Effect of Low Freque ncy Vibration on The Micro-structure Of The Aluminum Eutectic Alloy

تأثير الاهتزازات على طبيعة التجمد ، التركيب المهجري ,والخواص الميكانيكية لسبائك الألمنيوم اليوتكتية

م.م. سعد رزاق مجيد
المعهد التقني /كوفة

ملخص البحث:-

تم في هذا البحث دراسة تأثير الاهتزازات ذات التردد الواطئ*(50cps)*على طبيعة التجمد,التركيب المجهري ,والخواص الميكانيكية لسبيكتين يوتكتيتين من سبائك الألمنيوم اليوتكتية *(Al-33%Cu)*و*(Al-11.7%Si)* والتي تم قولبتها في قوالب معدنية مسخنة مسبقا لدرجات حرارية مختلفة ($550,500,400,300,200^0$ C) .

أظهرت النتائج أن الصب تحت تأثير الترددات الواطئة يؤثر على طبيعة التجمد وشكل التركيب المجهري والخواص الميكانيكية للألمنيوم النقي و للسبيكتين أعلاه على حد سواء. أن الطورين اليوتكتيكي والمعدني يظهران بشكل خشن ,ويظهر ذلك بصورة واضحة عند استخدام قوالب صب معدنية مسخنة مسبقا , وتزداد خشونة الطورين بزيادة درجة حرارة التسخين المسبقة للقالب المعدني .وكذلك يقل الزمن اللازم للتجمد . وطبقا للتغيير الذي يحصل في التركيب البلوري نجد أن الخواص الميكانيكية تتغير حيث تنخفض مقاومة الشد العظمى *($\sigma_{U.T.S}$)* ويقل حجم الحبيبات للطور اليوتكتيكي وتنخفض النسبة المئوية للمسامية بأستخدام الاهتزازات .

كما أظهرت النتائج العملية أن التجمد ألاتجاهي (الشجيري) يضمحل باستخدام الاهتزازات وتحل محله مستعمرات وبصورة واضحة.وكذلك يتكون التركيب الرقائقي للطور اليوتكتيكي بدلا من خشونته . أن لحجم المصبوبة تأثير على التركيب المجهري ولكن تأثير الاهتزازات يظهر بصورة اكبر .

عند زيادة درجة حرارة تسخين القالب المعدني يزداد انتظام الحبيبات البلورية ويقل انتظامها بزيادة الاهتزازات وكذلك تنخفض الخواص الميكانيكية إلى حد كبير .

ABSTRACT

The effect of low frequency vibration (50cps) on solidification, structure and mechanical properties of aluminum eutectic alloys(Al-33%Cu, Al-11.7%Si)which is casted in pre-heated metallic moulds at different temperatures (200,300,400,500 and 550^0C) was carried out in this investigation .

The results show that low frequency vibration affect the solidification state , structure type and mechanical properties of the implemented alloys.

Eutectic and intermetallic phases were coarsened by low frequency vibration ,the effect of which was found to increase by increasing the preheating temperatures of the metallic moulds .The solidification time is also reduced .Consequently coarsening of the micro-constituents the mechanical properties were lowered , although porosity, ultimate tensile stress(U.T.S) and eutectic cell size were reduced by vibration .

The results show that the columnar growth was suppressed and equiaxed grain size were promoted . The fine lamellar structure of the eutectic was degenerated to a coarse irregular one .The effect of casting size on the extent of influence of vibration on structure and related aspects was also observed that ,with the increase in the size of the casting , the effect of the vibration is accentuated .

As the preheating temperature of the moulds was increased, grain refinement effect due to vibration decreased and also the mechanical properties considerably decreased .

المقدمة :-

إن مقدار انتظام الحبيبات البلورية للمسبوكات يعطي أفضل ترابط للخواص الميكانيكية في درجات الحرارة الاعتيادية ، حيث أن تعرض المسبوكات إثناء تجمدها للعوامل الخارجية يؤثر على انتظام حبيباتها البلوري [1].

إن تطبيق تقنية الاهتزاز إثناء تجمد المسبوكات وتأثير ذلك على انتظام حبيباتها البلورية يعتبر من الأمور التي تحتاج إلى مزيد من الدراسة والبحث .

الاهتزازات (الصوتية *sonic* والفوق الصوتية *ultra-sonic*) عندما تطبق أثناء تجمد المصبوبات لها عدد كبير من التأثيرات على البنية المجهرية والخواص الميكانيكية للمعادن [2] .

لقد تركزت الدراسات على تأثير الاهتزازات على التجمد العمودي والنمو الشجيري وتكوين الحبيبات الصغيرة وما يتبع ذلك من تحسين الكثافة والخواص الميكانيكية من خلال تطبيق الاهتزازات على المصبوبات خلال عملية التجمد والتي تكون على نوعين هما :

1-الاهتزازات واطئة التردد *Low frequency*.

2-الاهتزازات عالية التردد *High frequency*.

حيث وجد أن تأثير الاهتزازات يعتمد بصورة رئيسية على مقدار ترددها , فالمعادن النقية يحصل انتظام لحبيباتها البلورية فقط عند الصب تحت تأثير الترددات العالية,وفي الترددات الواطئة يحصل التكهف *(Cavitations)* فقط . تظهر المعادن النقية حبيبات منتظمة النسق البلوري في الترددات الواطئة مع كميات قليلة من المطلقات اليوتكتية التي تحدث فيها [1,3] .

تظهر السبائك اليوتكتية (الاعتيادية وغير الاعتيادية) والقريبة منها أطوار يوتكتية خشنة (سميكة) وخصوصا الأطوار اليوتكتية عند تطبيق الاهتزازات ذات الترددات الواطئة حتى عند النمو الشجيري يحصل انتظام ويقل حجم الخلايا اليوتكتية , بينما عند تطبيق الاهتزازات ذات الترددات العالية يحصل انتظام كامل للأطوار اليوتكتية [4] .

إن كثيرا من الدراسات النظرية المختلفة التي أجريت على السبائك اليوتكتية غير الاعتيادية مثل *(Al-Si)* ,الاهين الاوستنايتي,*(Al-Al$_3$Fe)*, *(Pb - Sb)* كانت تمثل الجيل الأول من البحوث في هذا الجانب .

يجب أن تدرس تأثيرات الاهتزاز بجميع ترددات على كل من التركيب المجهري , درجة حرارة التجمد , التبريد , زمن التجمد , طرد الغازات في المعادن , الانكماش ,المسامية , الفجوات الأنبوبية , السيولة , والانعزال للمواد المعدنية .

لقد وضعت عدة نظريات توضح ميكانيكية انتظام الحبيبات البلورية عند استخدام تقنية الاهتزاز , ولكن لا توجد نظرية واحدة نجحت كليا في توضيح كل التأثيرات المعدنية الناتجة عن الاهتزاز . من بين تلك النظريات المختلفة دراسة التجزؤ للأذرع الشجيرية الناتجة بسبب جريان السائل (المنصهر) للحصول على نتائج مختبريه تستند عليها [4,5] .

في هذا البحث وضعت تصاميم لدراسة مختبريه لمعرفة تأثير الاهتزازات ذات الترددات الواطئة وبقيم تعجيل مختلفة على طبيعة التجمد , التركيب المجهري ,والخواص الميكانيكية لسبيكتي *(Al-33%Cu)* و*(Al-11.7%Si)* وهما سبيكتان يوتكتيتان ,حيث تمت عملية الصب لهما في قوالب معدنية مختلفة الإحجام ومسخنة لدرجات حرارية مختلفة . أن تسخين القوالب يساعد على تأخير عملية التجمد للمسبوكات المراد اختبارها [6] .

[Fisher 7] في بحثه تأثير الاهتزاز على سبائك الألمنيوم المصبوبة في قالب رملي وجد أن الأطوار الغنية بالحديد تكون خشنة .السليكون وسبائك *(Al-Si)* الاعتيادية تظهر على ثلاثة أشكال (حالات) وهي:-

1- نمو على شكل قضبان مع متموجات ناعمة من رقائق أو صفائح.
2- صفائح من السليكون المترابطة بشكل مبعثر .
3- على هيئة ألياف ملتوية .

الدراسة العملية :-

تم صب المعدن المنصهر في قوالب من الاهين ذات أقطار*mm (75, 52)* للحصول على مسبوكات اسطوانية الشكل , حيث تم تثبيت القوالب على طاولة تهتز باستخدام هزاز كهرومغناطيسي بتردد مقداره *(50cps)* وبموجة ارتفاعها*(0.5 mm)* مرة وأخرى *(1.0mm)* , تم تغيير ارتفاع الموجة بتغيير مقدار التيار المجهز . تمت عملية قياس ارتفاع الموجه باستخدام متسعة ومعايرة ذلك بتيارات مختلفة , جميع القيم المقاسة تمت معايرتها لقيم التعجيل الأرضي *(g)* والتي احتسبت باستخدام المعادلة التالية :- [2,5,6]

$$g = 4*(3.14)^2*(frequency)^2* (peak\ to\ peak\ amplitude) \qquad (1)$$

حيث أن :

g: التعجيل الارضي *(gravitational acceleration)* ($9.81 m.s^{-2}$).

لقد تم تثبيت منظومة تسخين غازية لتسخين جدران القالب المعدني المثبت على الهزاز لدرجات حرارية مختلفة , *(550, 500, 400 , 300 , 200^0 C)* . ولقد صبت العينات تحت تأثير اهتزاز بقيم تعجيل مقدارها (*6g, 3g*) وبدون اهتزاز*(g 0)*.

اختبار ألفحص ألمجهري, والاختبار الميكانيكي:-

لقد تم شطر كل عينة مصبوبة طوليا إلى نصفين وكما موضح في الأشكال 1←6 , وأعدت احدهما إلى الفحص ألمجهري , بينما أخذت أجزاء من النصف الثاني لفحص التركيب البلوري وأعطت النتائج الموضحة في الأشكال 7←11 وبعد ذلك استخدمت لحساب الكثافة . تم تحضير عينات صغيرة لاختبار الشد البسيط وحسب المواصفة الأمريكية (*SM100*) ومن مواضع مختلفة من المصبوبات . جميع عينات السبيكتين *(Al-33%Cu), (Al-11.7%S)* اجري لها الاختبار كما هي في حالة الصب و بدرجة حرارة الغرفة.

اجري اختبار الشد البسيط للعينات وذلك باستخدام جهاز الاختبار الميكانيكي الجامع نوع (*Gunt HAMBURG WP 300*) وبمعدل انفعال (*Strain Rate = 6.67 * 10^{-4} sec^{-1}*) أي بسرعة للرأس (*Cross Head Speed = 3mm/min*) وأعطى النتائج المبينة في الجدولين 1 و 2 ، ثم رسمت العلاقة البيانية بين إجهاد الشد الأعظم ودرجة حرارة تسخين القالب وأعطت النتائج الموضحة في الشكلين 12و13 . كما تم حساب النسبة المئوية للمسامية (*Porosity%*) لجميع العينات باستخدام المعادلتين (*2* و*3*) .[*8*]

$$P\% = (A+B) / C \times 100\% \qquad (2)$$

$$A_b = \sum P\% / N \qquad (3)$$

حيث أن :

$P\%$: النسبة المئوية للمسامية .

A : مجموع أطوال تقاطع المسامية مع الخطوط الأفقية .

B : مجموع أطوال تقاطع المسامية مع الخطوط العمودية .

C : مجموع أطوال الخطوط الأفقية و العمودية .

A_b : متوسط المسامية .

N : عدد العينات المستخدمة ، حيث استخدمت ثلاثة عينات لكل حالة لتفادي الخطأ .وأعطت النتائج المبينة في الجدولين 3و4 ، بعد ذلك رسمت العلاقة البيانية بين النسبة المئوية للمسامات (*P%*) ودرجة حرارة تسخين القالب(^{0}C) ولقيم الاهتزاز المختلفة وكما موضحة في الشكلين14و15، كما استخدم المجهر الالكتروني نوع(*JEOL – JEM 1011*) في تصوير بعض التراكيب المجهرية لقسم من العينات وأعطى النتائج المبينة في الشكلين 16 و17 .

النتائج والمناقشة: -

1- تأثير الاهتزازات على طبيعة التجمد , التركيب ألمجهري :

أ- سبيكة (*Al-11.7%Si*) :

من الأشكال 1←4 يتضح أن السيلكون يكون على شكل صفائح مترابطة بشكل مبعثر عند الصب بدون اهتزاز، أما عند الصب تحت تأثير اهتزاز عالي نسبيا (*6g*) فتظهر زيادة في تواجد السيلكون الابري الشكل و يكون على هيئة ابر صغيرة الحجم أو على شكل قضبان من متموجات ناعمة من رقائق او صفائح السيلكون و عند زيادة قيمة الاهتزاز يزداد تواجد هذه القضبان مع المتموجات الناعمة من رقائق أو صفائح السيلكون حتى يبدأ ظهور مكعبات السيلكون بصورة واضحة . إن تجزؤ الطور الابري للسيلكون الابري وزيادة معدل الانتشار يسبب تغيير في التركيب ألمجهري وكما موضح في الشكل 4 وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحثون [7 , 9] .

ب: سبيكة (*Al-33%Cu*):

من الأشكال 5← 11 يتضح أن سبيكة (*Al-33%Cu*) والتي تم تجمدها بدون اهتزاز تظهر تراكيب عمودية (*columnar structure*) من نوع الأنبوبية علما أن التأثير يظهر بصورة واضحة على سطح المصبوبة وعند القعر وعلى شكل مستعمرات تنمو وتكون هذه المستعمرات موازية لاتجاه تصريف الحرارة وان طور اليوتكتيك يكون على هيئة رقائق تقع في تلك المستعمرات , وهذه الرقائق تنمو بصور عشوائية ويقل سمكها عند زيادة الاهتزاز و يخشن التركيب الرقائقي في المستعمرات كما يظهر طور(*CuAl2*) بصورة واضحة عند الاهتزاز وهذا ما توصل إليه الباحثون [8 ,10, 11] .

2- تأثير الاهتزازات على النسبة المئوية للمسامات (*P%*) :

أ- سبيكة(*Al-11.7%Si*) :

من الأشكال 12← 15 يتضح :

أولا : تنخفض النسبة المئوية للمسامات بشكل عام ولجميع قيم الاهتزازات المستخدمة (*0g,3g,6g*) عند زيادة درجة حرارة التسخين المسبق للقالب حتى تصل إلى اقل قيمة لها وذلك عند درجة حرارة تسخين مسبقة للقالب (*295^{0}C*) تقريبا , ثم تأخذ النسبة المئوية للمسامات بالارتفاع عند زيادة درجة حرارة تسخين مسبقة للقالب سواء كان الصب باهتزاز أو بدون اهتزاز وباختلاف قطري المصبوبة (*75,52mm*) وذلك بسبب تكسر الأذرع الشجيرية وذوبانها في المنصهر مما يؤدي إلى تكوين مراكز (أنويه) للتجمد وتحسين التغذية , أما عند زيادة قيم الاهتزاز عن (*4g*) فأن المسامية تزداد بشكل سريع مما يؤدي إلى ظهور فجوات كبيرة وذلك بسبب اندماج الفجوات الغازية والمسامية الأخرى مع بعضها البعض على الحدود البلورية للمعدن المتجمد مشكلةً بذلك فجوات كروية الشكل كبيرة الحجم نتيجة للاهتزاز العنيف للمعدن المنصهر أثناء عملية التجمد , بعد ذلك تتجمع الفجوات الكروية الكبيرة مع بعضها البعض مما يؤدي إلى تشكيل فجوات أنبوبية الشكل كبيرة الحجم والتي تؤثر سلبا على الخواص الميكانيكية بسبب تمركز الاجهادات في حافات هذه الفجوات والذي يؤدي بدوره إلى انهيار هذه الأجزاء من تلك المناطق وكما موضح في الأشكال 14و15و16 وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحثون [12, 14 , 16] .

ثانيا : كلما قل حجم المصبوبة قلت النسبة المئوية للمسامات ولجميع قيم الاهتزازات المستخدمة وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحثون [13,15] .

ب: سبيكة (*Al-33%Cu*):

من الشكل 16 يتضح :

أولا : تنخفض النسبة المئوية للمسامية بشكل عام سواء كان الصب تحت تأثير اهتزاز (*6g* , *3g*)أو بدون اهتزاز(*0g*)عند زيادة درجة حرارة التسخين المسبق للقالب حتى تصل إلى اقل قيمة لها عند درجة حرارة تسخين مسبقة للقالب (*305^0C*) تقريبا ثم تأخذ بالارتفاع سواء كان الصب باهتزاز أو بدون اهتزاز وباختلاف قطري المصبوبة (*75,52mm*) وذلك بسبب تكسر الأضلع الشجيرية وذوبانها في المنصهر مما يؤدي إلى تشكيل مراكز (انويه) جديدة للتجمد .

ثانيا : تأثير حجم المصبوبة على المسامية حيث كلما قل حجم المصبوبة قلت النسبة المئوية للمسامية ولجميع قيم الاهتزازات المستخدمة .

3 - تأثير الاهتزازات على الخواص الميكانيكية:-

الشكلان 17 و18 يوضحان العلاقة بين مقاومة الشد العظمى(*U.T.S*) ودرجة حرارة التسخين المسبقة للقالب لسبيكتي (*Al-11.7%Si*) و (*Al-33%Cu*) وعلى التوالي لقوالب قطرها (*75,52 mm*). في جميع الحالات يظهر نقصان في مقاومة الشد العظمى مع زيادة كل من درجة حرارة التسخين المسبقة للقالب ومقدار تعجيل الاهتزاز (*g*) وهذا يسبب خشونة للأطوار اليوتكتية. بما أن سبيكة (*Al-33%Cu*) هي أساسا سبيكة هشة وسبيكة (*Al-11.7%Si*) تتمتع بمطيليه منخفضة جدا, فان تأثير التعجيل (*g*) أو درجة حرارة التسخين المسبقة للقالب على المطيلية ليس بالمهم وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحثون [4,8] .

الاستنتاجات:-

استنادا إلى البيانات التجريبية التي تم الحصول عليها في هذا البحث يمكن تلخيص نتائج تأثير الاهتزازات ذات الترددات الواطئة والبعيدة عن منطقة الرنين على التركيب ألمجهري والخواص الميكانيكية لسبيكتي (*Al-33%Cu*) و (*Al-11.7%Si*) والمصبوبتين في قوالب معدنية مسخنة مسبقا لدرجات حرارية مختلفة(*200^0 C, 300, 400, 500, 550*) كما يلي :

أولا – سبيكة (*Al-11.7%Si*) :-

1- يقلل الاهتزاز حجم الحبيبات البلورية للسبيكة اليوتكتية .
2- يقل حجم الحبيبات البلورية للسبيكة اليوتكتية عند الصب بقوالب مسخنة مسبقا لدرجات حرارية منخفضة .
3- التركيب الابري الشكل للسليكون يخشن تحت تأثير الاهتزاز , وتزداد خشونته بزيادة حجم المسبوكة و درجة حرارة التسخين المسبقة للقالب المعدني .
4- مكعبات السليكون (*silicon cuboids*) تكون قليلة ويمكن إهمالها في حالة الصب بدون تأثير الاهتزاز (*g = 0*) ولكنها تظهر بمساحة اكبر عند السباكة تحت تأثير الاهتزاز .

ثانيا – سبيكة (*Al-33%Cu*) :-

1- الاهتزاز يعيق النمو العمودي للبلورات ويكون التجمد باتجاه القلب للمصبوبة .
2- يقل حجم الحبيبات البلورية بانخفاض درجة حرارة التسخين المسبقة للقالب المعدني وعلى العكس فان رفع درجة حرارة التسخين المسبقة للقالب المعدني يؤدي إلى كبر حجم الحبيبات البلورية .
3- يزداد حجم الحبيبات البلورية تحت تأثير الاهتزاز , ويزداد بصورة اكبر تحت تأثير الاهتزاز وبزيادة درجة حرارة التسخين المسبقة للقالب وبالتالي يؤثر ذلك كثيرا على الخواص الميكانيكية للسبيكة .

وبناءا على ذلك فان الخواص الميكانيكية تتأثر بشكل كبير عند الصب تحت تأثير الاهتزازات .

لذلك يمكن الاستنتاج بأنه لا تفضل السباكة تحت تأثير الاهتزازات الواطئة التردد البعيدة أو القريبة من منطقة الرنين (قرب التردد ألقسري) لمنظومة القالب مع السبيكة لكي لا تحصل ظاهرة الرنين ويهتز القالب مع السبيكة بعنف نتيجة لذلك مما يؤدي إلى أن النتائج تكون غير ذلك وبدرجات حرارة تسخين مسبقة عالية للقوالب المعدنية لسبائك الألمنيوم اليوتكتية سواء كانت سبائك اعتيادية أو غير اعتيادية ، وهذا يمكن أن ينطبق أيضا على السباكة في قوالب رملية رغم ما كان مروج له لطرد الغازات وتحسين تغذية السباكة .

جدول 1 يبين تأثير الاهتزازات ودرجات الحرارة المختلفتين على إجهاد الشد الأعظم لسبيكة (*Al-11.7%Si*) .

Al-11.7%Si	قيم تعجيل الاهتزاز (*g*)						
درجة حرارة تسخين القالب(^0C)	بدون اهتزاز *0g*		*3g*		*6g*		
	75mm	*52mm*	*75mm*	*52mm*	*75mm*	*52mm*	قطر المصبوبة
200	13.8	14.23	13.15	13.99	12.90	12.56	إجهاد الشد الأعظم *Kg/mm^2*
300	12.9	13.89	12.70	13.56	12.60	12.08	
400	12.6	13.18	12.40	13.02	12.20	11.76	
500	12.4	12.87	12.30	12.54	11.90	11.32	
550	12.38	13.32	12.30	11.98	11.50	10.67	

جدول 2 يبين تأثير الاهتزازات ودرجات الحرارة المختلفتين على إجهاد الشد الأعظم لسبيكة *(Al -33%Cu)*.

	قيم تعجيل الاهتزاز *(g)*						*Al -33%Cu*
	6g		*3g*		بدون اهتزاز *0g*		درجة حرارة تسخين القالب(^0C)
قطر المصبوبة	*52mm*	*75mm*	*52mm*	*75mm*	*52mm*	*75mm*	
إجهاد الشد الأعظم Kg/mm^2	10.21	8.90	11.17	10.50	13.14	12.56	200
	9.55	8.10	10.99	10.40	12.67	11.75	300
	9.03	7.40	9.87	10.00	12.00	11.11	400
	8.78	6.80	9.46	8.60	11.45	10.66	500
	7.66	5.90	8.56	7.50	11.12	10.40	550

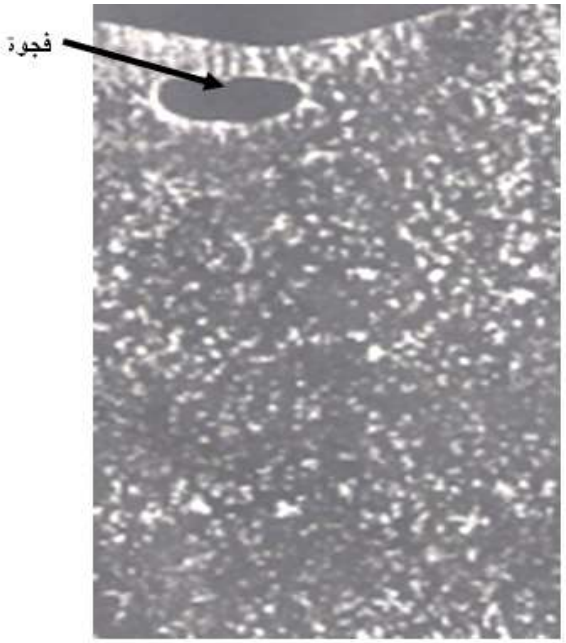
جدول 3 يبين تأثير الاهتزازات ودرجات الحرارة المختلفتين على النسبة المئوية للمسامات *P%* لسبيكة *(Al -11.7%Si)* .

	قيم تعجيل الاهتزاز *(g)*						*Al -11.7%Si*
	6g		*3g*		بدون اهتزاز *0g*		درجة حرارة تسخين القالب(^0C)
قطر المصبوبة	*52mm*	*75mm*	*52mm*	*75mm*	*52mm*	*75mm*	
النسبة المئوية للمسامات *P%*	2.33	1.97	1.86	1.66	1.34	0.76	200
	1.89	1.59	1.44	1.24	0.99	0.54	300
	2.45	1.96	1.23	0.97	0.88	0.75	400
	2.82	2.43	1.97	1.44	1.34	1.14	500
	3.66	3.35	2.32	1.96	1.89	1.56	550

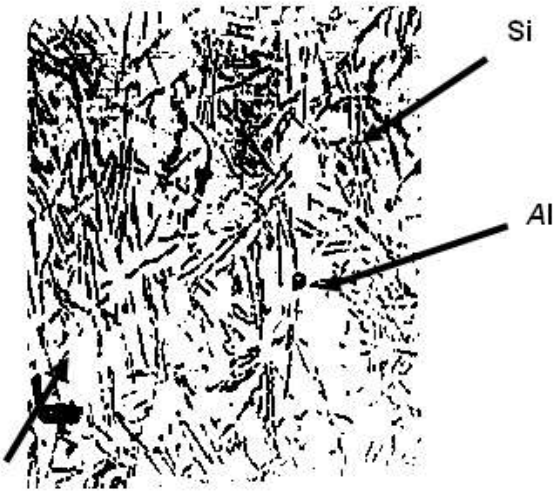
جدول 4 يبين تأثير الاهتزازات ودرجات الحرارة المختلفتين على النسبة المئوية للمسامات *P%* لسبيكة *(Al -33%Cu)*.

	قيم تعجيل الاهتزاز *(g)*						*Al -33%C u*
	6g		*3g*		بدون اهتزاز *0g*		درجة حرارة تسخين القالب(^0C)
قطر المصبوبة	*52mm*	*75mm*	*52mm*	*75mm*	*52mm*	*75mm*	
النسبة المئوية للمسامات *P%*	2.99	2.77	1.68	1.52	1.10	0.77	200
	1.98	1.5	1.19	0.99	0.75	0.52	300
	3.1	2.5	1.75	1.50	1.14	0.74	400
	3.77	3.43	2.20	1.98	1.75	1.14	500
	4.6	4.32	2.88	2.56	2.16	1.96	550

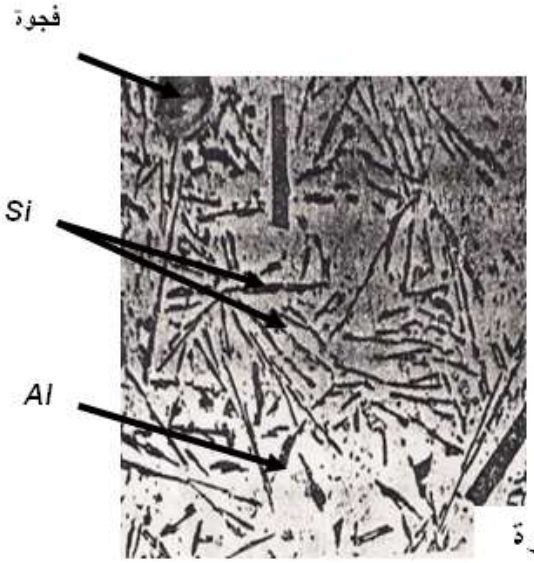
شكل 1 مقطع طولي لمصبوبة (*Al-11.7%Si*)
بدون اهتزاز (*0g*) (*300^0C*) قطر(*75mm*)



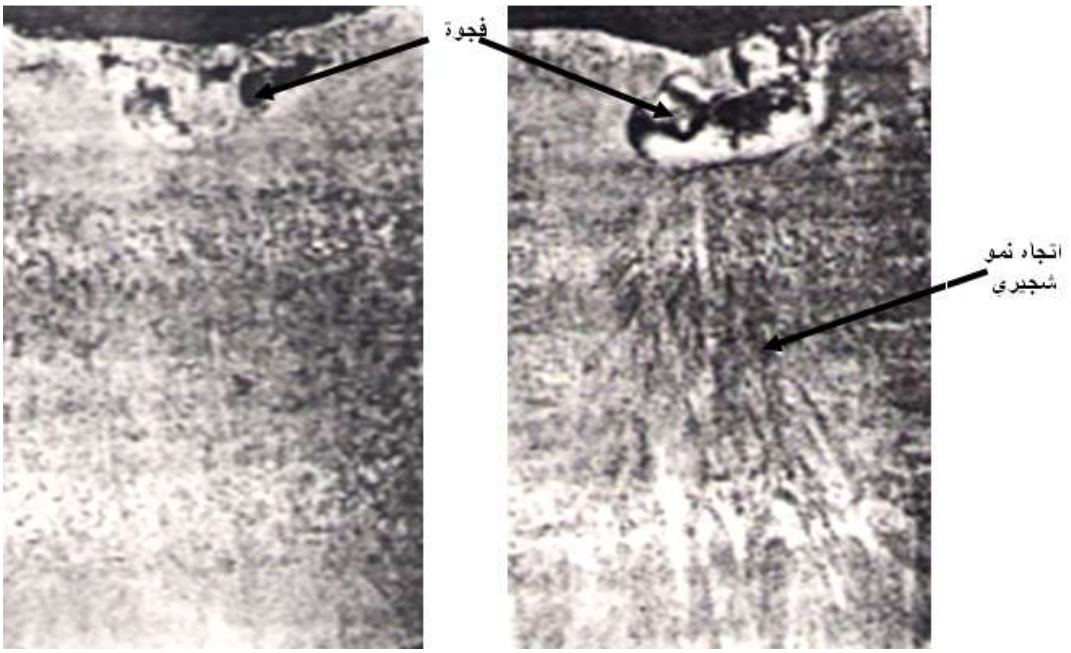
شكل 2 مقطع طولي لمصبوبة (*Al-11.7%Si*)
تحت تأثير اهتزاز (*3g*) (*300^0C*) قطر(*52mm*)



شكل 3 التركيب ألمجهري لسبيكة (*Al-11.7%Si*)
بدون اهتزاز (*0g*)(*400^0C*) قطر(*52mm*)

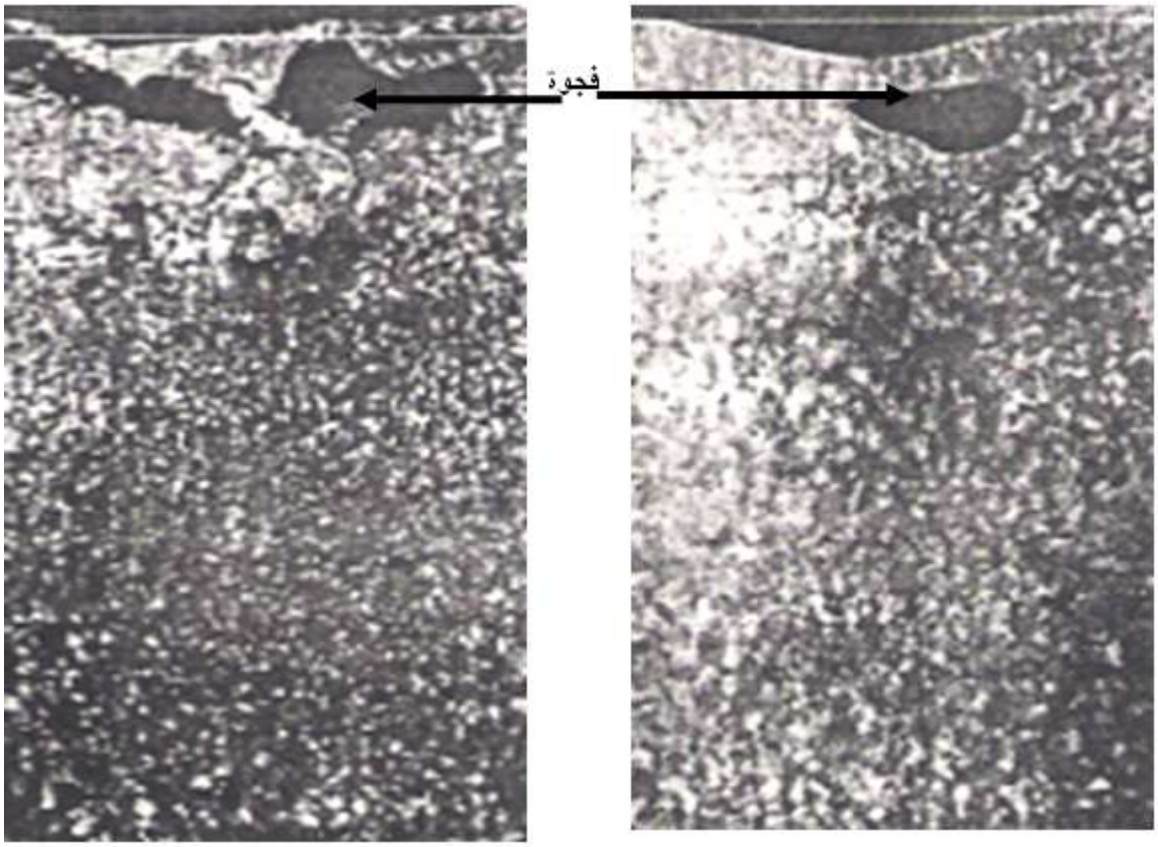


شكل 4 التركيب ألمجهري لسبيكة (*Al-11.7%Si*
تحت تأثير اهتزاز (*6g*) (*400^0C*) قطر(*75mm*)



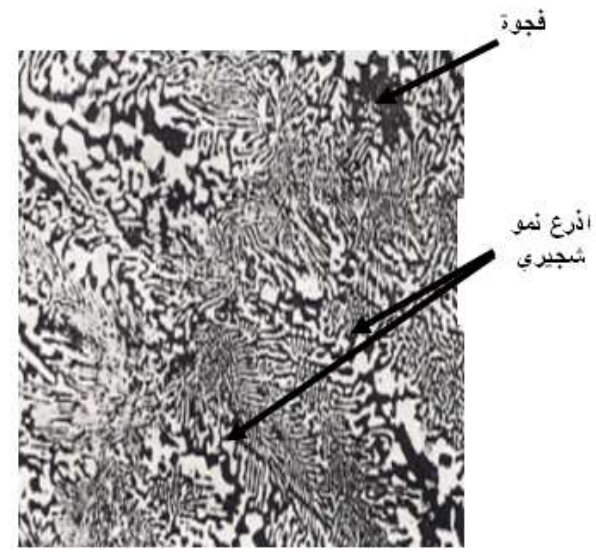
شكل 5 مقطع طولي لمصبوبة (*Al-33%Cu*)
دون اهتزاز (*0g*) (300^0C) قطر(*75mm*)

شكل 6 مقطع طولي لمصبوبة (*Al-33%Cu*)
تحت تأثير اهتزاز(*3g*) (300^0C) قطر(*52mm*)

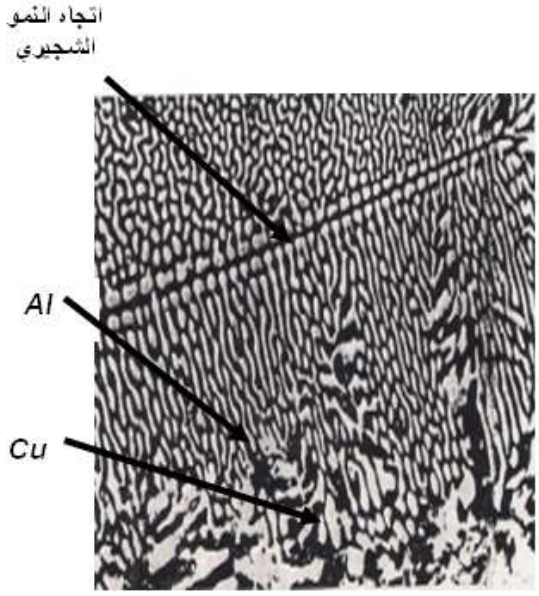


شكل 7 مقطع طولي لمصبوبة (*Al-33%Cu*)
تحت تأثير اهتزاز (*6g*) (550^0C) قطر(*75mm*)

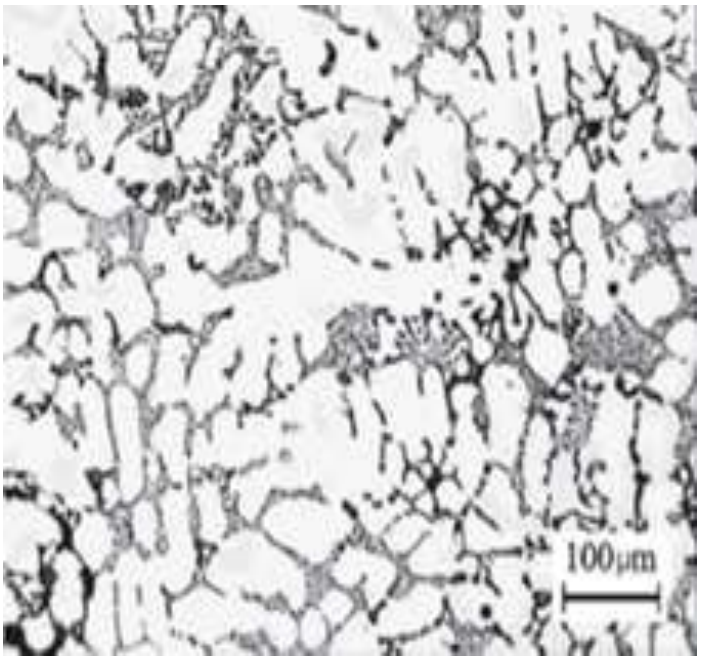
شكل8 مقطع طولي لمصبوبة (*Al-33%Cu*)
تحت تأثير اهتزاز(*6g*) (550^0C) قطر(*52mm*)



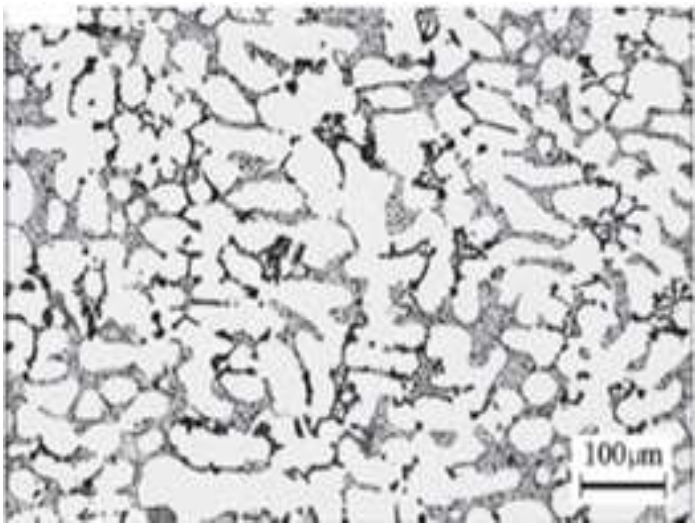
شكل 9 التركيب ألمجهري لسبيكة (*Al-33%Cu*)
بدون اهتزاز (*0g*)(*400 ˚C*) قطر(*75mm*)



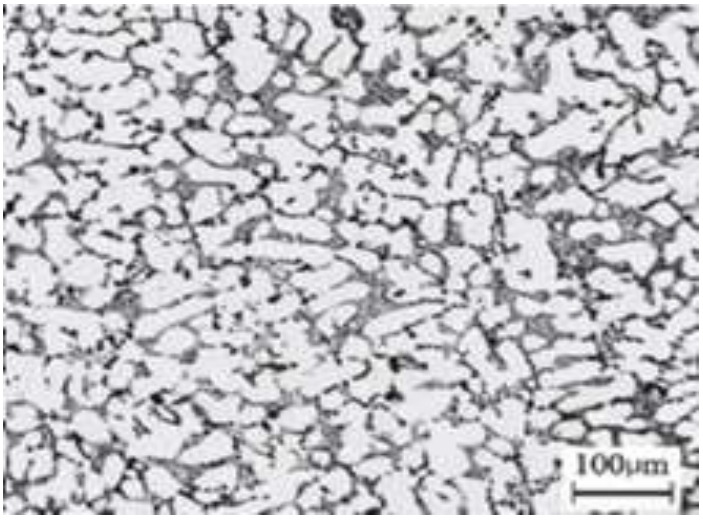
شكل 10 التركيب ألمجهري لسبيكة (*Al-33%Cu*)
تحت تأثير اهتزاز (*6g*) (*400 ˚C*) قطر(*52mm*)



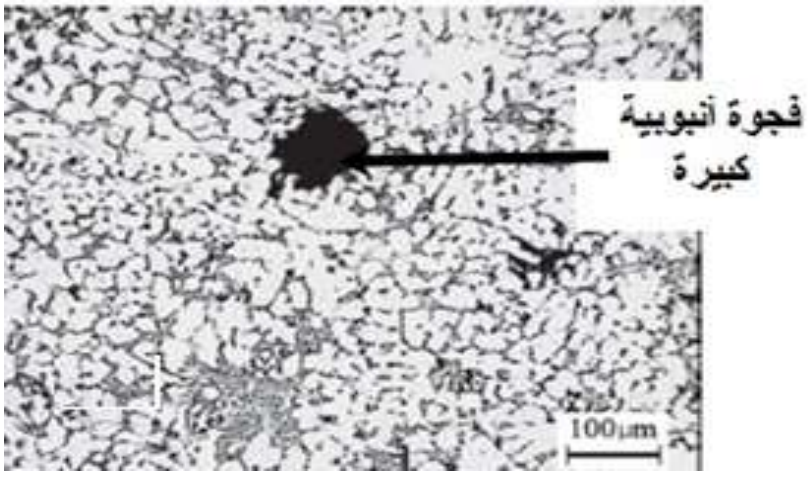
A بدون اهتزاز (*0 g*) (*Al-33%Cu*) ، قطر(*75mm*) ،(*550^0C*)



B تحت تاثير اهتزاز*(3g)*، (*Al-33%Cu*) ، قطر(*52mm*) ،(*550^0C*)

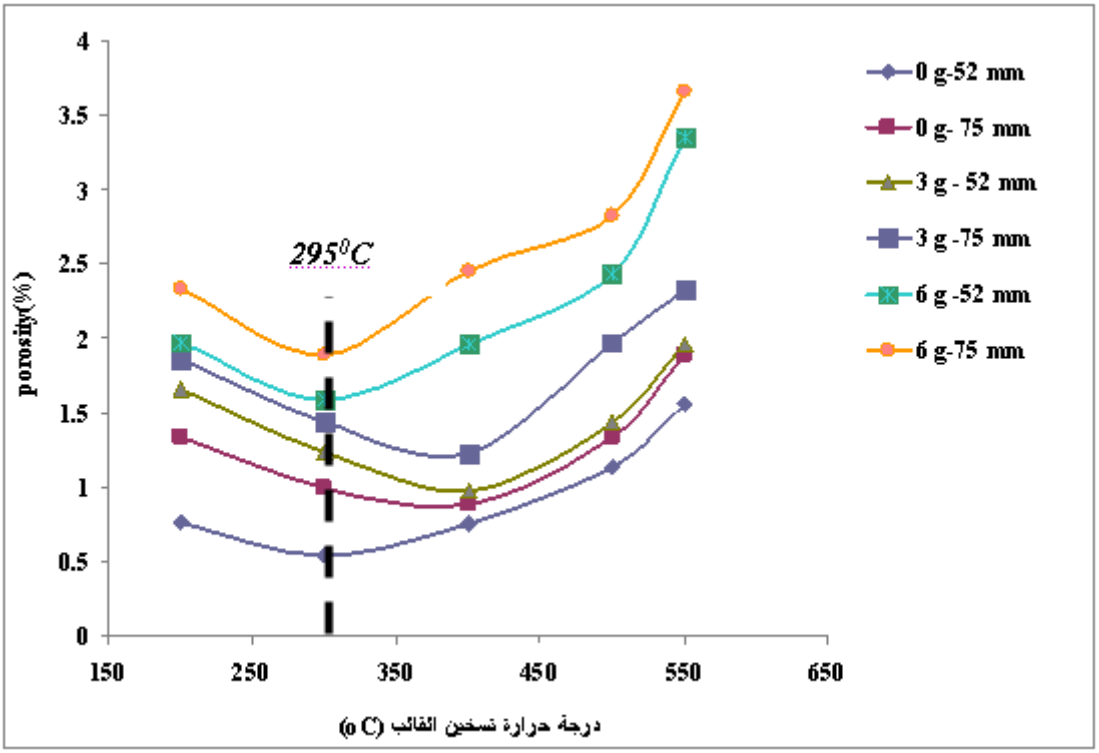


C تحت تاثير اهتزاز*(3g)*، (*Al-33%Cu*) ، قطر(*75mm*) ،(*550^0C*)

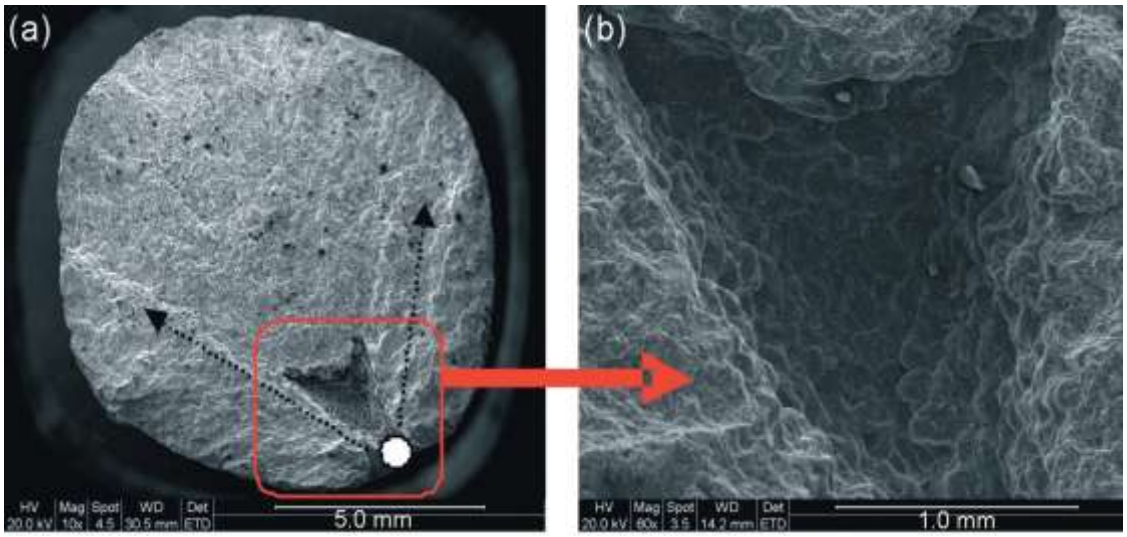


D تحت تاثير اهتزاز*(6g)*، (*Al-33%Cu*) ، قطر(*75mm*) ،(*550^0C*)

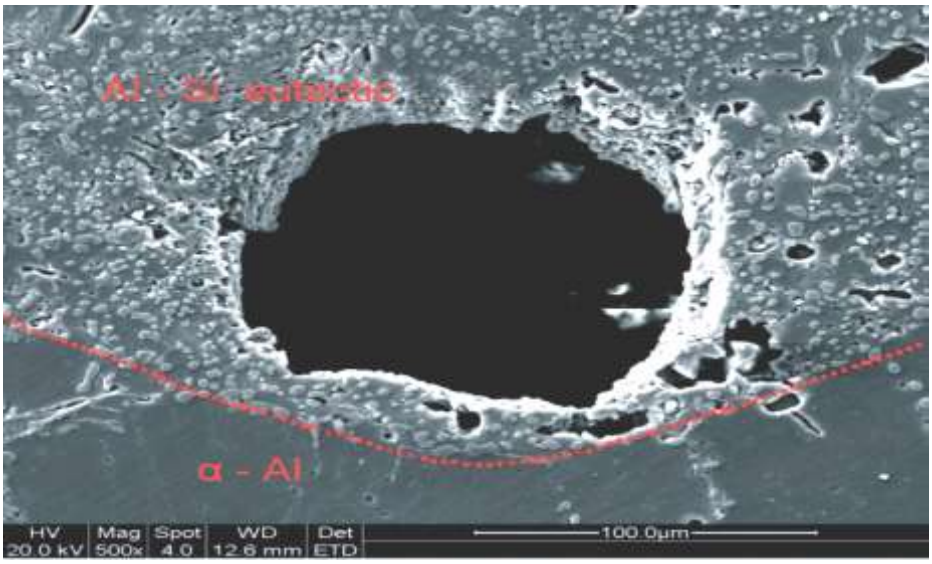
شكل 11 نماذج من التراكيب المجهرية لبعض العينات من سبيكة(*Al-33%Cu*) المستخدمة .



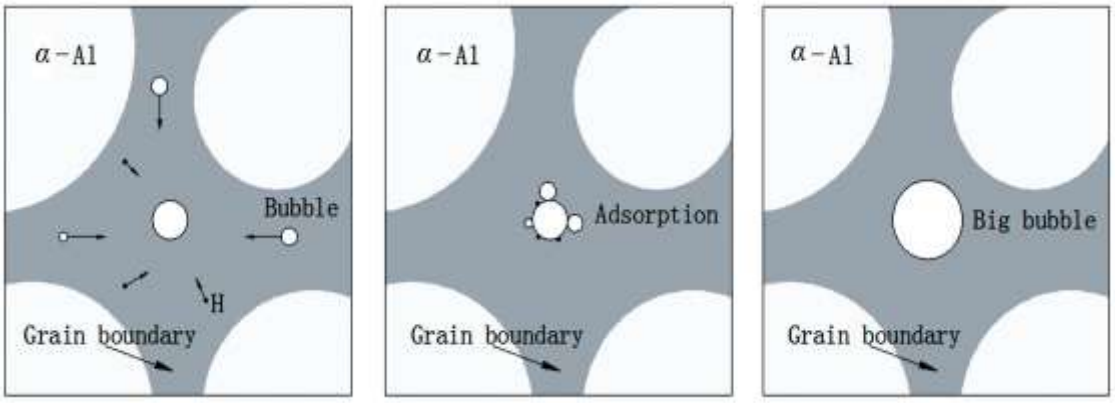
شكل 12 العلاقة بين النسبة المئوية للمسامات ودرجة حرارة التسخين للقالب لسبيكة (*Al-11.7%Si*)



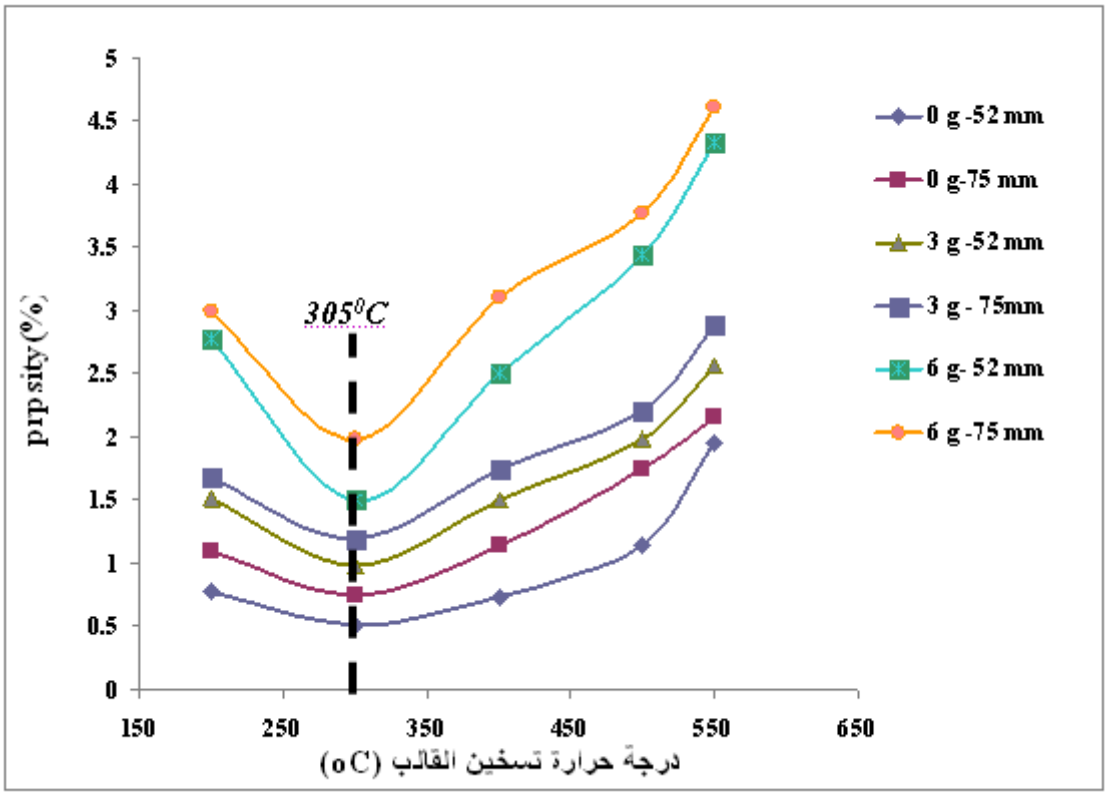
شكل 13 مقطع لمكسر عينة من سبيكة *(Al- 11.7% Si)* المستخدمة، صبت تحت تأثير اهتزاز عالي *(6 g)* .



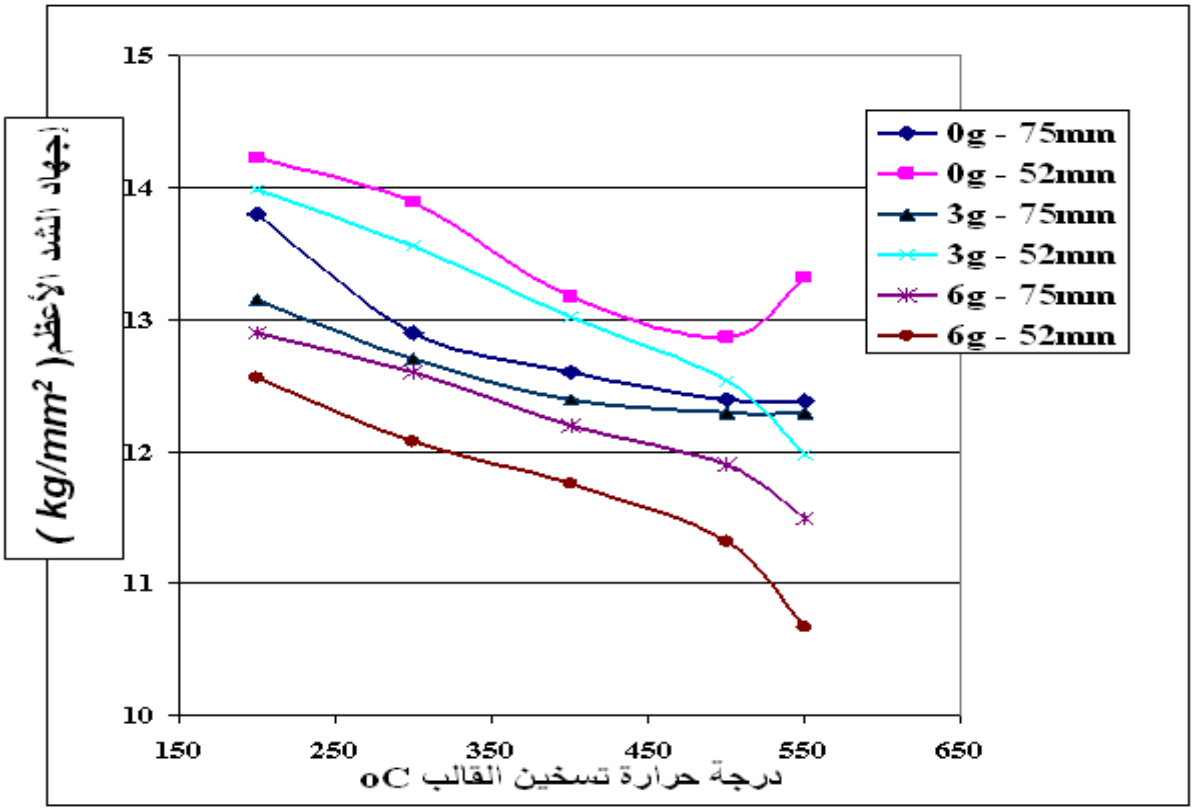
شكل 14 فجوة أنبوبية كبيرة سبيكة *(Al-11.7%Si)* اليوتكتية صبت تحت تأثير اهتزاز عالي *(6 g)* .



