دراسة الخواص الميكانيكية لسبيكة الالومنيوم (356A) بعد إجراء السباكة الدقيقة والمعالجة الحرارية عليها

ناصر محمد الخمري ، كلية التقنية الهندسية / جنزور، قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية –ليبيا
سامي الدهماني الجبو، المعهد العالي للمهن الشاملة /قصر بن غشير، قسم الهندسة الميكانيكية –ليبيا
خالد أحمد المصراتي ، المعهد العالي للعلوم والتقنية / سوق الجمعة،طرابلس ، قسم الهندسة الميكانيكية–ليبيا

الملخص

تعتبر السباكة الدقيقة من أفضل التقنيات الموجودة في العالم الان. وهي تدخل في كثير من مكونات الصناعات. وتعد صناعة قطع غيار السيارات والطائرات وريش التربينات النفاثة من أهم الصناعات الدقيقة. ومن خلال التجارب والاختبارات التي تم إجراؤها على سبيكةالالومنيوم (356A) تبين أن لهذه النوعية من السبائك خواص ميكانيكية جيدة بالاضافة إلى خاصية السيولة. وهذه الخواص تساعد على ملئ جميع أجزاء القالب أثناء عملية الصب. كما أن لهذه السبيكة القابلية العالية لعمليات المعالجة الحرارية.

الكلمـات الدّالّـة: السباكة الدقيقة، المعالجة الحرارية، سبيكة الالومنيوم (356A).

1. المقدمة

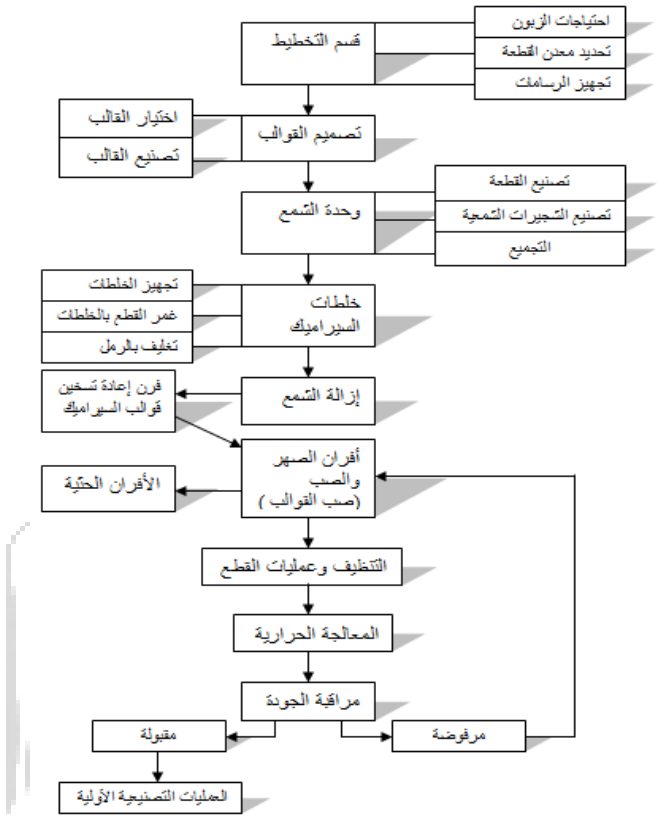
تعتبر السباكة الدقيقة أحد أفضل التقنيات الحديثة في العالم حيث أنها تدخل في العديد من الصناعات الدقيقة. مثل قطع غيار السيارات، وريش التربينات الغازية والبخارية لما تمتاز به هذه التقنية العالية من دقة في أبعاد المنتج وسلاسة سطحه [1– 3] .

يعتبر الألومنيوم واحدًا من أكثر أنواع المعادن تعقيدًا عند استخدامه في السباكة الدقيقة وذلك بسبب وجود مشاكل فنية وتصنيعية. وتتمثل هذه المشاكل في وجود فقاعات الغاز الجانبية في المسبوكة ، بالإضافة إلى صعوبة عملية التنظيف بعد عملية الصب. تم تنفيذ العمل الحالي بطريقة الصب الدقيق بالسباكة واظهرت النتائج أن هذا النوع (356A) من سبائك الألومنيوم له خاصية سيولة جيدة، وهذه الخاصية تساعد على ملئ جميع أجزاء القالب أثناء عملية الصب، بالأضافة لذلك يمتلك هذا النوع من الألومنيوم قابلية عالية لعمليات المعالجة الحرارية[4].

