيم(7.5%AL2O3+7.5%Gr) العينة -E- بالمقارنة مع باقي العينات حيث وصلت نسبة التحسن في المتانة الصدمية بعد التدعيم والمعاملة الحرارية(85%) و نسبة التحسن في قيمة مقاومة الشد العظمى بعد التدعيم والمعاملة الحرارية (53%) و نسبة التحسن في قيمة إجهاد الخضوع بعد التدعيم والمعاملة الحرارية (50%).

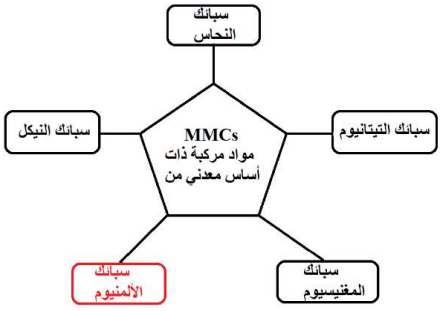
الكلمات الرئيسية – المعاملة الحرارية ، الألمنيوم المدعم، دقائق الألومينا والكرافيت ، متانة الصدمة، مقاومة الشد العظمى .

1. المقدمة

تُعدُّ المواد المركبة المعدنية (Metal Matrix Copmposites) مواد مرشحة لتطبيقات واستخدامات صناعية عديدة في مجال هندسة الطيران والفضاء والسيارات والصناعات العسكرية، وبديلة لمواد هندسية أخرى عالية التكلفة وغير مستقرة الخواص ، ومواكبة لمتطلبات الثورة الصناعية الحديثة من مواد ذات خواص مميزة وخاصة حيث تقدم كفاءة أداة ميكانيكية بموثوقية أعلى من المعادن التقليدية المفردة نتيجة لخواصها المُحسنة وخفة وزنها[6].

وتعتبر سبائك الألمنيوم (موضوع البحث الحالي) أهم وأول سبائك الجاري تدعيمها في الوقت الحالي نظراً لمكانتها الاقتصادية وبغرض زيادة الفاعلية و مساحة الاستخدام في مختلف التطبيقات الصناعية ولتحقيق استقرارية في الخواص أما السبائك الأخرى الجاري تدعيمها بالإضافة لسبائك الألمنيوم فهي موضحة **بالشكل1:**

يجري تدعيم سبائك الألمنيوم بطرق تدعيم تقليدية وحديثة للحصول على المواد المركبة ذات الأساس المعدني من الألمنيوم (AMCs).



الشكل 1: أهم أنواع المعادن الجاري تدعيمها

حيث تقوم الطرق التقليدية على استخدام طور تدعيم وحيد(Single) بمقياس من مرتبة الميكرو (Mecro scale) و بتموضع بسيط لمادة التدعيم كما يلي:

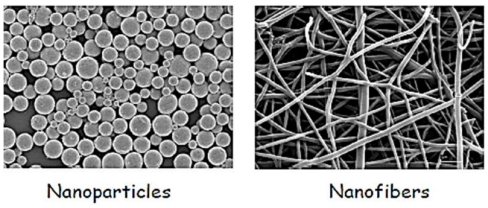
1726-4081© 2021 The author(s). Published by Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences. This is an open access article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

1. الألمنيوم المدعم بالدقائق (PAMCs) .
2. الألمنيوم المدعم بألياف قصيرة أو شعيرات (SFAMCs) .
3. الألمنيوم المدعم بألياف طويلة مستمرة (CFAMCs).
4. الألمنيوم المدعم بألياف أحادية (MFAMCs) .[9] . وهي موضحة **بالشكل 2:**

الشكل 2 :طرق التدعيم التقليدية للألمنيوم

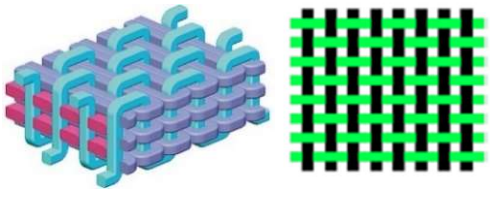
أما الطرق الحديثة لتدعيم سبائك الألمنيوم : تعتمد على الاستفادة من التقنيات الحديثة والمتطورة في التدعيم والتصنيع للحصول على ألمنيوم بخواص مميزة ولتلافي المشاكل في الطرق التقليدية[1] [13,12] ومن أهم الطرق الحديثة لتدعيم سبائك الألمنيوم:

A. التدعيم باستخدام تقنية النانو(Nano composites AMNCs) حيث تكون مواد التدعيم المستخدمة (ألياف –دقائق) بمقياس من مرتبة النانو **الشكل 3:**



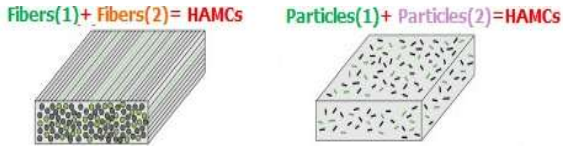
الشكل 3 :التدعيم باستخدام تقنية النانو

B. التدعيم باستخدام بناء أو شبكة (Structural or Woven reinforced) حيث يتم بناء شبكة التدعيم من الألياف ثنائية البعد أو ثلاثية البعد بتقنيات هندسية **الشكل 4:**



الشكل 4 :التدعيم باستخدام بناء أو شبكة(2D-3D)

C. التدعيم باستخدام تقنية التهجين-المشترك- Hybrid composites(HAMCs) (الطريقة المعتمدة في البحث الحالي) يتم تدعيم الألمنيوم هنا بأكثر من نوع من المدعمات المذكورة سابقاً على سبيل المثال الدمج بين التدعيم بالدقائق والتدعيم بالشعيرات والمزج بين التدعيم بالألياف والتدعيم بالدقائق والمزج بين نوعين مختلفين من الدقائق أو الألياف أو أكثر(ألياف كربون-ألياف البورون) (دقائق صلدة Hard- دقائق غير قاسيةSoft).ومبدأ التدعيم الهجين موضح **بالشكل5:**[1] :

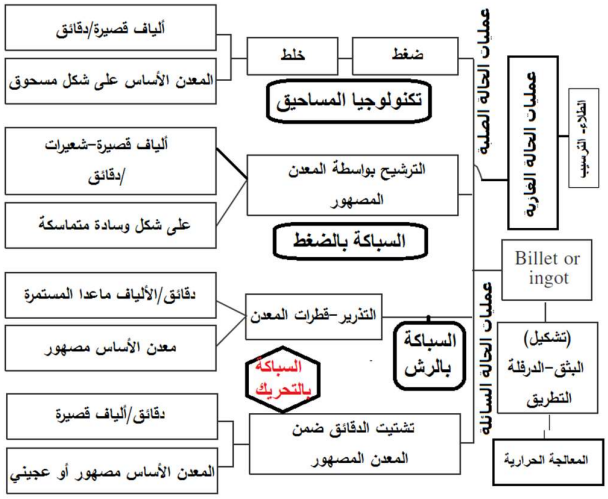


الشكل 5: مبدأ التدعيم الهجين –المشترك-

يمكن أن يُصنع الألمنيوم المدعم الهجين (HAMC) بطرق وتقنيات متعددة ويعتمد اختيار الطريقة الهندسية الأفضل على كمية وتوزيع وشكل المواد الداعمة (ألياف أو دقائق.....) وعلى نوع المعدن الأساس وعلى التطبيق الذي سوف تدخل المادة المركبة المصنعة فيه.