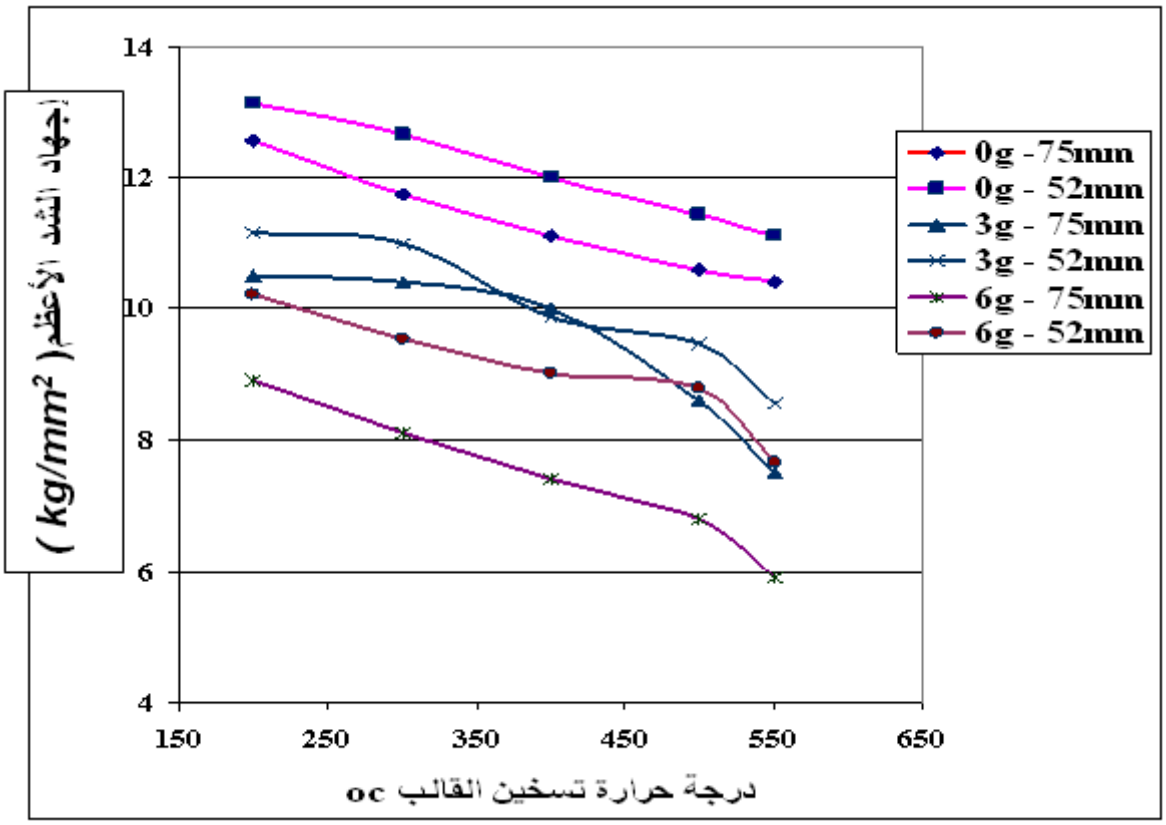
شكل 15 مخطط يوضح آلية ومراحل تشكل الفجوات الأنبوبية منقول عن[16].



شكل 16 العلاقة بين النسبة المئوية للمسامات ودرجة حرارة التسخين للقالب لسبيكة (*Al-33%Cu*)



شكل 17 العلاقة بين إجهاد الشد الأعظم ودرجة حرارة تسخين القالب لسبيكة (*Al-11.7%Si*)



شكل18 العلاقة بين إجهاد الشد الأعظم ودرجة حرارة التسخين للقالب لسبيكة (*Al-33%Cu*)

REFERENCES :

[1] Sayar S. , 2000"Heat Transfer During Melting and Solidification In Heterogeneous Materials ",MSC. Thesis Mech .Eng. Univ .of Virginia, polytechnic VirginiaNo.14,pp30-45 .

[2] Lee K.Y., Lee S.M. and Hong G.P. ,2005"Modeling of Fluid Flow and Solidification Grain Structure of Al-Cu ",Department of engineering clark Atlanta university, georgia .

[3] Efimov V.A., 1990 "Influence of Connective Heat and Mass Transfer on Casting Formation "Liteinone.Proi.Zvodstro,No.11,pp.1-8 .

[4]R.N.Lumley,I.J.Polmeav,H.Groot and J.Ferrier,2008," Thermal characteristics of heat-treated aluminum high-pressure die-castings",volume 58,issue 11,pages 1006-1009.المكتبة الافتراضية العراقية

[5] ASM International,1989, "The Influence and Control of Porosity and Inclusions In Al Castings, Al Alloy Castings",Department of Casting Engineering,vol.19b,pp.1359-1366.

[6] Han Q., Simpson W.A. , Angelini P. , and Sikka V.K. ,2000," The Effect of Solidification Defect on the Dross Formation During Re-melting of Aluminum 5182 Alloy RSI ", Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831-6083.

[7] Fisher T. P.,1973," Effects of vibrational energy on the solidification of aluminum alloys". British Foundryman,No.6,pp. 71– 84.

[8] West,C.E. and Grabach,T.E., 1988, "Permanent Mold Casting In Metals", book,9th ed.,vol.15,Casting,ASM International, Metals Park,pp.340-360.

[9] Gruzleski ,John E. and Closset ,Bernard M., 1990"The Treatment of liquid Al-Si Alloys " ,Book, The American Foundrymens Society,vol.17d,pp760-785 .

[10] Rao, G.V. Kutumba and Panchanathan , 1973, "End Chills Influence on Solidification Soundness of Al-Cu (LMA)Alloy casting ", AFS Trans. ,vol.8,pp.110-123.

[11] Kamath G.R., 1973,"Correlation Between Dynamic Nonlinearity and Static Mechanical of AL-Cu",Thesis,Indian Institute of Science ,Spring .

[12]Ramesh R. Burbure., M.E., 1974,"Morphology and Mechanical Properties of AL-Cu", Thesis ,Indian Institute of Science , May.

[13] Sankaran R., Murtht K.S.S.,1970," Mechanical Properties For Casting under Viberition" Trans. AFS (1970),vol.78,p.180.

[14] Shukla D. P. , Goel D. B. ,and Pandey P. C.,1978, "Influence of vibration during solidification on ingot soundness and mechanical properties of aluminum alloy test casting. In: Proceedings of the All-India Seminar on Aluminum , New Delhi , India, October,pp.133-145 .

[15] Davis, and Mark M., 2003 "Fundamental of Operation Management "McGraw-Hill , North America,No.9,pp.55-65.

[16] Kocatepe K.,1997"The effect of low frequency vibration on macro and micro structures of LM25 and LM6 alloys" [Dissertation]. University of Strathclyde, UK.