

## عملية الاحتكاك بالتقليب لسبائك الالومنيوم

إعداد

م. أحمد إبراهيم عبد العزيز

رسالة مقدمه الى كلية الهندسة – جامعة الفيوم  
كجزء من متطلبات الحصول على درجة دكتوراة الفلسفة  
فى العلوم الهندسية  
تخصص هندسة التصنيع- قسم الهندسة الصناعية  
كلية الهندسة – جامعة الفيوم

تحت اشراف

أ.د. الزهراء محمد يحيى البرادعى  
استاذ متفرغ بمعمل السبائك غيرالحديديه  
مركز بحوث وتطوير الفلزات

أ.د. أحمد إسماعيل زكى فرحات  
رئيس مجلس معمل التشكيل اللدن  
مركز بحوث وتطوير الفلزات

د. احمد صلاح عبدالموجود ابوطالب  
مدرس بقسم الهندسة الصناعية  
كلية الهندسة - جامعة الفيوم

كلية الهندسة - جامعة الفيوم

2019

## ملخص الرسالة

في الاونة الاخيرة، تزايد استخدام سبائك الألومنيوم سيليكون A384 في صناعات السيارات. هذا التزايد بسبب خصائصه الجيدة مثل خصائصه الحرارية وكثافته المنخفضة (2.7 جم/سم<sup>3</sup>) الى جانب ارتفاع قيم قوة الشد النوعية (قوة الشد/الوزن). ولكن للأسف هذه السبيكة تعاني من بعض العيوب ، مثال ، قوة الشد المنخفضة، ضعف اللدونة، زيادة معدل التآكل في عمليات التشغيل ، وضعف المتانة، مما يعيق زيادة تطبيقات هذه السبيكة. وقد وجد العلماء أن تحسين الخصائص الميكانيكية لهذه السبيكة يمكن تحقيقه عن طريق تدقيق البنية المجهرية لها.

ولتدقيق البنية المجهرية يمكن استخدام العديد من الطرق الميتالورجية كما ذكر في الابحاث السابقة على سبيل المثال معالجة المصهور، اضافة العناصر النادرة الى المصهور، والمعالجات الحرارية، التشكيل القاسي (التشكيل بنسب عاليه) عن طريق عملية قناة الزاوية المتساوية وعملية التواء الضغط العالي وعملية الدرفلة المتراكمة. وقد وجد في الوقت الحالى ان استخدام تكنولوجيا التقليل بالاحتكاك الدورانى من افضل الطرق لسبائك Al-Si.

وتهدف هذه الأطروحة إلى تدقيق البنية المجهرية و من ثم تحسين الخواص الميكانيكية لسبيكة الالومنيوم سيليكون (A384) من خلال عملية التقليل بالاحتكاك الدورانى. ولتحقيق هذا الهدف تم اختيار العوامل اللازمة لعملية التقليل بالاحتكاك مثل سرعة دوران اداة الاحتكاك وسرعة الحركة الخطية ومعدل التبريد (الماء والجل والنيتروجين السائل). وقد تم الاستعانه بالابحاث السابقة وسعة ماكينة الفريزة المستخدمة الى جانب استخدام برنامج Design-Expert 6.1 فى اختيار العوامل السابقة لاجراء التجارب.

و قد تتابعت مراحل البحث بدء بمرحلة الصب والصهر تحت تحكم وسطي باستخدام غاز الأرجون عند درجة حرارة 720 درجة مئوية. تم اجراء تجارب عملية التقليل بالاحتكاك الدورانى كطريقة متطورة من عمليات المعالجات الحرارية الميكانيكية باستخدام سرعات مختلفة لدوران الاداة (800 و 1000 و 1200 لفة/دقيقة) وسرعات الجر 40 و 60 و 80 مم/دقيقة مع التبريد اثناء العملية (الماء والجل والنيتروجين السائل) طبقا لما هو محدد من مصفوفة البرنامج.

و قد أجريت دراسة تحليلية للبنية المجهرية من خلال استخدام الأشعة السينية و الميكروسكوب الضوئي و الميكروسكوب الماسح الإلكتروني ملحقاً بوحدة (EDS) لتحليل الاوجه، الى جانب قياس الخواص الميكانيكية من قوة شد و لدونة وجهد الخضوع والصلادة.

الى جانب ما سبق تم استخدام منهجية تصميم التجارب لفهم اى من المتغيرات المستخدمة التى لها معامل تأثير اكبر فى تحسين البنية المجهرية وبالتالي زيادة الخواص الميكانيكية و الوصول الى معادلة رياضية

يمكن من خلالها استنتاج افضل ظروف التشغيل (سرعة دوران اداة التقليل، سرعة الجر الخطية ، معدل التبريد) تؤدي الى تحقيق افضل الخواص الميكانيكية.

وكانت اهم النتائج التي تم التوصل اليها ان البنية المجهرية بعد عملية التقليل بالاحتكاك الدوراني قد تم تدقيقها من 3.1mm الى 4µm الى جانب تعديل الشكل الابرى للايونتكس سيليكون الى حبيبات صغيرة الحجم ( من 49.33µm الى 2.13µm) الى جانب تدقيق  $\alpha$ -Fe الى حبيبات صغيرة الحجم. وقد لوحظ اختفاء وجهى  $\beta$ -Fe والسيليكون الابتدائي.

كما لوحظ التوزيع المتجانس للعناصر التسابكية مثال النحاس والنيكل والمنجنيز والحديد والسيليكون فى البنية المجهرية. الى جانب تكون محلول صلب من الالومنيوم يحتوى على كميته زائدة تفوق درجة تشبعة من عناصر الماغنسيوم والنحاس والسيليكون. واوضحت نتائج الخواص الميكانيكية من قوة شد ولدونه وجهد الخضوع الى جاب الصلاده، زيادة ملحوظة فى القيم مع زيادة سرعة الدوران ومعدل التبريد ولكن اتضح ان سرعة الجر ليس لها تأثير كبير على هذه القيم. وكانت اعلى قيم للخواص الميكانيكية (قوة شد وجهد الخضوع ولدونه والصلاده) تم الوصول اليها هى 360 ميغاباسكال و 180 ميغاباسكال و 8% و 117.9 فكرز - على التوالي، عند سرعة دوران 1200 لفة فى الدقيقة وسرعة جر 80 مم/دقيقة مع تبريد بالنيتروجين السائل. وترجع الزيادة الملحوظة فى الخواص الميكانيكية الى دقة البنية المجهرية والترسيبات وكذلك تكون المحلول الصلب من الالومنيوم والعناصر الذائبة بداخله الى جانب التوزيع المنتظم للترسيبات المختلفه داخل البنية المجهرية.

وباستخدام منهجية تصميم التجارب تم التوصل الى مجموعة من المعادلات يمكن الاستفادة بها فى توقع قيم الخواص الميكانيكية فى حدود المعاملات التى تم الدراسة عليها.

من خلال الدراسة يتضح ان طريقة التشكيل بالاحتكاك الدوراني هى انسب طريقة يمكن استخدامها لمعالجة سطح سبيكة الالومنيوم سيليكون A384 او لتحسين خواص الصفائح الرقيقة (1-2مم).