2. التجربة

تمرعملية أنتاج سبيكة الالومنيوم (356A) بالعديد من المراحل كما موضحة بالشكل التالي[5– 7] :

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية



الشكل 1: يوضح المراحل التي تمر بها عملية السباكة الدقيقة (طريقة الشمع الفقود)

مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

3. دراسة الحالة

يمكن التعبير عن سبيكة الالومنيوم (A356) برموز تختلف من نظام عالمي الى اخر. الجدول (1) يعبر عن السبيكة وفقا للأنظمة الدولية للمعايير والمواصفات القياسية الأكثر تداولاً عالميا.

الجدول 1 : يوضح التعبير عن السبيكة في الأنظمة العالمية

UK	ISO	ASTM	SAE	UNS
LM25	AL-7Si Mg	A356	A356-323	A356.0

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

يعتبر عنصر السليكون من العناصر الرئيسية في السبيكة حيث تحتوي على نسبة 7% من هذا العنصر الذي يعمل على زيادة مقاومة الشد ومقاومة الصدأ والتآكل ويعطي للسبيكة موصلية جيدة للحرارة والكهرباء بالإضافة الى صلادة عالية ويزيد من مقاومة التأكسد.الجدول (2) يبين التركيب الكيميائي للسبيكة [8- 10].

الجدول 2 : يبين التركيب الكيميائي (%) للسبيكة حسب نظام ASTM

Cu	Si	Mg	Ti	Fe	Mn	Zn	Pb	Sn	Ni	AL
0.2	7.5-6.5	0.2-0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.05	0.1	bal.

تمتاز هذه السبيكة بخواص ميكانيكية فريدة تجعلها من أفضل سبائك الالومنيوم. وهذه الخواص تساعدها على تحمل جميع ظروف التشغيل. الجدول (3) يبين الخواص الميكانيكية للسبيكة[11-13].

الجدول 3 : يبين الخواص الميكانيكية للسبيكة (A356)

الخاصية	القيمة
Tensile Strength (MPa) مقاومة الشد	262-331
Yield Strength (MPa)اجهاد الخضوع	193-331
% Elongation Rangeمدى الاستطالة	3-10
Castability Ratingمعدل التسبيك	100
Hardness Range (HB)مدى الصلادة	90
Fluidityالسيولة	1
Shrinkageالانكماش	1
conductivity 20°C Electrical (%IACSA)الموصلية الكهربائية	$3.77x10^{7}\Omega^{-1}.m^{-1}$
25°C Thermal conductivity coefficient(w/m.k) (K) معامل التوصيل الحراري	151
Density (g/cm³)الكثافة	2.68

4.المعالجة الحرارية

تم أجراء عملية المعالجة الحرارية للحصول على الحالة (6T) المبينة في الجدول (4) وذلك على مرحلتين :

أ- المعالجة المحلولية Solution Heat Treatment

تم تسخين المسبوكة داخل الفرن لدرجة حرارة (C°540) لمدة (12) ساعة وذلك لإتمام عملية ذوبان طور(θ) في (α) للحصول على محلول جامد بدون ترسب (θ) على الحدود البلورية تم التبريد السريع في الماء (Quenching)

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

ب- التعتيق Aging

توضع المسبوكة داخل الفرن في درجة حرارة (155 C°)لمدة تتراوح من (3-5) ساعات ثم تبرد ببطء داخل الفرن الى درجة حرارة الغرفة.

الجدول 4: عمليات المعالجة الحرارية النموذجية لمسبوكات الالومنيوم

Alloy	Temper	Type of casting	Solution heat treatment(b) Temperature °C	°F	Time(h)	Aging treatment Temperature °C	°F	Time(h)
328.0	T6	S	515	960	12	155	310	2-5
332.0	T5	P	...	...	...	205	400	7-9
333.0	T5	P	...	...	...	205	400	7-9
	T6	P	505	940	6-12	155	310	2-5
	T7	P	505	940	6-12	260	500	4-6
336.0	T551	P	...	...	...	205	400	7-9
	T65	P	515	960	8	205	400	7-9
354.0	...	(K)	525-535	980-995	10-12	(h)	(h)	(l)
355.0	T51	S or P	...	...	...	225	440	7-9
	T6	S	525	980	12	155	310	3-5
		P	525	980	4-12	155	310	2-5
	T62	P	525	980	4-12	170	340	1-18
	T7	S	525	980	12	225	440	3-5
		P	525	980	4-12	225	440	3-9
	T71	S	525	980	12	245	475	4-6
		P	525	980	4-12	245	475	3-6
C355.0	T6	S	525	980	12	155	310	3-5
	T61	P	525	980	6-12	Room temperature		8(minimum)
						155	310	10-12
356.0	T51	S or P	...	...	...	225	440	7-9
	T6	S	540	1000	12	155	310	3-5
		P	540	1000	4-12	155	310	2-5
	T7	S	540	1000	12	205	400	3-5
		P	540	1000	4-12	225	440	2-9
	T71	S	540	1000	10-12	245	475	3
		P	540	1000	4-12	245	475	3-6
A356.0	T6	S	540	1000	12	155	310	3-5
	T61	P	540	1000	6-12	Room temperature		8(minimum)
357.0	T6	P	540	1000	8	175	350	6
	T61	S	540	1000	10-12	155	310	10-12
A357.0	...	(K)	540	1000	8-12	(h)	(h)	(h)
359.0	...	(K)	540	1000	10-14	(h)	(h)	(h)