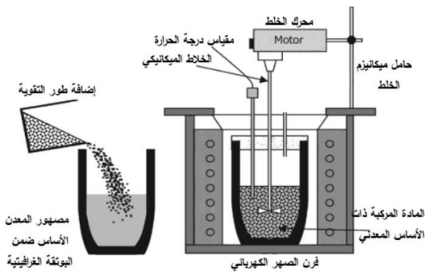
وإن خصائص المواد المركبة المعدنية التي سنحصل عليها تعتمد على نوع العملية المختارة للتصنيع وشروط هذه العملية ونوع المعدن الأساس الداخلة في التصنيع ونوع المادة الداعمة.

يمكن تصنيف أساليب التصنيع المستخدمة في صناعة المواد المركبة ذات الأساس المعدني وفقا" لدرجة حرارة المعدن الأساس أثناء عملية تصنيع (HMMC) كما في **الشكل 6:** الذي يُظهر بعض طرق تصنيع (HMMC) [5] [9].



الشكل 6: طرق تصنيع المواد المركبة المعدنية الهجينة HMMC

تعد السباكة بالمزج أو تقنية الدوامة Vortex Technique : المستخدمة في البحث الحالي إحدى أهم طرق تصنيع المواد المركبة الهجينة في الطور السائل – تأتي بالمرتبة الثانية بعد تقنية المساحيقmetallurgy Powder الباهظة التكلفة –, التي تخلط فيها المواد الداعمة (غالباً Particlesدقائق بحجم لا يزيد عن 150 ميكرون , Short Fibers ألياف قصيرة بقطر لا يزيد عن 30ميكرون) بنسبة وزنية لا تزيد عن 30% مع معدن الأساس المصهور بطرق الخلط الميكانيكية **الشكل 7:** يتم بعد ذلك صب المواد المركبة السائلة في قوالب صب معدنية و قد يتم معالجتها فيما بعد بتقنيات تشغيل.



الشكل 7: مبدأ طريقة السباكة بالمزج

تتميز السباكة بالتحريك الميكانيكي بأنها طريقة التصنيع الأكثر فعاليةً وانتشاراً: لبساطتها وسهولتها وفعاليتها وقابليتها للاستخدام في المنتجات الكبيرة وانخفاض تكلفتها مقارنة بالطرق الأخرى [9] .

تبرز مبررات وأهمية البحث نظراً للمكانة الاقتصادية العالية لسبائك الألمنيوم كونه يأتي بالمرتبة الثانية بعد الفولاذ ونظراً لتوافره وما يتمتع به من ميزات عديدة وخواص ميكانيكية جيدة مقارنة بالسبائك التقليدية أتت الحاجة إلى تدعيمه لزيادة فعاليته و لتحسين خواصه الميكانيكية وزيادة مساحة استخدامه صناعياً في مجال السيارات والطائرات والتطبيقات الفضائية والتجهيزات الرياضية مع تحقيق تخفيض في التكلفة[9] .

إلا أن تدعيم سبائك الألمنيوم بالطرق التقليدية تقيده محدودية التطبيق وعدم الوصول إلى الخواص المرجوة في معظم الحالات و التكاليف الكبيرة لمواد التقوية وللألمنيوم المدعم بالإضافة إلى عدم مواكبة متطلبات الصناعات المتقدمة والتقدم الصناعي.

لذا تم التوجه إلى تدعيم الألمنيوم بالطرق الحديثة المذكورة مسبقاً ولكن ما يُأخذ على هذه الطرق التكاليف التصنيعية المرتفعة لمواد التدعيم – مواد نانوية أو شبكات تدعيم- وبالتالي تكلفة الألمنيوم المدعم عدا عن الحاجة إلى تجهيزات وآلات معقدة للتصنيع.

أما باستخدام التدعيم الهجين كطريقة تدعيم حديثة لسبائك الألمنيوم فإنها تحقق الجدوى الاقتصادية بالإضافة إلى الوصول إلى الخواص المطلوبة من خلال الاستفادة من جمع ودمج خواص مواد التدعيم المُضافة .

في ضوء ذلك برزت أهمية استخدام مواد تدعيم رخيصة كالدقائق (مقارنة بمواد التدعيم الأخرى) في تحقيق التدعيم الهجين للألمنيوم عدا عن سهولة تصنيع الألمنيوم الهجين المدعم بها وتعدد تطبيقاته وإمكانية التحكم بخواصه وإجراء عمليات لاحقة على المنتجات وقابلية إعادة التدوير من خلال الصهر وإعادة تشكيل مرات كثيرة.

تتحقق سهولة ونجاح عملية تصنيع الألمنيوم المدعم الهجين HAMC باختيار طريقة مناسبة مثل السباكة بالتحريك الي تتميز على باقي طرق التصنيع من حيث التكلفة المنخفضة والبساطة والانتشار والفعالية وإمكانية إنتاج منتجات كبيرة نسبياً[9,6] .

لذا تم بهذا البحث تدعيم إحدى سبائك الألمنيوم السبيكة 6063 تدعيماً هجيناً لتحسين خواصها الميكانيكية :(متانة الصدمة-خواص شد) وتوسيع مجال تطبيقها والتخلص من بعض المشاكل التي تعاني منها أثناء استخدامها في مكان العمل باستخدام دقائق مختلفة (AL2O3 –Gr) بطريقة (السباكة بالتحريك الميكانيكي) ومن ثم إجراء المعاملة الحرارية على الألمنيوم المدعم الهجين المحضر لدراسة تأثيرها على الخواص الميكانيكية المدروسة.

2. الدراسات السابقة

نستعرض فيما يلي بعض الأبحاث التي اهتمت بدراسة تدعيم سبائك الألمنيوم المختلفة وتأثير التدعيم والمعاملة الحرارية على خواصها الميكانيكية:

في عام (2009) قام الباحثان (Abd) (Whed) بدراسة تأثير التدعيم المشترك لكربيد السيلكون والأولومينا على الألمنيوم النقي حيث تم تصنيع المعدن المدعم باستعمال تقنية المساحيق Powder metallurgy . وقد بينت النتائج أن مقاومة البلى للمادة الأساس تكون أعلى مايمكن عند تطبيق التدعيم المشترك بنسبة (12.5 wt%) لكلا النوعين من الدقائق [15] .

في عام (2011) قام الباحثون (Ebrahim) (Naaem) (ABBASS) بدراسة تأثير المعاملة الحرارية (المعاملة المحلولية والتعتيق)على ألمنيوم مدعم بنسبة (10 wt%) كربيد السيلكون تم تحضيره باستعمال تقنية Stir Casting . وقد بينت النتائج أن إضافة الكربيد إلى الأساس أدت إلى تحسن الصلادة ومقاومة البلى قبل وبعد المعاملة الحرارية الإصلاد بالترسيب[3].

في عام (2012) قام الباحثان (BHARATH) (AURAD) بتدعيم سبيكة الالمنيوم 6061 باستخدام دقائق من الألومينا بشكل منفرد بطريقة السباكة بالتحريك. وقد بينت النتائج توزع ناجح للدقائق ضمن البنية وتحسن بمقاومة الشد وإجهاد الخضوع والصلادة وانخفاض الكثافة للمادة الأساس مع زيادة نسبة التدعيم [2].