5. النتائج

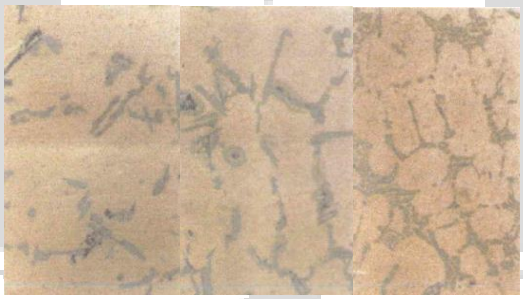
تم أنتاج هذه السبيكة بطريقة السباكة الدقيقة بالشمع المفقود وتم الحصول علي النتائج التالية:-

- التركيب الكيميائي للسبيكة مقارنة مع أحد أهم المواصفات القياسية الدولية كما بالجدول رقم (5)
- التركيب المجهري للسبيكة والموضح بالشكل (2)
- **اختبارات الشد:-** تم تجهيز عينة الشد للسبيكة طبقا للمواصفات العالمية وهي موضحة بالشكل (3)
- **نتائج أختبارات الشد:-** تم اجراء عملية الشد للعينات وتحصلنا على النتائج الموضحة بالشكل (4), كما يوضح الجدول (6) مقارنة نتائج الشد للعينات قبل وبعد المعالجة الحرارية.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

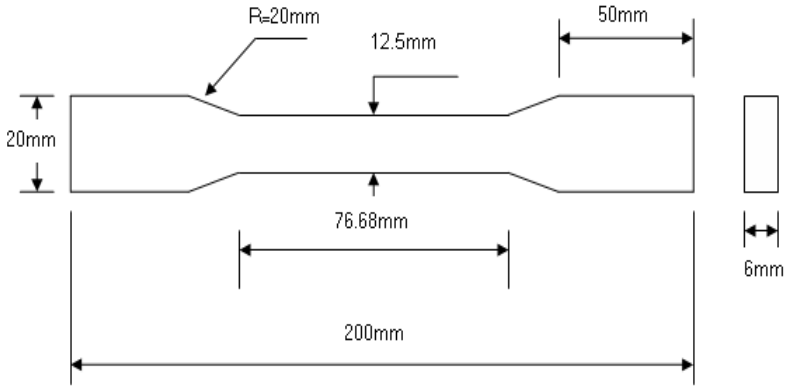
الجدول 5 : يبين التركيب الكيميائي للسبيكة مقارنة مع الماصفات الدولية ASTM

Elements العناصر	النسبة المئوية للعناصر المكونة حسب المواصفات القياسية MTSA	النسبة المئوية للعناصر المكونة لسبيكة الدراسة
Si	6.5 – 7.5	7.0034
Fe	0.2	0.3241
Cu	0.2	0.0914
Mn	0.1	0.0303
Mg	0.2 – 0.4	0.4190
Zn	0.1	0.1012
Ti	0.2	0.0344
Ni	0.1	0.0147
Cr	Nel	0.0365
Pb	0.1	0.0204
Sn	0.05	0.0043
Al	bal.	0.91919



1- المادة الخام 2- بعد السباكة 3- بعد المعالجة الحرارية

الشكل 2 : يبين التركيب المجهري للسبيكة (A356)