في عام (2013) قام الباحثون(Parshotam) (Naveen) (Pawan) بتصنيع مادة مركبة ذات أساس من الالمنيوم Al-Mg-Si بطريقة السباكة بالمزج وباستخدام دقائق من كربيد السيليكون والمغنزيوم كمادة تدعيم. وأجريت عملية المعاملة الحرارية (المعاملة الحرارية المحلولية والتعتيق الاصطناعي) على العينات عند $175C^\circ$ وقد بينت النتائج ارتفاع الصلادة وخواص الشد وانخفاض معدل البلى للمادة الأساس قبل وبعد اجراء المعاملة الحرارية مع زيادة نسبة التدعيم.[10]

في عام (2014) قام الباحثون (kumar) (Manisekar) (Ravindran) بتصنيع مادة مركبة هجينة بأساس من سبيكة الألمنيوم 2024 باستعمال تقنية المساحيق Powder metallurgy وباستخدام نوعين مختلفين من الدقائق النانوية من كربيد السيليكون والكرافيت كمادة تدعيم مشتركة وقد بينت النتائج نجاح إنتاج المادة المركبة الهجينة بالطريقة المعتمدة وقد بينت النتائج أيضاً تحسن الخواص (الصلادة-مقاومة البلى) مع زيادة نسبة التدعيم.[13]

في عام (2014) قام الباحثون (Singh) (Kalra) بتصنيع ألمنيوم مدعم هجين باستعمال تقنية السباكة بالضغط Squeeze casting وباستخدام دقائق تدعيم مشتركة من كربيد السيليكون والكربون وأكسيد الألمنيوم وقد بينت النتائج نجاح إنتاج الألمنيوم الهجين وقد بينت النتائج أيضاً تحسن الخواص (الصلادة-المتانة الصدمية) عند ضبط نسب التدعيم للدقائق المستخدمة.[12]

في عام (2015) قام الباحثان (Naveed) (Afzal) بتدعيم سبيكة من الألمنيوم 6061 باستخدام مواد تدعيم مشتركة من كربيد السيلكون ودقائق الكرافيت باستعمال تقنية السباكة بالتحريك الميكانيكي ومن ثم إجراء المعاملة الحرارية T4 وقد أظهرت النتائج نجاح إنتاج الألمنيوم الهجين وقد بينت النتائج أيضاً تحسن في مقاومة الكلال مع زيادة نسب التدعيم وبعد إجراء المعاملة الحرارية.[1]

في عام (2017) قام الباحثون (Sarada)(Murthy) (Ramani) بتدعيم سبيكة من الألمنيوم باستخدام مواد تدعيم مشتركة من كربيد السيلكون ودقائق FA باستعمال تقنية السباكة بالتحريك الميكانيكي ومن ثم إجراء المعالجات الحرارية T4وT6 وقد أظهرت النتائج تأثير متغيرات المعالجات الحرارية (أزمنة ودرجات حرارة التعتيق ووسيط التقسية) على الخواص الميكانيكية للألمنيوم المدعم.[7]

في عام (2019) قام الباحثون (Rajanna) (Shobha)(Rajesh (Shreyas) بتدعيم سبيكة من الألمنيوم 6061 باستخدام دقائق من الكرافيت (الثابتة النسبة) مع دقائق الألومينا (متغيرة النسبة) باستعمال تقنية السباكة بالتحريك الميكانيكي ومن ثم إجراء المعالجات الحرارية(التعتيق الاصطناعي ومن التقسية بالماء) وقد بينت النتائج ارتفاع الصلادة و مقاومة الكلال مع زيادة نسب التدعيم بالألومينا وإن إجراء المعالجات الحرارية ساهم بتحسين الخواص بشكل كبير[8].

في عام (2019) قام الباحثان (ABBASS) (Sultan) بتدعيم سبيكة من الألمنيوم Wt%(4.5Cu+1.5Mg) بدقائق من الألومينا النانوية (المتغيرة النسبة) باستعمال تقنية المساحيق Powder metallurgy والحصول على مادة مركبة نانوية ودراسة الصلادة الميكروية والكثافة و مقاومة التآكل الكهركيميائي لها وقد لوحظ ان الصلادة الميكروية والكثافة تزداد مع زيادة نسبة الألومينا بينما معدلات التآكل للمادة المركبة أقل من السبيكة الأساس وأن مقاومة التآكل النقري(Pitting) تزداد مع نسبة الألومينا[4].

في (2020) قام الباحثون (Mattli) (Abdelrazeq) (Khan) (Adnan) (Yusuf) بتدعيم الألمنيوم بدقائق من كربيد السيلكون بنسبة ثابتة وأكسيد الزركونيوم بنسب متغيرة بتقنية التلبيد بالأمواج الميكروية Microwave Sintering Technique و قد أظهرت نتائج الدراسة أن افضل خواص ميكانيكية(الصلادة -مقاومة شد عظمى- إجهاد خضوع)كانت عند أعلى نسبة من أكسيد الزركونيوم[14].

نلاحظ من الدراسات المرجعية أن اختيار طريقة تدعيم الألمنيوم ومواد التدعيم وطريقة التصنيع تمثل تحدياً مهماً في مجال تدعيم المعادن، بالإضافة لاختيار المعاملة الحرارية الأنسب لتحسين الخواص الميكانيكية لذا فإن استخدام التدعيم الهجين كطريقة تدعيم حديثة لسبائك الألمنيوم تحقق الجدوى الاقتصادية بالإضافة إلى الوصول إلى الخواص المطلوبة من خلال الاستفادة من جمع ودمج خواص مواد التدعيم المُضافة وهنا تبرز أهمية استخدام مواد تدعيم رخيصة كالدقائق (مقارنة بمواد التدعيم الأخرى) و تتحقق سهولة ونجاح عملية تصنيع الألمنيوم المدعم الهجين HAMC باختيار طريقة مناسبة مثل السباكة بالتحريك التي تتميز على باقي طرق التصنيع من حيث التكلفة المنخفضة والبساطة والانتشار والفعالية وإمكانية إنتاج منتجات كبيرة.

يهدف البحث إلى تحقيق التدعيم الهجين(المشترك) بتصنيع مادة مركبة معدنية هجينة (HAMCs) بأساس من سبيكة الألمنيوم (AL6063) مدعمة بنوعين مختلفين من الدقائق الصلدة باستخدام تقنية بسيطة هي السباكة مع التحريك الميكانيكي ودراسة تأثير زيادة نسبة إحدى نوعي الدقائق الداعمة المُضافة الكرافيت عند تثبيت نسبة أوكسيد الألمنيوم عند (7.5 wt % AL2O3) على متانة الصدمة وخواص الشد لسبيكة الألمنيوم AA 6063 (تم اختيار هذه النسب اعتماداً على أبحاث وتجارب سابقة أنجزناها حيث ثبتنا نسبة الكرافيت وغيرنا نسبة أكسيد الألومنيوم بالإضافة للإستفادة من الدراسات السابقة في هذا المجال) ومن ثم دراسة تأثير المعاملة الحرارية على متانة الصدمة وخواص الشد للعينات المدعمة الهجينة.

3. منهجية البحث

سوف نستعرض المواد والتجهيزات التي سوف نستخدمها في البحث ومن ثم سوف نوضح خطوات التنفيذ لتحقيق هدف البحث والوصول للنتائج المرجوة.

3.1 المواد الاولية المستعملة لتحضيرHAMC (Materials) :

3.1.1 المعدن الأساس (Metal Matrix):

هو سبيكة الألمنيوم 6063 على شكل قطع كبيرة ingots تم تقطيعها إلى قطع صغيرة لسهولة وزنها وصهرها .تركيبها الكيميائي الفعلي والقياسي كما في **الجدول 1:**

الجدول1 : التركيب الكيميائي لسبيكة AA6063

التركيب الكيميائي الفعلي- التجريبي- لسبيكة AA6063								
Si	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Cr	Ti	AL
0.45	0.50	0.22	0.22	0.03	0.02	0.03	0.02	Bal.
التركيب الكيميائي القياسي لسبيكة AA6063								
Si	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Cr	Ti	other
0.20 –0.6	0.45 –0.9	0.35	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	-0.05 0.15

3.1.2 مواد التدعيم (Reinforcement Particles):

هي عبارة عن مسحوق ناعم بحجم حبيبي مقداره (من رتبة الميكرون) من الكرافيت Gr والألومينا AL2O3 تمت غربلتها على جهاز المناخل للوصول إلى حجم محدد حيث تم الحصول على دقائق بحجم من $(20 \rightarrow 40\,\mu m)$

الشكل 8 :

الشكل 8: الدقائق الداعمة

3.1.3 مواد مساعدة:

هي عبارة عن رقائق من ورق الألمنيوم النقي وبودرة المغنسيوم (تُضاف لتحسين التبلل والترطيب Wetability بين الأرضية والمواد المضافة).

3.2 *التجهيزات المستعملة لتحضير HAMC بطريقة السباكة بالمزج Stir Casting وإجراء المعاملة الحرارية:*

✓ آلة السباكة بالتحريك **الشكل9**.:

تم تصنيع آلة السباكة بالمزج والتي تضم الأجزاء التالية الموضحة **بالشكل9:** [11]:

آلية التحريك والمزج: يتألف من محرك الخلط وهو محرك كهربائي باستطاعة $0.25Hp$ ومحور الخلط وشفرات الخلط التي تم تصنيعها من الفولاذ المقاوم للصدأ لإنجاز عملية الخلط بعد إضافة دقائق الألومينا والكرافيت إلى منصهر السبيكة .

وحدة ضبط السرعة: تم توصيله مع محرك الخلط للتحكم بسرعة الخلط مع إمكانية تغير سرعة الخلط $(0 \rightarrow 1200)r.p.m$.

أداة تغذية المصهور بالدقائق الداعمة: بعد نخل وغربلة الدقائق كانت تغلف برقائق الألمنيوم وتضاف إلى مصهور الألمنيوم من خلالها.

البوتقة: استخدمنا بوتقة مخروطية الشكل مصنوعة من الكرافيت المقاوم للحرارة تستوعب حوالي $3kg$ من الألمنيوم المراد صهره .

✓ قالب الصب المعدني Metal Mold :

تم تصنيع قالب الصب المعدني من الفولاذ وهو عبارة عن قطعتين أبعادهما: $200\times200\times30mm$ تم تشغيل أربع فتحات عليهما بطول $150mm$ (تمثل العينات) فتحتين بقطر 20φ وفتحتين بقطر 15φ **الشكل10:.**

✓ ميزان حساس إلكتروني :

استخدمنا ميزان إلكتروني نوع (LS1000)صنع شركة(Sartrious) يقيس $(0 \rightarrow 1000gr)$ له قابلية المعايرة والتصفير لوزن قطع الألمنيوم والدقائق الداعمة بنوعيها للحصول على نسبة الخلط والتدعيم الصحيحة.

✓ فرن المعاملة الحرارية:

استخدمنا فرن معالجة (Lite,Hope Max temp :1200C° - Curbo watt :3100 w) **الشكل 11**.

3.3 *طريقة تنفيذ البحث:*

3.3.1 تصنيع الألمنيوم المدعم الهجين:

كيفية إضافة دقائق التدعيم الهجين بطريقة السباكة بالتحريك لسبيكة الألمنيوم 6063: تتم كما يلي:[8,7] [10] :

تم تقطيع سبيكة الألمنيوم الأساس $AA\,6063$ إلى قطع صغيرة ووزنها وتحديد أوزان النسب $wt\,\%$ المُضافة من الدقائق الداعمة بنوعيها ثم وضع قطع الألمنيوم الموزونة في البوتقة داخل الفرن الكهربائي **الشكل9**.ورفع درجة حرارته إلى $800C^\circ$ لضمان انصهار السبيكة التام. وبعد التأكد من انصهار الألمنيوم بشكل كامل يتم خفض درجة الحرارة ضمن الفرن إلى درجة قريبة من درجة حرارة $700C^\circ$ ليتم إضافة الدقائق الداعمة الهجينة (الألومينا – الكرافيت) المخلوطة بشكل متجانس و المعلومة الحجم والوزن

والنسبة والمغلفة برقائق من الألمنيوم النقي والمُسخنة مسبقاً إلى درجة الحرارة حوالي $250C^\circ$ وذلك لإزالة الرطوبة والغازات الممتصة وتنظيف السطح من طبقة الأكاسيد وتحسين توزيع الدقائق داخل المصهور عن طريق تحسين التفاعل والتبلل بين الدقائق والمصهور وتخفيف التوتر السطحي بينها ويتم معها إضافة كمية قليلة من المغنيسيوم(لا تتجاوز1%) لتحسين التبلل أيضاً ولتعويض الكمية المحترقة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة مع تنفيذ الخلط بأداة مزج يدوياً.بعد ذلك يتم إدخال الخلاط الميكانيكي المزود بمروحة ثلاثية الشفرات مصنعة من الفولاذ المقاوم للصدأ في المعدن المصهور ضمن البوتقة الموجودة داخل الفرن وتدويره بسرعة $(350r.pm)$ ولمدة $(5\min)$ للحصول على دوامة ضمن المصهور Vortex (تم اختيار هذه الشروط اعتماداً على مجموعة تجارب وعلى الدراسات المرجعية) ونتيجة لفعل الدوامة يتم سحب خليط الدقائق الهجينة الى داخل المصهور المعدني وتوزيعه خلاله .أثناء عملية الخلط يتم إعادة تسخين الخليط إلى درجة الحرارة $850C^\circ$ لتحسين انتشار وتوزيع الدقائق الداعمة الهجينة ضمن المصهور.بعد انتهاء الخلط وعند درجة الحرارة $850C^\circ$ تتم عملية صب الخليط (المادة المركبة الهجينة) في القالب معدني وتركه ليبرد تبريداً سريعاً في القالب الفولاذي **الشكل 10:**. ثم تكرر العملية عدة مرات وفقاً للنسب المطلوب إضافتها من الدقائق الداعمة الهجينة للسبيكة الأساس.

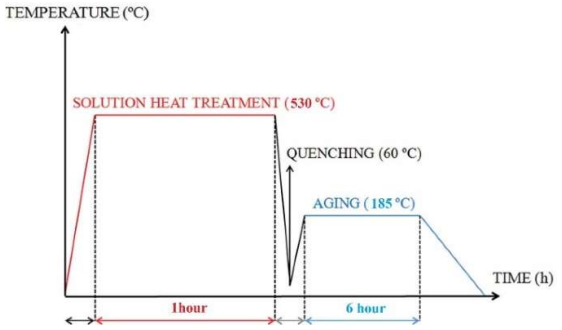
الشكل 9: آلة السباكة بالمزج التي تم تصنيعها

الشكل 10: القالب والعينات بعد الصب

3.3.2 المعاملة الحرارية المحلولية [8,7,1] [10] [3]:

بعد أن تم تحضير الألمنيوم المدعم تم إجراء المعاملة الحرارية على العينات المدعمة الهجينة المنتجة والمتضمنة المعاملة الحرارية المحلولية في درجة $530C^\circ$ و لمدة $1hr$ يعقبها التبريد بالماء ثم التعتيق الصناعي في درجة $185C^\circ$ ولفترة زمنية $6hr$ **الشكل 11**:. وكان الغرض الرئيسي من المعاملة المحلولية هو تحقيق الاهداف الاتية:

- الحصول على محلول جامد متجانس وبعد التبريد في الماء نحصل على محلول جامد فوق الاشباع.
- وبعد عملية التعتيق تترسب دقائق ناعمة جداً من الطور الثاني تعمل على إعاقة الانخلاعات مما تؤدي الى تحسين الخواص الميكانيكية للسبيكة.



الشكل 11: مخطط المعاملة الحرارية- فرن المعاملة

وبالتالي يمكن تلخيص طريقة تنفيذ البحث كما في المخطط التالي **الشكل (12):**

الشكل 12: مخطط تنفيذ البحث

3.4 *التجهيزات المستعملة لإجراء الاختبارات الميكانيكية على AMC:*

وهي موضحة **بالشكل13:**

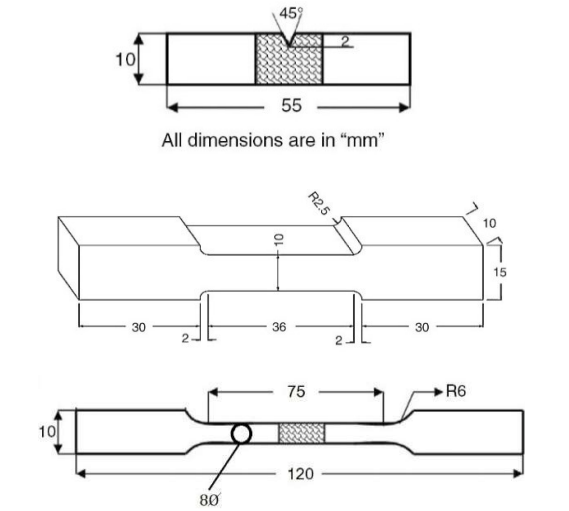
الشكل 13: أجهزة الفحص والاختبارات : المجهر الإلكتروني نوع FEI طراز Quanta 200 - جهاز حيود الأشعة السينية نوع Philips طراز PW 1830-جهاز الشد نوع (Tenius Olsen- H50KS) – جهاز الصدم نوع(BROOKS) -

قبل إجراء الاختبارات على العينات المدعمة الهجينة تم تقسيمها إلى ست مجموعات(A,B,C,D,E,F) وفقاً لنسب المواد المُضافة (نسب التدعيم) وتشغيلها بعمليات التشغيل الميكانيكي لتكون جاهزة للاختبارات الميكانيكية كما في **الجدول 2:**.

الجدول 2: يوضح أنواع وتسميات العينات حسب نسب التدعيم الهجين

Sample	العينة المدعمة(AL+AL2O3)	
A	base alloyAL6063	أوكسيد+كرافيت
B	Composite -AL6063+7.5%AL2O3	
C	Composite- AL6063+7.5%AL2O3+2.5%Gr	
D	Composite -AL6063+7.5%AL2O3+5%Gr	
E	Composite -AL6063+7.5%AL2O3+7.5%Gr	
F	Composite- AL6063+7.5%AL2O3+10%Gr	

ويوضح **الشكل 14:** عينات الاختبارات الميكانيكية والفحص المجهري:

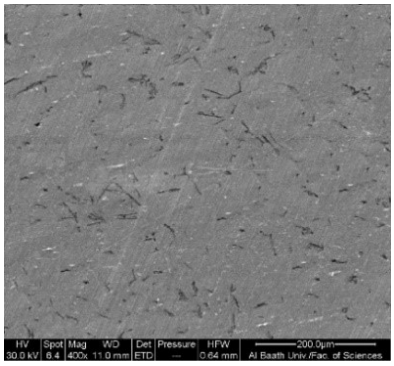


الشكل 14: عينات الاختبارات الميكانيكية القياسية (عينة الصدمة - عينات الشد)

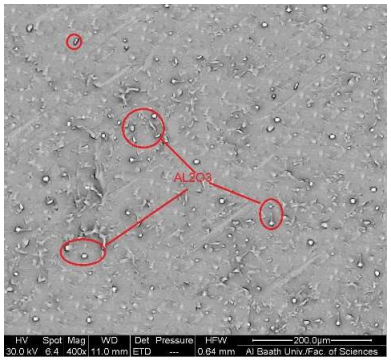
4. النتائج والمناقشة:

4.1 نتائج الماسح الإلكتروني Results of SEM:

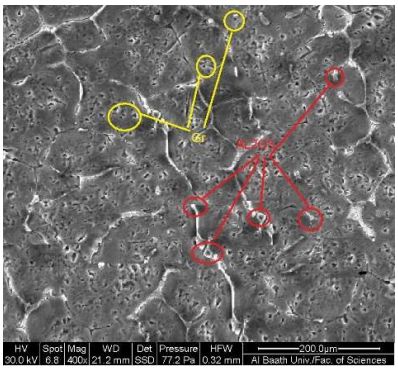
تم تحضير عينات الفحص للماسح الإكتروني بإجراء عمليات التنعيم الرطب بالماء بأوراق شحذ بدرجات نعومة مختلفة $(400,600,800,1000,1200)$ على جهاز الشحذ نصف الآلي ثم عملية الصقل باستعمال معجون الألماس الصناعي بحجم $(0.5\mu m)$ ثم أجريت عملية غسل للعينات بالماء والكحول ثم التجفيف بالهواء أما إظهار البنية فتمت باستخدام محلول إظهار من حمض الفلور الممدد بالماء الذي تكون من (1%HF + 99%H2O) لمدة $(60\sec)$ ثم تم فحصها على المجهر الإلكتروني[3]. وكانت النتائج كما هو موضح **بالشكل 15:** حيث توزعت الدقائق الداعمة بنوعيها ضمن الألمنيوم الأساس بشكل شبه منتظم تقريباً ومع زيادة نسبة الكرافيت كان تظهر ضمن البنية بشكل أغزر.



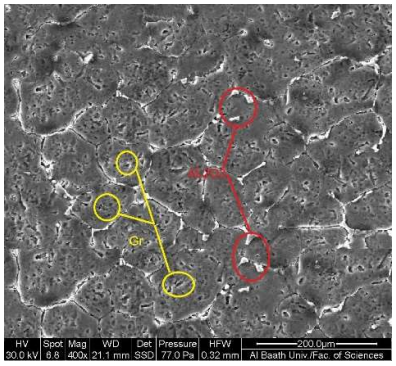
العينة (A) **نسبة تكبير 400X**



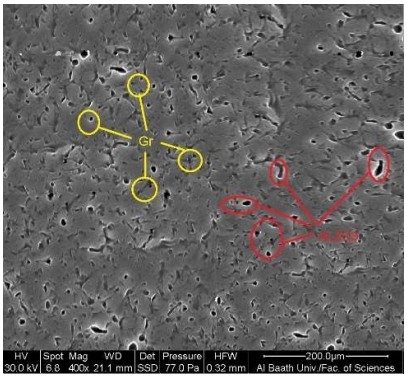
العينة (B) **نسبة تكبير 400X**



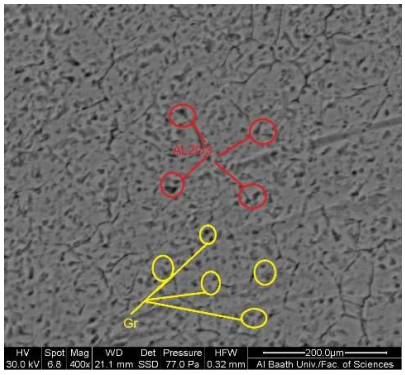
العينة (C) **نسبة تكبير 400X**



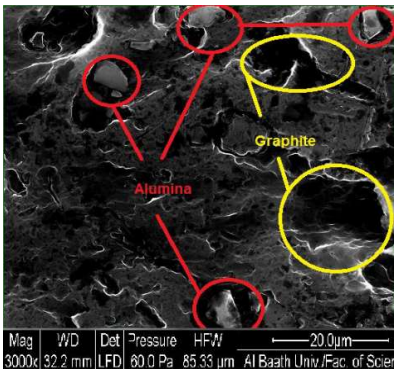
العينة (D) **نسبة تكبير 400X**



العينة (E) **نسبة تكبير 400X**



العينة (F) **نسبة تكبير 400X**

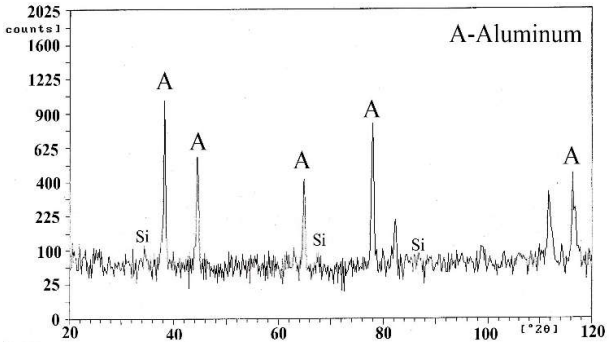


العينة (E) **نسبة تكبير أعلى 3000X**

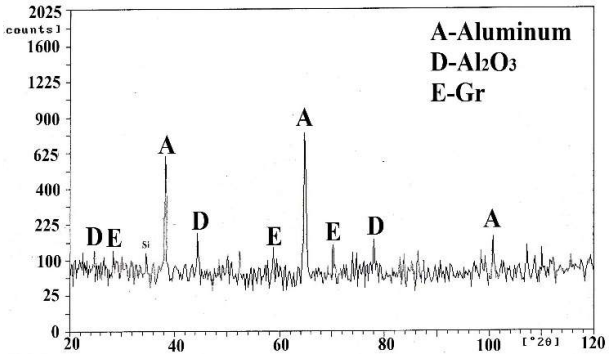
الشكل 15: صور المجهر الإلكتروني توضح توزع دقائق التدعيم الهجينة ضمن الألمنيوم 6063 .

4.2 نتائج حيود الأشعة السينية XRD Analysis Results:

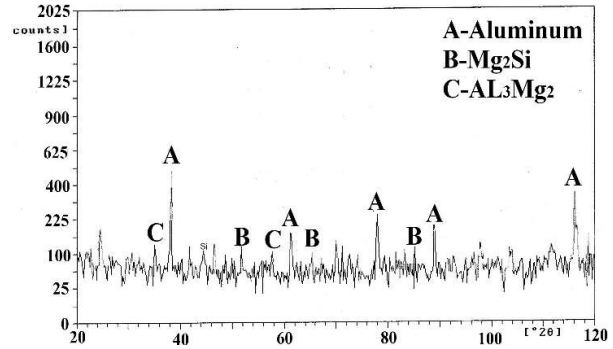
تم قص عينات انعراج الأشعة السينية من المسبوكات المدعمة والمعاملة حرارياً وضبط أبعادها بما يتناسب مع جهاز انعراج الأشعة السينية XRD نوع Philips طراز PW 1830 الموجود في في كلية العلوم قسم الفيزياء ثم تحضيرها بإجراء عمليات الشحذ الرطب بالماء وتجهيز سطحها بشكل مناسب لغرض تحديد الأطوار في السبيكة الأساس والمادة المركبة المحضرة وقد تم فحص العينة - E- لأنها حققت أفضل نتائج من حيث الخواص الميكانيكية وكانت النتائج كما هو موضح **بالشكل 16**: حيث أظهرت المخططات وجود الدقائق الداعمةوتكون الأطوار ضمن الألمنيوم الأساس [13,14].



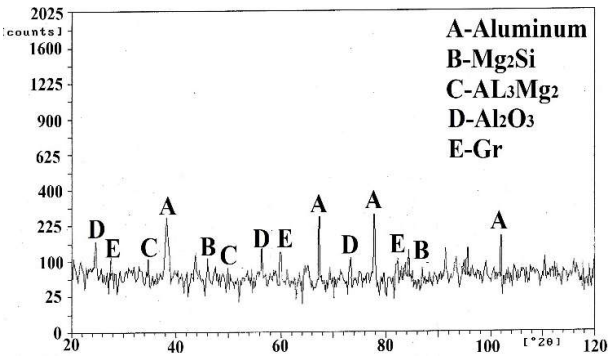
السبيكة الأساس (AA6063)



العينة (E)



السبيكة الأساس (AA6063) بعد إجراء المعالجة الحرارية



العينة (E) بعد إجراء المعالجة الحرارية

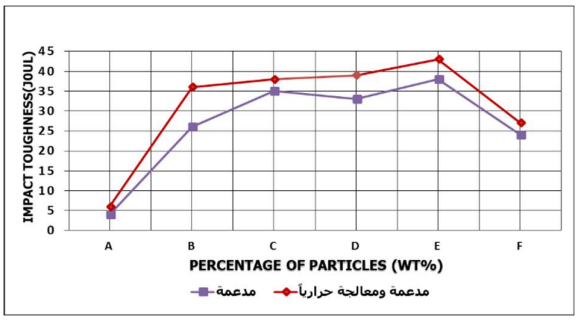
الشكل 16: نتائج الفحص بحيود الأشعة السينية .

4.3 نتائج اختبار الصدم Impact test Results :

تم تحضير عينات الصدم حسب اختبار تشاربي (Charpy V notch impact test) .

وكانت النتائج كما هو موضح **بالشكل 17:** حيث إن متانة الصدمة الألمنيوم زادت مع ارتفاع نسبة دقائق الكرافيت المشتتة ضمنه والملتصقة معه بقوة بالإضافة لوجود دقائق أوكسيد الألمنيوم.

أما المعاملة الحرارية فقد ساعدت على الحصول على قيم عالية للمتانة الصدمية لعينات الألمنيوم المدعم الهجين.

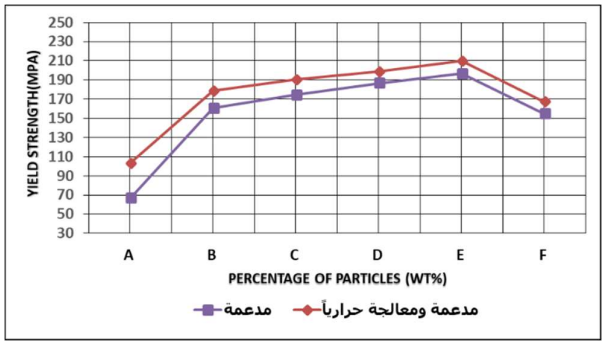


الشكل 17: تأثير التدعيم الهجين و المعاملة الحرارية على قيم متانة صدمة

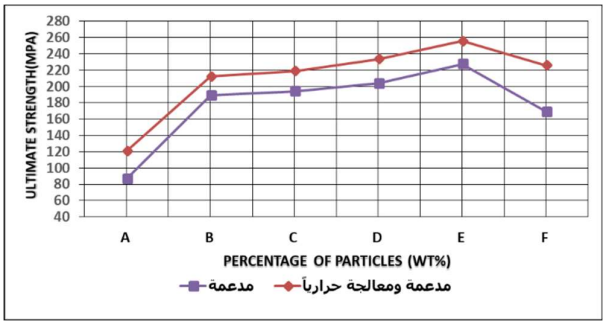
4.4 نتائج اختبار الشد Tensile Test Results :

تم إجراء اختبار الشد على جهاز الشد مزودة براسم بياني إلكتروني لمنحني الشد بعد أن تم تحضير جميع العينات حسب المواصفة القياسية ASTM-E8-(82) وبمقاطع مسطحة ودائرية وبعد الحصول على مخططات الشد للعينات تم التركيز على تحديد قيم :(مقاومة الخضوع Y- مقاومة الشد الأعظمية - UTS -الاستطالة).

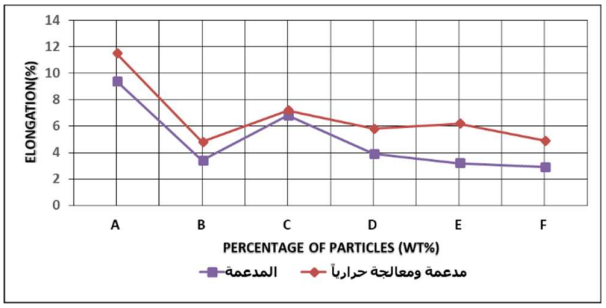
وكانت النتائج كما هو موضح **بالشكل (18) (19) (20)** حيث إن قيم إجهاد الخضوع ومقاومة الشد العظمى للألمنيوم الأساس زادت مع ازدياد ارتفاع نسبة دقائق الكرافيت الصلدة وبالتالي ارتفاع كمية الدقائق الهجينة الموزعة ضمنه. و بالنسبة للاستطالة فإنها انخفضت مع ازدياد نسبة الدقائق الداعمة الهجينة. أما المعاملة الحرارية فقد أدت إلى تحسين قيم إجهاد الخضوع ومقاومة الشد للألمنيوم المدعم الهجين بشكل ملحوظ . أما بالنسبة للاستطالة فإنها انخفضت مع ازدياد نسبة الدقائق الداعمة الهجينة وتحسنت قيمتها عند المعاملة الحرارية.



الشكل 18: تأثير التدعيم الهجين و المعاملة الحرارية على قيم إجهاد الخضوع



الشكل 19: تأثير التدعيم الهجين و المعاملة الحرارية على قيم مقاومة الشد الأعظمية



الشكل 20: تأثير التدعيم الهجين و المعاملة الحرارية على قيم الاستطالة

4.5 مناقشة وتفسير النتائج.

✓ تأثير التدعيم الهجين (الإصلاد بالتشتيت):[7,6] [10-13]

ارتفاع قيم متانة الصدمة للألمنيوم 6063 مع زيادة نسبة الدقائق الداعمة الهجينة : نتيجة التوزع المناسب للدقائق الداعمة الهجينة ضمن الألمنيوم الأساس إضافة للعلاقة السطحية البينية القوية بين الألمنيوم الأساس وأسطح الدقائق الداعمة بنوعيها عدا عن كون الدقائق الداعمة الهجينة تعمل كعوائق لتشوه سبيكة الأساس بسبب صلادتها العالية وبالتالي تعمل على عرقلة حركة الانخلاعات وانتشار الشقوق (Cracks Propagation) وبالتالي سوف تغير اتجاه وشكل الشق وتؤدي لصعوبة التشوه اللدن وبالتالي زيادة متانة الصدمة للمادة – الطاقة اللازمة لحصول الكسر.

زيادة المقاومة UTS و Y للألمنيوم 6063 مع زيادة نسبة الدقائق الداعمة الهجينة : ناتجة عن الدقائق الداعمة التي تعمل كحواجز تعمل على إعاقة حركة الانخلاعات وزيادة كثافتها (كل من التخليق والنمو لمناطق الترسيب السيراميكية GP- zone يتأثر بالدقائق وتزداد كثافة الانخلاعات)أي إن وفرة هذه الدقائق يسبب إنقاص المسافة بين مكونات المادة(إجهاد الخضوع يتناسب عكساً مع لبجذر التربيعي لمعدل المسافة بين الدقائق) وبالتالي زيادة في مقاومة حركة الانخلاعات وأثناء التشويه أما تقطع أو يمر الانخلاع حول الدقائق وكمحصلة نهائية زيادة مجالات الإجهاد (التي تقيد الجريان اللدن) المسبب لزيادة المقاومة للألمنيوم الأساس إضافة للرابطة السطحية البينية القوية بين الألمنيوم الأساس وأسطح الدقائق الداعمة ووجود هذه الدقائق السيراميكية تعمل على اعاقة حركة الانخلاعة بنسبة أكبر عند زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة ولكي تمر الانخلاعة خلال الدقائق فان الاجهاد يجب ان يكون كافٍ للحني على المستوى البنائي والمجهري وبالتالي فان ذلك سوف يتطلب زيادة الحمل المسلط وهذه الدقائق تكون موجهه باتجاهات مختلفة عملت على اختلافات كبيرة في سلوك الإجهاد-الانفعال.

عدا عن الاختلافات الكبيرة بمعامل التمدد الحراري بين الألمنيوم الأساس وبين دقائق التدعيم الهجينة بنوعيها وهذا يؤدي إلى عدم تطابق الانفعال الناتج عن الاختلافات بالتقلص الحراري عند السطح البيني بين الأرضية ودقائق التقوية، والمحصلة فقدان التطابق بالإجهاد والذي يولد انخلاعات إضافية وهذه الزيادة في كثافة الانخلاعات تساهم في تقوية الألمنيوم .

انخفاض قيم الاستطالة للألمنيوم 6063 مع زيادة نسبة الدقائق الداعمة الهجينة : يُعزى إلى وجود الدقائق الداعمة الصلدة التي تسبب مناطق تركيز للإجهادات الموضعية عند أسطح التماس بين الدقائق والألمنيوم الأساس (local stress concentration sites) عدا على أن إضافة الدقائق الصلدة يولد مناطق انزلاق(Slip regions) في المعدن الأساس بالإضافة لذلك تقاوم الدقائق الداعمة المضافة مرور الانخلاعات إما من خلال خلق حقول إجهاد (Stress fields) في المعدن الأساس أو نتيجة اختلافات كبيرة في السلوك المرن بين المعدن الأساس والدقائق المبعثرة ومن المحتمل أن يكون انخفاض الاستطالة نتيجة الفراغات (Voids) التي تشكل أنوية خلال الانفعال اللدن وكون إضافة الدقائق له تأثير مشابه للتشحيم حيث يسهل حركة الدقائق على طول مستويات الانزلاق.

✓ تأثير المعاملة الحرارية (الإصلاد بالترسيب):[13,8,7,3]

تؤدي المعاملة الحرارية إلى تحسين الخواص الميكانيكية السابقة: لأنها تؤدي إلى تشكيل رواسب من دقائق الطور-الثاني- المحلول الجامد فوق المشبع Mg2Si وتوزعها في البنية (وترسب أطوار وسطية أخرى صلدة الناتجة عن العمليات الانتشارية لعناصر السبك(Mg, Si) بعد المعاملة الحرارية المحلولية والتعتيق.) وحصول تفاعلات مع الانخلاعات مما يؤدي إلى مقاومة حركة الانخلاعات المتحركة وفرملتها وبالتالي زيادة الإجهاد اللازم لتحريكها وللتغلب على الاجهادات الداخلية الناشئة من الظروف الحرارية و التقلص أثناء التجمد وبالتالي زيادة مقاومة السبيكة المدعمة ومتانتها الصدمية وقساوتها اما السبب في انخفاض قيم الخواص بعد ذلك فيعود الى فقدان انفعالات التطابق (Coherency Strain) بين الدقائق والأرضية المترسبة وكذلك بسبب تكون الاطوار الوسطية.

5. الاستنتاجات والتوصيات

5.1 الاستنتاجات

- نجاح تدعيم سبيكة الألمنيوم(6063) تدعيماً هجيناً بدقائق داعمة صلدة من نوعين مختلفين بطريقة السباكة بالتحريك والذي أكد ذلك صور المجهر الإلكتروني و نتائج حيود الأشعة السينية XRD حيث توزعت الدقائق والأطوارالداعمة الهجينة بشكل شبه منتظم تقريباً ضمن الألمنيوم الأساس.
- أدت زيادة نسبة دقائق الكرافيت المُضافة حتى (7.5 wt%) مع ثبات نسبة الأولومينا(7.5 wt%) إلى زيادة متانة الصدمة للألمنيوم الأساس 6063 .
- أدت زيادة نسبة دقائق الأوكسيد (Gr) المُضافة حتى (7.5 wt%) مع ثبات نسبة أوكسيد الألمنيوم المُضافة إلى تحسين خواص الشد (إجهاد الخضوع – مقاومة الشد العظمى) للألمنيوم الأساس 6063 مع انخفاض في الاستطالة.
- أفضل الخواص الميكانيكية للألمنيوم المدعم الهجين تم الحصول عليها عند نسب تدعيم (7.5% Gr +7.5% AL2O3) – العينة(E)-.

5.2 التوصيات

1. استخدام أنواع أخرى من الدقائق الداعمة (نتريدات -بوريدات مثلاً) في التدعيم الهجين للوصول إلى أطوار هجينة جديدة.
2. دراسة تأثير التدعيم الهجين والمعاملة الحرارية على خواص ميكانيكية أخرى للألمنيوم.
3. دراسة تأثير عمليات المعاملة الحرارية الأخرى وعمليات التشكيل المختلفة على المعدن المدعم الهجين المحضر.
4. تحقيق التدعيم الهجين -المشترك – للألمنيوم بطرق تصنيع أخرى ومقارنة النتائج مع السباكة بالتحريك.

. Journal of Surface Engineering & Materials, India, Vol(3), 22 -26 p, **2013**.

[11] Sekar, K and Joseph, M." Design of a stir casting machine". American International Journal of Research in Science Vol. (7), 56-62p, **2013**.

[12] Singh,G. " CHARACTERISATION AND FABRICATION OF Al-BASED HYBRID COMPOSITE REINFORCED WITH SiC, Al2O3 AND C PARTICLES BY SQUEEZE CASTING". IJMME-IJENS, India, Vol(3) No (01)2320-2491p,**2014**.

[13] Vinoth kumar,S. "DEVELOPMENT AND TRIBOLOGICAL PERFORMANCE OF NANO SiC PARTICLES ON THE AA 2024 HYBRID COMPOSITES WITH THE ADDITION OF NANO GRAPHITE"., Design and Research Conference, India, Vol(5) ,No (26),173-186p, **2014** .

[14] W, Mattli, Khan, A, Abdelrazeq , M, and Yusuf, M -"Structural and Mechanical Properties of Al-SiC-ZrO2 Nanocomposites Fabricated by Microwave Sintering Technique", Published in Crystals, , National University of Singapore, Vol.10, No.904,1-12p, **2020**.

[15] Whed M and Abd H," Effect of Dual Reinforcement on Wear Resistance by Aluminum Compacts Reinforce by SiC, Al2O3". International Journal of the Metallurgical, , IRAQ, Vol(7), 423-430p, **2009**.

المصادر

[1] Ali Afzal .M, and Naveed ,K."Fatigue Behavior of Heat Treated Aluminium Matrix Composites", International Journal of Science and Research (IJSR) India, Vol(6), Issue (3), 484-489 p, **2015**.

[2] AURADIH V and BHARATH K. "PREPARATION OF 6061Al-Al2O3 METAL MATRIX COMPOSITE BY STIR CASTING AND EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES". International Journal of Metallurgical, the USA,Vol (2) ,22-31p. , **2012.**

[3] ABBASS,M, Naaem,A and Ebrahim,A ." Effect of Heat Treatments on The Mechanical Properties And Wear Resistance of Al- Alloy Matrix Composite". Journal of the Engineering and Technologies IRAQ, Vol(29) No (12), 518-533p. **2011**.

[4] ABBASS,M, and SULTAN,B. "EFFECT OF AL2O3 NANOPARTICLES ON CORROSION BEHAVIOR OF ALUIMNUM ALLOY (AL-4.5 WT% CU-1.5 WT% MG) FABRICATED BY POWDER METALLURGY"., Journal of Engineering Structures and Technologies IRAQ, Vol(11) Issue (1), 25-31p ,**2019**.

[5] Clyne T.W, "Metal Matrix Composites: Matrices and Processing". Encyclopaedia of Materials Science and Technology, Cambridge,140 p,**2001**.

[6] KAINER ,K."Basics of Metal Matrix Composites". WILEYVCH Verlag GmbH Co KGaA Weinheim, third Edition, THE UNITED STATES OF AMERICA, 54p**,2006**.

[7] Ramani,S, Murthy ,S, and Sarada, B.N "HEAT TREATMENT OF CERAMIC REINFORCED ALUMINUM MATRIX COMPOSITES", International Journal of Advances in Engineering Research (IJAER), Bengaluru, Vol (11), Issue (1) Jan ,132-144 p,**2017**.

[8] Rajesh N, Shobha , R, Rajanna, and S, Shreyas, P ,S,."Experimental Investigation of Wear and Hardness Properties of Reinforced Al- MMC's Without and with Heat Treatment Process" International Journal of Engineering & Science Research (IJESR), India, Article No-40 Special Issue, (I) 191-196 p, **2019** .

[9] SURAPPA, M. "Aluminium matrix composites: Challenges and opportunities"., Printed in S¯adhan¯a, First Edition, India, Vol. (28), (Parts 1 & 2) 319–334 p, **2003**.

[10] Sapra,P and Sharma, F,." Evaluating the Influence of Heat Treatment and Reinforcement on the Mechanical Properties of Al-Mg-Si Alloy"

The Effect of Precipitation hardening Heat Treatment on Impact Toughness and Tensile Properties of AA6063 Aluminum Alloy Reinforced with Hybrid Particles from Al2O3 and Graphite

Mootaz Al husaria[1], Fouad Dahiye[2] , Al Mohanad Makki[3]

[1] *Department of Design and Production Engineering, Electrical and Mechanical Engineering, AL Baath University, Homs, Syria mootaz86@gmail.com.*

[2] *Department of Design and Production Engineering ,Electrical and Mechanical Engineering, AL Baath University, Homs, Syria.*

[3] *Department of Design and Production Engineering , Electrical and Mechanical Engineering, AL Baath University, Homs, Syria makki78@hotmail.fr.*

**Corresponding author: Mootaz Al husaria and email mootaz86@gmail.com.*

Published online: 30 September 2021

Abstract—Aluminum based composite are getting a vast scope nowadays because of its high properties and availability as fit large industrial development. (AMC) Aluminum metal-matrix composites is new engineering materials which contains two or more materials with different properties one being a metal from Aluminum and other may be metal, ceramic , glass reinforced materials. So in This present article We try to prepare hybrid composite materials based on aluminum alloy **(AA**6063**)** and reinforcement it by shared particles having size of micron of Alumina (7.5 wt%) and Graphite particles are added in specific countrified parentage (2.5 , 5 , 7.5 , 10 wt%) by stir casting technique to obtain hybrid Aluminum Which having the improving mechanical properties ,Heat treatment (solution heat treatment-artificial aging) are carried out on all samples ,After that inspections and mechanical tests have be done on all reinforcement samples , The results of Scanning electron microscope have shown uniform distribution of hybrid reinforced particles in matrix alloy and hybrid reinforced Aluminum alloy successfully prepared using stir casting method. The results of tests have shown The Impact toughness, , and Ultimate tensile strength were determined, with the addition of reinforcement the properties and effect of Precipitation hardening Heat treatment are improved compared to the parent metal Aluminum (6063) alone.

Keywords — Heat treatment, Aluminum matrix composites, Al2O3 and Graphite particles, Impact toughness , Ultimate tensile strength.