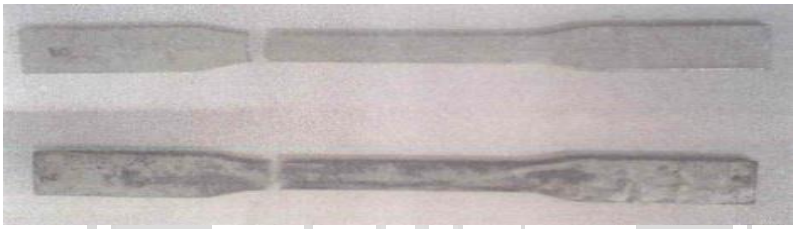


الشكل 3 : يوضح أبعاد عينة الشد

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

أ- عينات الشد قبل وبعد المعالجة الحرارية

ب- عينات الشد بعد الاختبارات



الشكل 4 : يوضح عينات الشد

الجدول6 : مقارنة نتائج الشد للعينات قبل وبعد المعالجة الحرارية

العينة	أقصى إجهاد الشد N/mm²	الأستطالة E %	الطول (L) mm	المساحة (A) mm²	عرض العينة (w) mm	سمك (t) mm
قبل المعالجة الحرارية	130.47	3.3	76.68	75	12.5	6
بعد المعالجة الحرارية	261.4	3.33	76.68	75	12.5	6

6. الاستنتاجات

من خلال دراسة وتحليل العينات التي تم تحضيرها من سبيكة الالومنيوم (356A) نجد أن :

1- التركيب الكميائي لسبيكة الدراسة تتوافق مع السبيكة (356A) حسب نظام ASTM (المواصفات القياسية للجمعية الأمريكية لأختبارالمواد).

2- عند مقارنة نتائج أختبار الشد للعينات قبل وبعد المعالجة الحرارية نجد ان أقصى اجهاد شد يزداد للضعف تقريبا (~ 100%).

وبالتالي نستنتج من هذه البحث ان العينات التي تم دراستها تتفق الى حد كبير مع المواصفات العالمية للسبيكة، وأن السبيكة بالتركيب الكيميائي الذي استخدم خلال هذه الدراسة تعتبر ذات خواص ميكانيكية وهندسية تجعلها من أفضل سبائك الالومنيوم في عمليات السباكة الدقيقة بالشمع المفقود.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

7. التوصيات

من مجمل البحث المنجز والمتعلق بأستخدام سبيكة الألومنيوم في عملية سباكة الشمع المفقود ومعالجتها حراريا على اجمال جملة من التوصيات وكما يلي :

1- استخدام طريقة السباكة الدقيقة عند الحاجة للحصول على منتجات معقدة وذات مواصفات عالية من مسبوكات الألومنيوم.

2- دراسة تأثير عمليات المعالجة الحرارية الاخرى مثل إزالة الاجهادات على مسبوكات الألومنيوم.

3- تنفيذ الدراسة على انواع أخرى من سبائك الألومنيوم.

8. المراجـــع

[1] Fundamentals of Manufacturing Engineering Certification Institute of (SME) Society of Manufacturing Engineering,1993,Dearborn,Michigan, USA.

[2] Investment Casting Handbook,1997, H..T., Bid well, Dallas, Texas, Newness, USA

[3] Engineering Materials Pocket Book W. Bolton, 1994, Clay Ltd, Stoves Plc.

[4] Engineering Materials, Pakirappa Department of technical Education. Andhra Pradeoh, 1999-2000. Mrs. PREMIER PUBUSHIWU House Hyderabad – India.

[5] د/عبد المجيد ناجي عطية, د/ محمد محمود جادو " مقدمة في تكنولوجيا الإنتاج " جامعة المنوفية 2002، مصر

[6] د/ محمد فتوح عبد الحميد، د/ أحمد السيسي " تكنولوجيا الإنتاج جامعة المنوفية 2004، مصر

[7]م/ محمود سامي بيبرس، م/ سامي عبد الله مرسى، م/ صلاح الدين محمد سلامة، م/ محمد سعد الدين عمارة " علم المواد " 1989، مصر

[8] م/أبوعجيلة محمد سلامة " طرق السباكة الدقيقة " المؤتمر المهنى الأول للمهن الشاملة، المركز العالي للمهن الشاملة قصر بن غشير 2006، طرابلس، ليبيا

[9] د/ احمد شفيق الخطيب "معجم المصطلحات العلمية والفنية والهندسية" مكتبة لبنان،2000،بيروت، لبنان.

[10] Aluminum Vol I, Property Physica Metallurgy and Phase Diagrams.Prepared by Engineering Scientists and Metallurgists of Aluminum Company of American. Kent R, Van Horn, 1967. American Society for Metals (ASM) Pank. Oh, USA

[11] Manufacturing Process and Mat Materials for Engineering. Doyle, KEVOER, Leach, Schrader, Singer, Vol 15 Second Edition, 1969, USA

[12] Metallography and Microstructures,Vol 9, Prepared Under the Direction of the (ASM) Metals Handbook Committee. Copyright 1985, USA

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية