تأثير تصميم منظومة الجريان على البنية المجهرية والحجم الحبيبي لسبيكة الألمنيوم –مغنيسيوم

رعد سهيل احمد عدنان*

تاريخ الاستلام:2009/6/28
تاريخ القبول:2010/5/6

الخلاصة

يهدف البحث إلى دراسة تأثير تصميم منظومة الجريان على البنية المجهرية لسبائك الألمنيوم-5%مغنيسيوم على قياس الحجم الحبيبي بطريقة الدوائر حيث تم تصميم منظومتي جريان مختلفة وتم تصنيع قالبي سباكة رملية مختلفة بمنظومتي جريان مختلفتي بطول المجرى عن بعضها وعمق المجرى ولذلك لدراسة تأثيرها على نسبة التجمد والتركيب المجهري . ثم تصوير البنية المجهرية وملاحظة تأثير طول المجرى على البنية المجهرية للمسبوكة وقياس الحجم الحبيبي لكل مسبوكة بطريقة جفريس ببرنامج اكسل و من ثم تم بناء برنامج حاسوبي بلغة VBA و ذاك لان معظم النتائج يمكن تخزينها في برنامج Excel 2007 حيث أظهرت النتائج إن استخدام مجرى على شكل مخروطي وبطول (2.5سم) يعطي نتائج الفضل من استخدام مجرى بشكل اسطواني بطول(4 سم) .

Effect of Gating System Design on Microstructure &Grain Size for Al-Mg Alloys

Abstract

The objective of this paper is to study gating system design effect onAl-5%Mg alloy Microstructure Measurement (By Jeffrece's Method) and freezing range, two sand mould were made with different gating systems Practicality (in Runner length & Runner depth) to study the effect on freezing ratio & Microstructure, a VBA Program was bulid because Most of result are stored in Microsoft Excel 2007Spread Sheet in which Calculation of Grain size were performed for many specimens ,Results shown that the gating system with runner length 2.5 cm and taper sprue gave better results than gating system with a 4cm runner's length and cylindrical sprue .

* قسم هندسة المواد، الجامعة التكنولوجية / بغداد

https://doi.org/10.30684/etj.28.13.20
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

1- المقدمة

ان السباكة عملية ذات متغيرات عديدة تهدف إلى الحصول على مسبوكة سليمة خالية من العيوب ومن اهم المتغيرات هو تصميم منظومة الجريان ولهذه المنظومة أسس في التصميم كما وضح الباحث Guleyuopogulo[1] ان منظومة الجريان تكون مسؤلة على الحصول على نتائج جيدة و تحسين خصائص السباكة وا كد Facocu و Lukman,*etal* [2,3] ان منظومة الجريان تكوون مسوولة عن تحسين خصائص السباكة و الحصول على منتجات جيدة كما درس Masouami,*etal* [4] دور المنظومة في ملئ القالب بصورة سليمة ,وتلعب منظومة الجريان دورا مهما في الحصول على مسبوكة خالية من العيوب وكذلك الحصول على بنية ذات حجم حبيبي مناسب. ويهدف هذا البحث إلى دراسة ثاثير تغيير ابعاد منظومة الجريان على الحجم الحبيبي للمسبوكات المنتجة بطريقة السباكة الرملية , يبقى الهدف الأساسي في عملية السباكة يبقى دائما هو كيفية الحصول على مسبوكة سليمة ولذلك فان تصميم منظومة جريان يلعب دورا أساسيا في جريان المعدن للوصول إلى تجويف القالب بزمن مناسب فقد درس لقمان[3] و آخرون Lukman *etal* التصميم السليم لمنظومة الجريان لسبائك المنغنيز – برونز باختيار مجريات (Runners) مختلفة للسباكة الرملية للحصول على مسبوكات سليمة تم فحصها بالفحص الإشعاعي (Radiography) كما تم دراسة تاثير طول المجرى على كيفية حدوث العيوب , اما فوكو Fuoco [2] فقد درس تأثير التصميم السليم لمنظومة جريان على جودة المسبوكة لسبائك الألمنيوم عبر تطبيق تصاميم منظومات جريان مختلفة لعدة منتجات ودراسة المنتجات و فحصها واخذ صور للبنية المجهرية لإظهار العيوب الداخلية في المنتجات ,كما درس ماسوامي [4] Masouami تأثير التصميم السليم على إمكانية ملئ القالب لسبائك الالمنيوم-سيليكون ذات التصنيف 413 حسب تصنيف ASM بدراسة نماذج جريان مختلفة و تسجيل الجريان وتصويره بنظام الرد المباشر(Real-Time) لدراسة الجريان للمعدن المنصهر ,تعد سبائك الألمنيوم من أكثر السبائك استخداما في السباكة الرملية و تمتاز سبائك الألمنيوم - مغنيسيوم بأنها ذات قابلية تشكيل جيدة و خواص ميكانيكية جيدة ومقاومة تأكل عالية تستخدم في تطبيقات مختلفة من حفظ الأطعمة إلى الصرف الصحي و تطبيقات تتطلب مقاومة تأكل عالية [5] ويعد الحجم الحبيبي عنصرا أساسيا في الحصول على خواص جيدة .هناك عدة طرق لقياس الحجم الحبيبي وتعد الطريقة المساحية من الطرق المفضلة في قياس الحجم الحبيبي[7]

كما كانت الحاجة إلى تقليل عنصر الخطأ في التصميم و تقليل الجهد المبذول ولذلك أصبح للحاسبة دور أساسي في تصميم قوالب السباكة و كذلك في حسابات البنية المجهرية التي تعتمد العد اليدوي ولهذا يتم إعداد برنامج بلغة VBA مربوط ببرنامج Microsoft Excel لحساب الحجم الحبيبي

2- الجانب النظري

2-1 منظومة الجريان

تعرف منظومة الصب بأنها منظومة الممرات التي يجري بها المعدن السائل للوصول إلى تجويف القالب وهي مكونة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

كما هو موضح في الشكل رقم (1) من (الحوض Basin , المصب Sprue , المجرى Runnerو البوابةGate) و المصب هو الجزء الذي يصب به المعدن المنصهر عموديا نحو المجرى وعند التصميم الناجح ينبغي تفادي تكون مناطق الضغط المنخفض التي تسبب زيادة في أكسدة الألمنيوم الذي تكون على شكل سطح خشن كما يمكن ان تواجد على شكل شوائب في داخل المسبوكة وتفادي الجريان المضطرب للمعدن المنصهر الذي يسبب تعرية جدران القالب[3] .أما المجرى فيعرف بأنه الممر الذي يجري به المعدن المنصهر إلى تجويف القالب و المجرى نوعان إما منفرد أو مزدوج ويكون المجرى المنفرد أما مسلوب (tapered) أو غير مسلوب (unTapered) إن اختيار نوع و شكل المجرى يخضع لشكل المنتج وصعوبة القالب وتفضل إن تكون المقاطع مستطيلة وتفادي التغيرات في مقطع المجرى حيث إن مساحة المجرى تحدد سرعة الجريان حسب قانون الاستمرارية كما يلعب عرض المجرى دورا في حساب عدد رينولدز الذي يحدد طبيعة الجريان سواء كان اعتياديا أو مضطربا , و يجب تفادي الوصول إلى حالة الجريان المضطرب الذي يسبب تعرية جدران القالب و زيادة الشوائب في المسبوكة ,وتعرف البوابة بأنها المدخل إلى تجويف القالب ويفضل إن تكون البوابة قرب المقاطع السميكة .

و إن أهم أساسيات تصميم منظومة الجريان هي: [6]

1-اختيار شكل المجرى و البوابة و يكون عرض المجرى وعرض البوابة من أهم العناصر في التصميم كونهما يتحكما بطبيعة جريان المعدن كونه (منتظم أو مضطرب) و العامل المؤثر في النظام ان يكون مجموع المساحات السطحية للبوابة اصغر من المساحات السطحية للمجرى ولكي ينتظم جريان المعدن بصورة صحيحة يجب مراعاة التوازن في المساحات و يتم تحديد نسبة البوابات (Gating Ratio) التي تختلف من معدن إلى أخر.

2- نوعية النظام (مضغوط و غير مضغوط) و الفرق الأساسي هو وجود الخناق الذي يتحكم بجريان المعدن السائل فبتناقص مساحة المقطع السائل تقل سرعة المعدن و يكون النظام مضغوط و العكس صحيح

3- اختيار نوع البوابة واتجاهها ويتم ذلك اعتمادا على خط فصل القالب الأفقية كانت أم عمودية على ذلك الخط

2-2 تجمد سبائك الألمنيوم - مغنيسيوم

تبدي سبائك الألمنيوم المستعملة عمليا سلوكا ابسط من سلوك سبائك الفولاذ وتحولاتها المعقدة حيث يشكل الألمنيوم محاليل جامدة تذوب بها عناصر السبك بنسب مختلفة استنادا إلى درجات الحرارة فتؤخذ سبائك الألمنيوم فوق درجة حرارة 300°م على شكل محاليل جامدة و عند التبريد إلى درجة حرارة الغرفة يظهر الطور (α) كما أن عناصر السبك أما تترسب أو تنعزل مرة أخرى وعند تجاوز حدود الذوبان تتكون مجموعة محاليل مثل$Al\ Mg_2$ تظهر على أطراف الحدود البلورية وعموما فان انخفاض نسبة المغنيسيوم توثر سلبا على مقاومة التآكل و الخواص الميكانيكية للمسبوكة [5]

2- 3فحص وقياس الحجم الحبيبي

طورت الطريقة المساحية من قبل جفريس (Jeffrece) في قياس عدد الحبيبات لوحدة المساحة حيث ترسم دائرة بقطر 80 ملم فوق الصورة و نقوم بحساب عدد الحبيبات التي يمر بمحيط الدائرة و عدد الحبيبات داخل الدائرة و تقاس قوة التكبير للمجهر

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ونطبق المعادلة آلاتية لحساب الحجم البلوري [7]

$$G_S = \frac{10^6.A}{M^2(X+0.67Y)} \quad \text{——}$$

حيث A المساحة M قوة التكبير ألمجهري ,,X عدد الحبيبات داخل الدائرة , Y عدد الحبيبات التي يقطعها محيط الدائرة

3- الجانب العملي

3-1 السبيكة المستخدمة

في البحث الحالي تم استخدام سبيكة الألمنيوم –مغنيسيوم المصنفة 512 حسب تصنيف ASM إذ تم إجراء التحليل الكيمياوي لها بجهاز X-Ray Florescent كما مبين في الشكل رقم (3) ويوضح الجدول رقم(1) التركيب الكيمياوي للسبيكة و أما الجدول رقم (2) يوضح الخواص الميكانيكية للسبيكة [8]

3-2 تصميم المسبوكة

تم تصميم المسبوكة على شكل اسطوانة قطرها (4) سم و ارتفاعها (10) سم وبعد حساب الحجم والمساحة السطحية لها وقد تم عمل نموذج صلب ثلاثي الإبعاد ببرنامج AutoCAD 2009 كما مبين في شكل رقم (4) من ثم تم حساب معامل المقطع حسب المعادلة الآتية[9]

$$m_c = \frac{V_c}{A_c} \quad \text{————} \quad (2)$$

حيث Vc يمثل حجم المسبوكة و Ac يمثل مساحة المسبوكة بعدها تم حساب زمن التجمد حسب قانون جفرنفوف

$$T_c = K(M_c)^n \quad \text{——} \quad (3)$$

حيث تعرف K=2 و N=2 ثوابت تعتمد على نوع السبيكة لسبائك الألمنيوم [10] و M_c معامل المقطع للمسبوكة (سم)

3-3 تصميم منظومة الجريان

استخدمت منظومة جريان تكون مشتركة لجميع القوالب من ناحية تصميم الحوض تم تغير شكل المصب و طول المجرى كما تم تغيير مساحة البوابة من قالب إلى أخر ,تم الاستعانة بالحسابات الآتية لتصميم منظومة الجريان

المصب : هناك نوعان من المصبات كان مصب القالب الأول اسطواني الشكل أما القالب الثاني فقد كان مخروطي الشكل كما موضح في الشكل (4) وتقاس مساحة مقطع المصب حسب العلاقة الآتية[9]

$$\frac{A}{Ab} = \sqrt{\frac{H1}{H}} \quad (4)$$

حيث

A المساحة في بداية المصب (سم^2)

A_b المساحة في نهاية المصب (سم^2)

H1 ارتفاع المصب و الحوض (سم)

H ارتفاع المصب(سم)

1. المجرى : لحساب سرعة الجريان تم الاستعانة بقانون الاستمرارية واستخدام عدد رينولدز للتاكد من سلامة الجريان [9] وكما في المعادلة

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 \quad \text{——} \quad (5)$$

حيث Q مقدار الجريان (سم^3/ثانية)

A_1 مساحة المقطع الأول سم ^{2}

A_2 مساحة المقطع الثاني سم ^{2}

V_1 سرعة المعدن المنصهر في المقطع الأول سم/.ثانية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

V_2 سرعة المعدن المنصهر في المقطع الثاني. سم/ ثانية .

$$\mathrm{Re} = \frac{vdr}{h} \qquad (6)$$

حيث ρ الكثافة (غم /سم ^{3})
η اللزوجة (باسكال .ثانية)
υ سرعة جريان المعدن (سم . ثانية)
d عرض المجرى (سم)

2. تصميم البوابة تم استخدام نسبة 1:2:2لحساب البوابات (وهي مساحة مقطع المصب إلى مساحة مقطع المجرى إلى مساحة البوابة) $\sum Ag : \sum A1 : \sum Ab$
حيث
Ab المساحة في نهاية المقطع (سم^2)
A1 المساحة لمقطع المغذي (سم ^{2})
Agمساحة مقطع البوابة (سم^2)

كما تم تصميم مغذي اسطواني لاستكمال منظومة الصب بقطر 2سم و ارتفاع 13 سم واذ تم حساب معامل مقطع المغذي تبعا للعلاقة الاتية

$$m_r = \frac{V_r}{A_r} \qquad (7)$$

وكما تم حساب زمن تجمد المغذي حسب قانون جفرنفوف

$$T_r = K(M_r)^n \qquad (8)$$

حيث K=2 و N=2 من الجداول لسبائك الألمنيوم [10] و M_r معامل المقطع للمغذي (سم)
وقد تم الاستعانة ببرنامج Excel 2007لانجاز حسابات التصميم على جدول الالكتروني كما مبين في شكل رقم (5) و ببرنامج AutoCAD 2009لإعداد رسوم هندسية للقوالب التي تم تصميمها المصممين كما موضح في الاشكال رقم (6) و (7) و (8) و يلاحظ الاختلاف في التصميم .من حيث شكل المصب فالمنظومة الاولى كان المصب اسطوانيا و طول المجرى 4 سم اما المنظومة الثانية فيكون شكل المصب مخروطياً و طول المجرى هو 2.5 سم .

3 - 4 إعداد القوالب

تم عمل نموذج للصب من الخشب ومن ثم تم إعداد قوالب سباكة رملية يرمز لها ب M1,M2 يبين الجدول رقم (3) نسبة المواد المستعملة في إنتاج القوالب الرملية وتم عمل تصميم مختلف في إبعاد منظومة الجريان في عمق و طول المجرى لكل قالب حسب نموذج الحسابات كما مبين في الأشكال (6) و (7) وبعد استكمال عمل القوالب الرملية لكل منظومة تم تجفيف القوالب بشعلة غازية للتخلص من التأثير السيئ للرطوبة على القوالب ولجعل القالب أكثر تماسكا .

3 - 5الصهر والصب

تم صهر 1.5 كغم من مسبوكة Al-Mg في فرن كهربائي كما مبين في الشكل (9) ,هذا الفرن مجهز رقمي ومرتبط بمتحسس حراري Thermo Couple يربط في القالب لقياس درجة حرارة المسبوكة كما مبين في الشكل (9) بعد انتهاء عملية الصب توخذ المسبوكات ويتم اجراء عملية التشغيل عليها لفصل الزوائد ولتنعيم السطح للحصول على سطوح جيدة و يوضح الشكل رقم (10) شكل المنتج بعد إجراء عملية التشغيل .

3 - 6 قياس الحجم الحبيبي

تم قطع عينتين لتحضيرها للفحص المجهري وتم إجراء عمليات التنعيم Grindingو الصقل Polishing ثم الإظهار Etching باستخدام محلول

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

حامض الهيدروفلوريك المخفف بالماء HFومن ثم فحص العينات في المجهر الضوئي من نوع Bel Techine يتم اختيار ثلاثة مناطق من البنية المجهرية التي تم الحصول لرسم ثلاثة دوائر بقطر 80 ملم لحساب عدد الحبيبات داخل و في محيط الدائرة كما هو مبين في الشكل رقم (12) .

4-دور الحاسوب

يتم الاستعانة ببرنامج Excel لجدولة قراءات كل عينة واخراج الجدول الالكتروني الخاص بكل منظومة كما مبين في شكل (13) ومن ثم يتم الاستعانة بتطبيقات الماكرو (Macro Application) لعمل برنامج بلغة VBA يتم بواسطته اخذ الوسط الحسابي لقراءات العينات وتطبيق طريقة الدوائر حسب المعادلة رقم (1) و كما موضح في الشكل رقم (15) وملاحظة تكرار هذه العملية لكل العينات بعمل علاقة ببرنامج Excel عبر تطبيق المعادلة رقم (1) و إدخالها ضمن برنامج بلغة VBA كما موضح في شكل رقم (15) .

5-النتائج و المناقشة

1. كانت حسابات الجريان لعدد رينولدز في الحد الأمن للعينة C2 و قيمته 2400 و 2800 للعينة C1 كما يبين الجدول رقم (4) إي دون 3000
2. كان زمن التجمد للمغذي اكبر من زمن تجمد المسبوكة وهو شرط أساس لقبول التصميم أي أن عملية التصميم سليمة
3. كما خلت عمليتي الصهر و الصب من أية تأثيرات كان من الممكن لها أن تسبب عيوب لعملية التجمد
4. كما بين الجدول رقم (3) القراءات المستخلصة من قياس الحجم الحبيبي للعينات ويبين الشكل رقم (13) منحني التبريد(Cooling Curve) الذي يمثل العلاقة بين درجة الحرارة و الزمن
5. وعند مقارنة النتائج يمكن استنتاج الأتي :

عند استخدام مجرى صب بشكل (مسلوب) و بطول مجرى (2.5) سم و كان الحجم الحبيبي (1.362188) لذا فان البنية المجهرية كانت حبيبات ناعمة كما لوحظ كما لوحظ إن البنية خالية من العيوب مقارنة بحجم حبيبي (1.475686) أي الحصول على حبيبات خشنة عند استخدام مجرى صب بشكل اعتيادي و طول مجرى (4 سم)

6-الاستنتاجات

1. أدى استخدام طول المجرى القصير (2.5 Cm) إلى الحصول إلى نتائج أفضل من استخدام مجرة كبير بطول (4 cm)كانت البنية المجهرية اصغر وعيوبها اقل وكان قياس الحجم الحبيبي ما يودى إلى الحصول إلى نتائج ميكانيكية جيدة
2. أدى استخدام المصب المخروطي إلى الحصول إلى نتائج أفضل من استخدام المصب الاسطواني .

7- المصادر

[1]Gulyupoglu.S."Casting Process Guidelines", American Foundrymen society Transactions Vol. 97,No 83,1998 ,USA , pp 860-876

[2]Fuoco.Ricardo "the effect of Gating system on Aluminum gravity Casting" Modern

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Casting, vol. 6, No 3 , 2007,AFS, USA,pp512-533

[3]Lukman.A, Smith.R.W, Sahoo.M" Improved conditioning & filtirazation to Improve Feeding Distance & the Quality of Manganese Bronze Sand Cast ",AFS Transactions,Vol.110 No.2,2002 ,American Foundrymen Society ,USA, PP1-16

[4]Masoumi.m ,Hu.H ,Hedjazi.J, ,Boutorabi.M.A," the effect of casting system on mold filling" AFS Transactions,No.5,Vol.152 ,2005,AFS ,USA ,PP401-433

[5]الخزرجي,قحطان خلف محمد "الالمنيوم وسبائكه "الطبعة الاولى , دار دجلة, بغداد, العراق ,2009

[7]American Society of Materials , ASM Metal Handbook Volume 15: Casting , American Society of Materials , Metal Park ,Ohio ,USA , 1996

[8]الحيدري .جعفر طاهر " اختبارات المواد الهندسية " الطبعة الاولى , دار المعتز ,عمان الاردن , 2006

[9]American Society of Materials , ASM Metal Handbook Volume 2:Non Ferrous alloys , American Society of Materials , Metal Park ,Ohio ,USA , 1996

[10]خضر . عبد الرزاق اسماعيل " تكنولوجيا السباكة "الطبعة الاولى, الجامعة التكنولوجية , بغداد و العراق 2000,

[11]Campell. John "Metallurgy of Casting", 3rd edition ,Butterworth –
[6]Heinhiem ,London , UK ,2002

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول رقم (1)ا لتركيب الكيميائي لسبيكة الألمنيوم –مغنيسيوم 512

Al	Mg	Mn	Zn	Si	Ti	Al
0.15%	5%	0.10%	0.15%	0.35%	0.1%	Rem

جدول رقم(2) الخواص الميكانيكية لسبيكة الألمنيوم -مغنيسيوم [6]

الخواص الميكانيكية	
اجهاد الشد	145 MPa
الصلادة (برينل)	50(HBN)
الاستطالة	3%
اجهاد الخضوع	95 MPa
معامل المرونة	71 GPa

جدول رقم (3) تركيب رمال القالب

المادة	النسبة %
رمال سيلكا	98
مواد رابطة	2

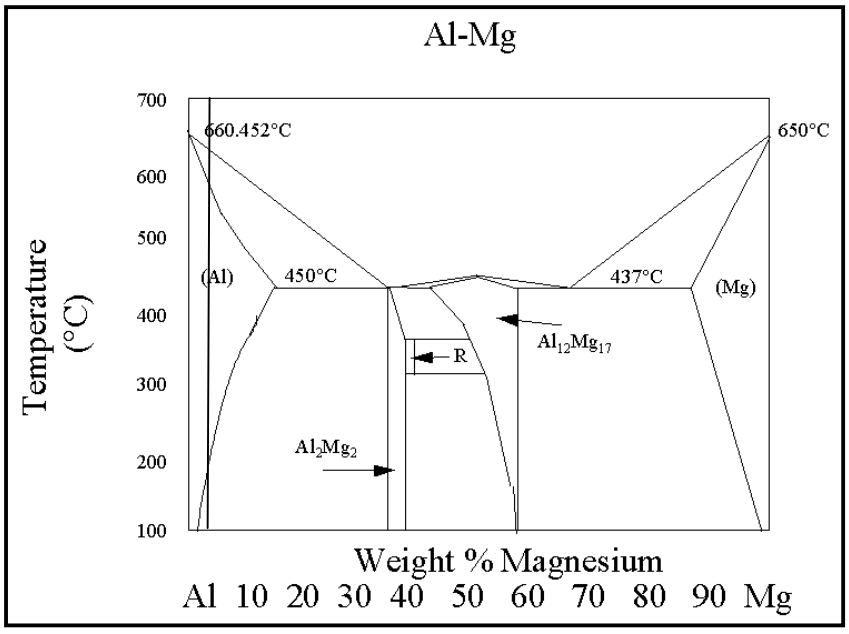
جدول رقم (3) حسابات الحجم الحبيبي

العينات	G	G	G	MG
C1	1.42163	1.363722	1.280478	1.362188
C2	1.45	1.46	1.48	1.475686

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

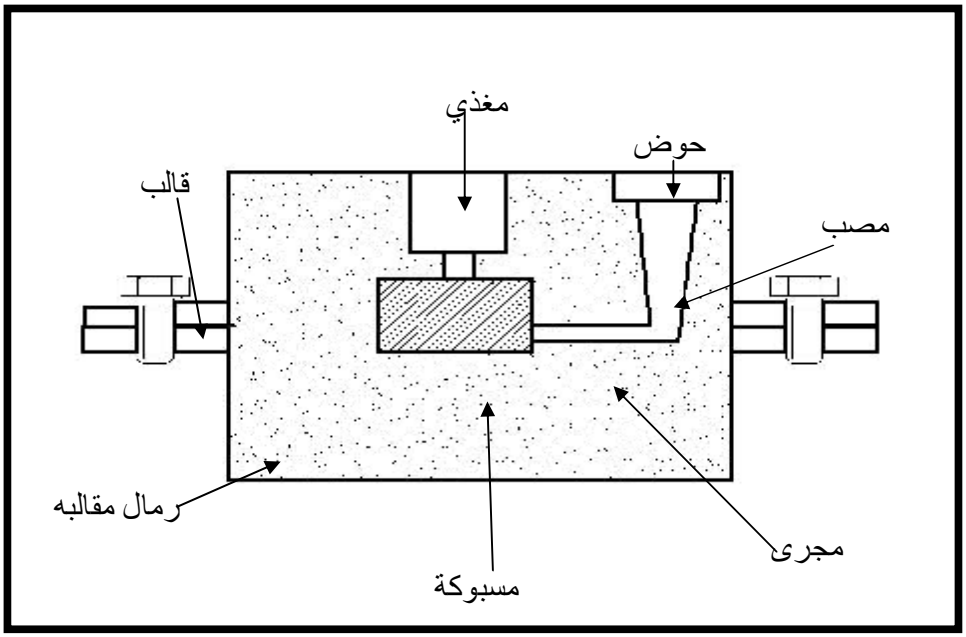
جدول رقم (4) نتائج حسابات التصميم

M1	M2	
2	2	basin radius (cm)
12.56	12.56	basin area (cm)
7	7	sprue height (cm)
9	9	sprue+ basin height
14.2417	12.56	Sprue top area(mm^2)
9.396276	9.396276	sprue bottom area (mm^2)
14.09441	14.09441	flow rate
6.28	6.28	runner area(mm^2)
3.14	3.14	gate area (mm^2)
2800	2420	Reynolds Number

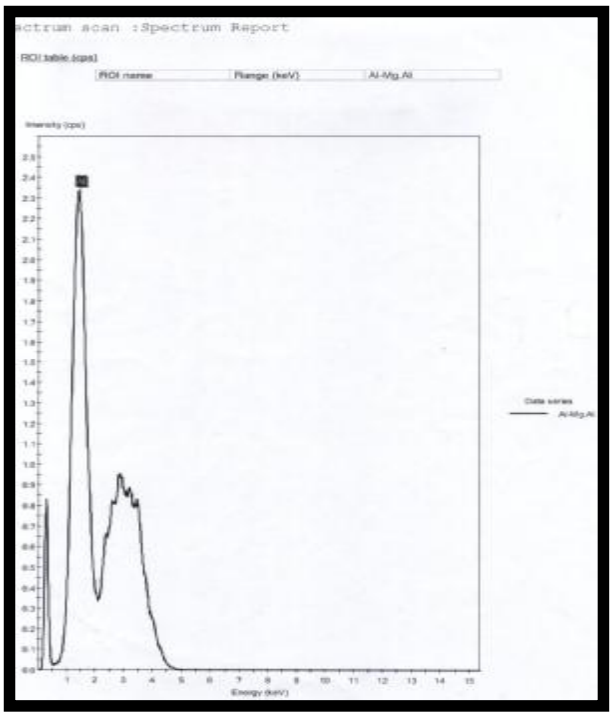


شكل رقم (1) مخطط توازن الالمنيوم- مغنيسيوم

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

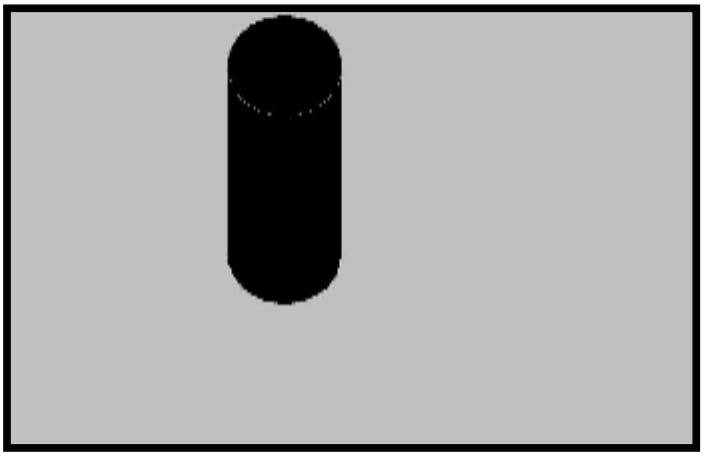


شكل رقم(2) مكونات منظومة الجريان

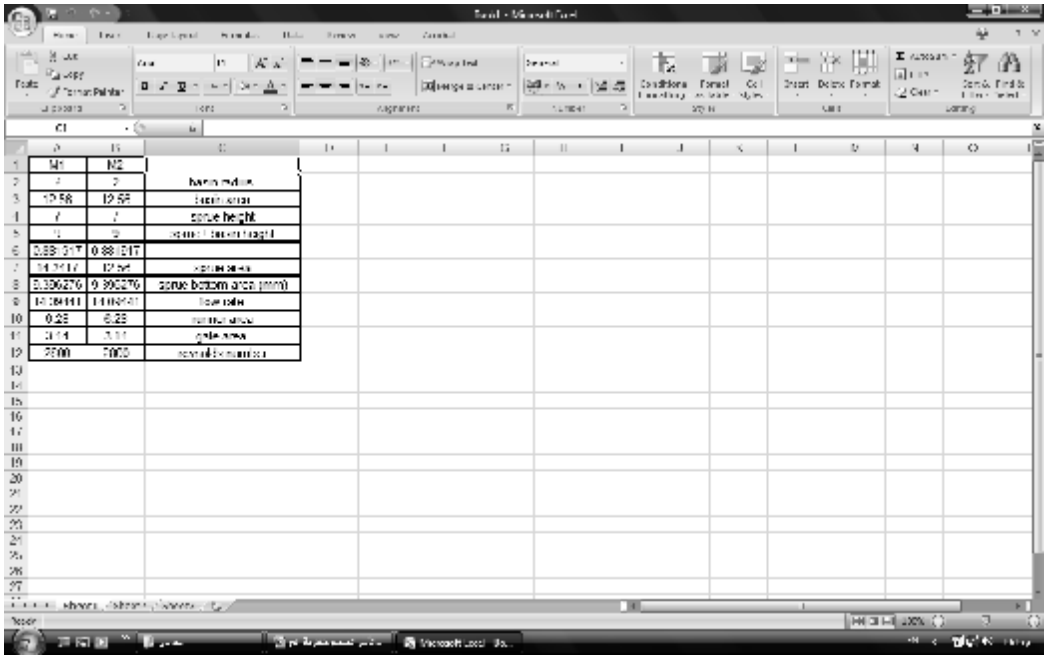


شكل رقم (3) التحليل الكيمياوي لعناصر سبيكة Al-Mg

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

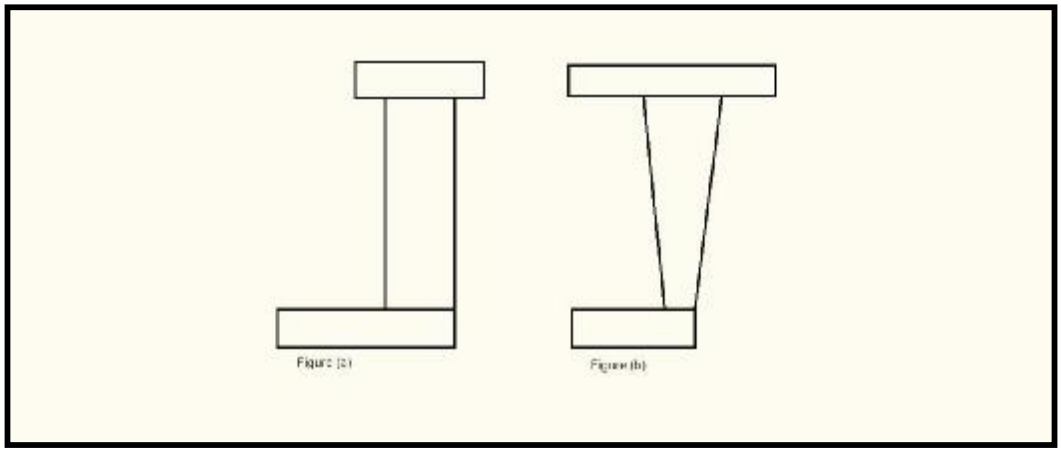


شكل رقم (4) نموذج صلب للمسبوكة

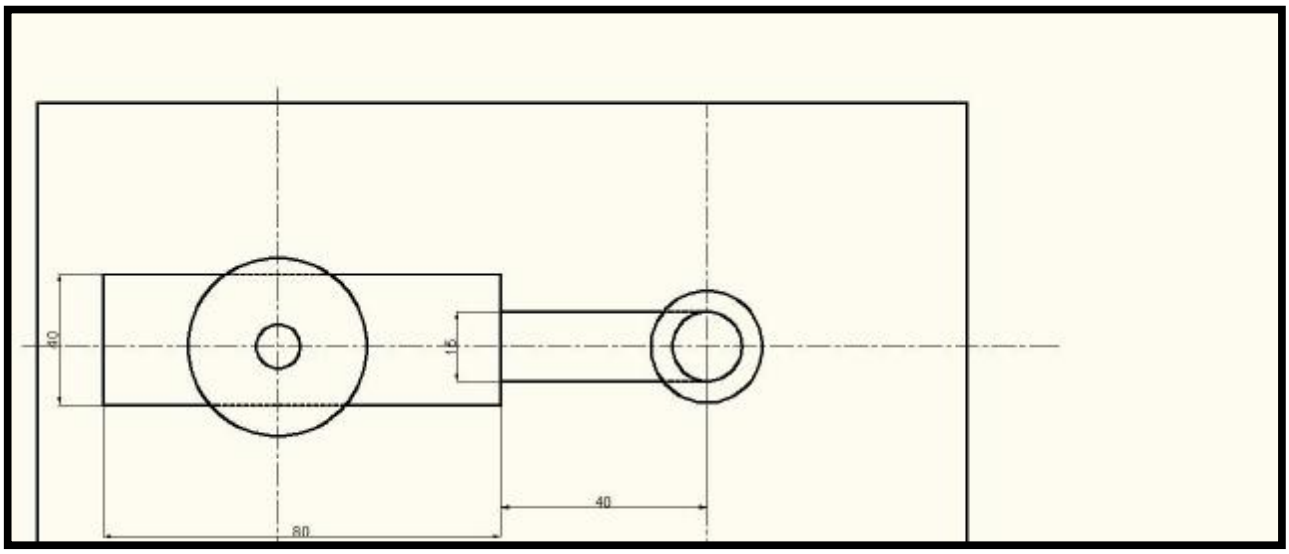


شكل رقم(5) حسابات التصميم

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

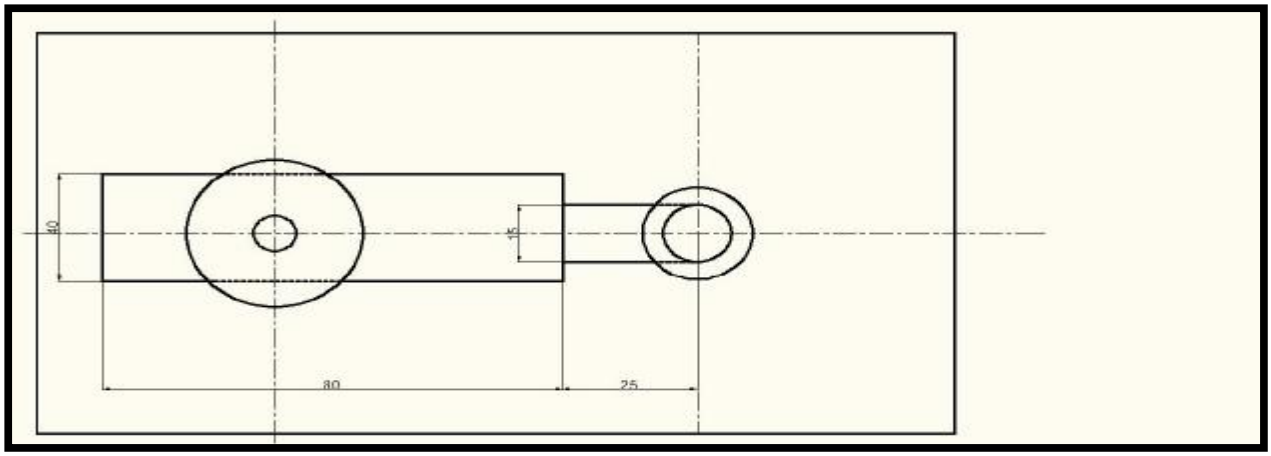


شكل رقم (6) **المصب لكل منظومة (a) القالب الأول (b) القالب الثاني**



شكل رقم (7) مسقط علوي القالب الأول

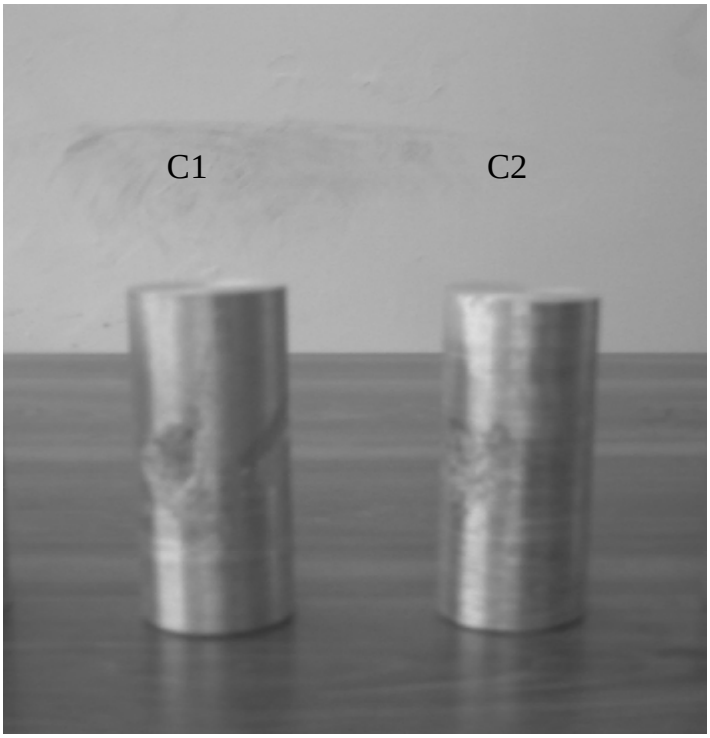
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



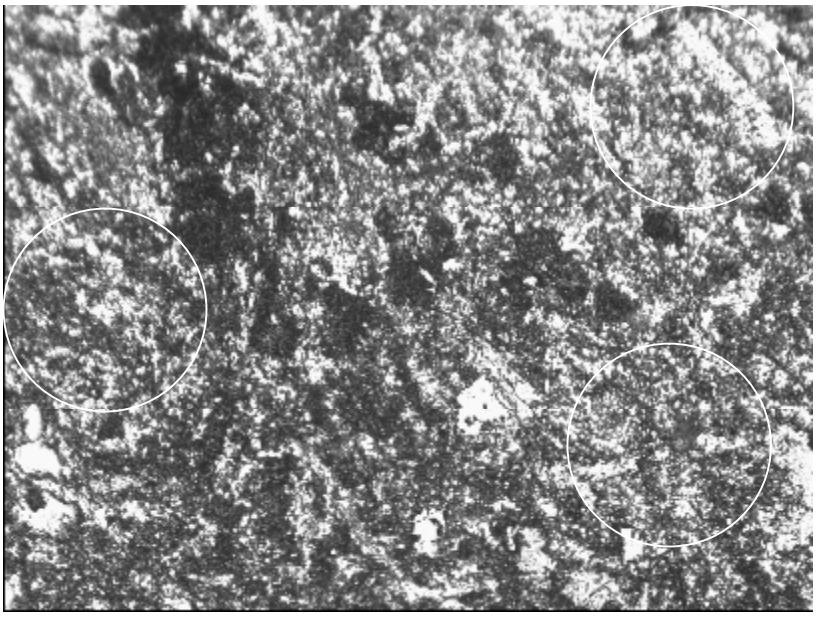
شكل رقم (8) مسقط علوي للقالب الثاني

شكل رقم (9) الفرن المستعمل

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

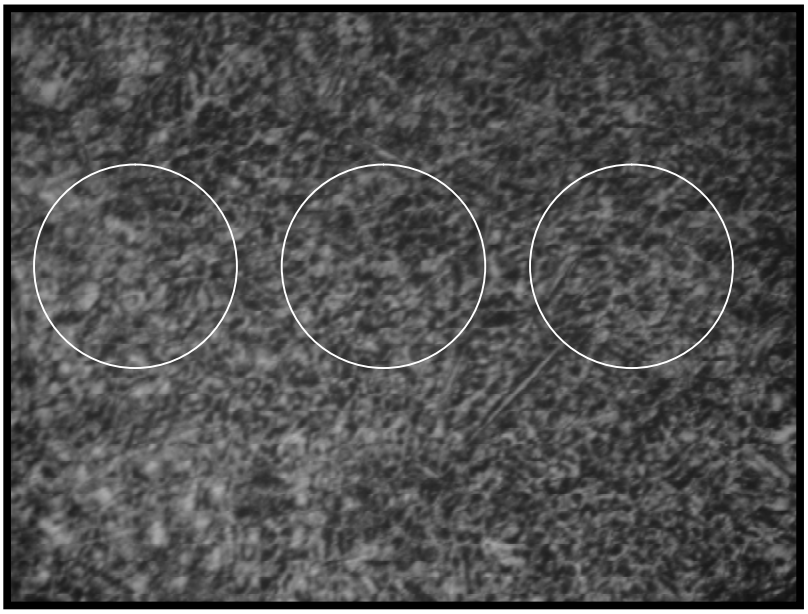


شكل رقم (10) العينات بعد تشغيلها

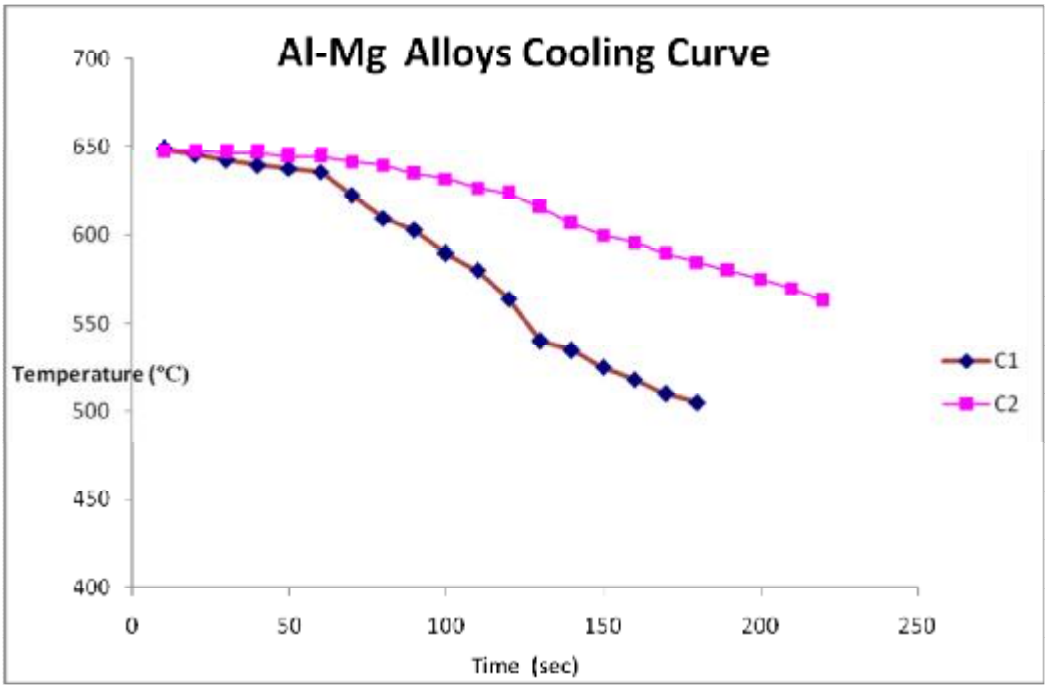


شكل رقم (11) البنية المجهرية للعينة الاولى قوة التكبير (X 350)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

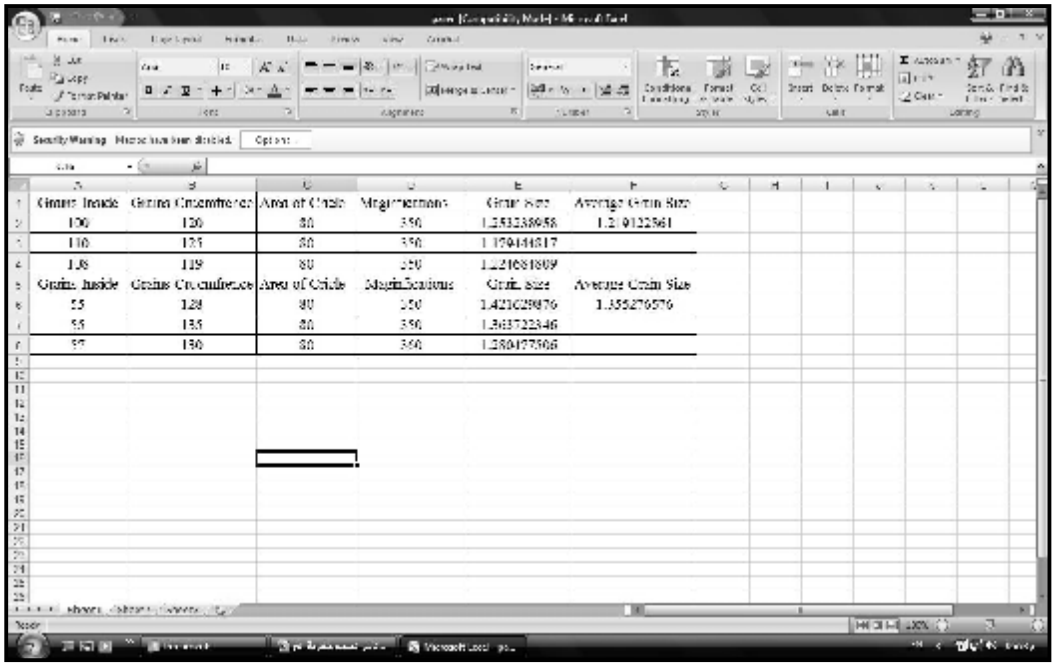


شكل رقم (12) البنية المجهرية للعينة الثانيةقوة التكبير (X350)

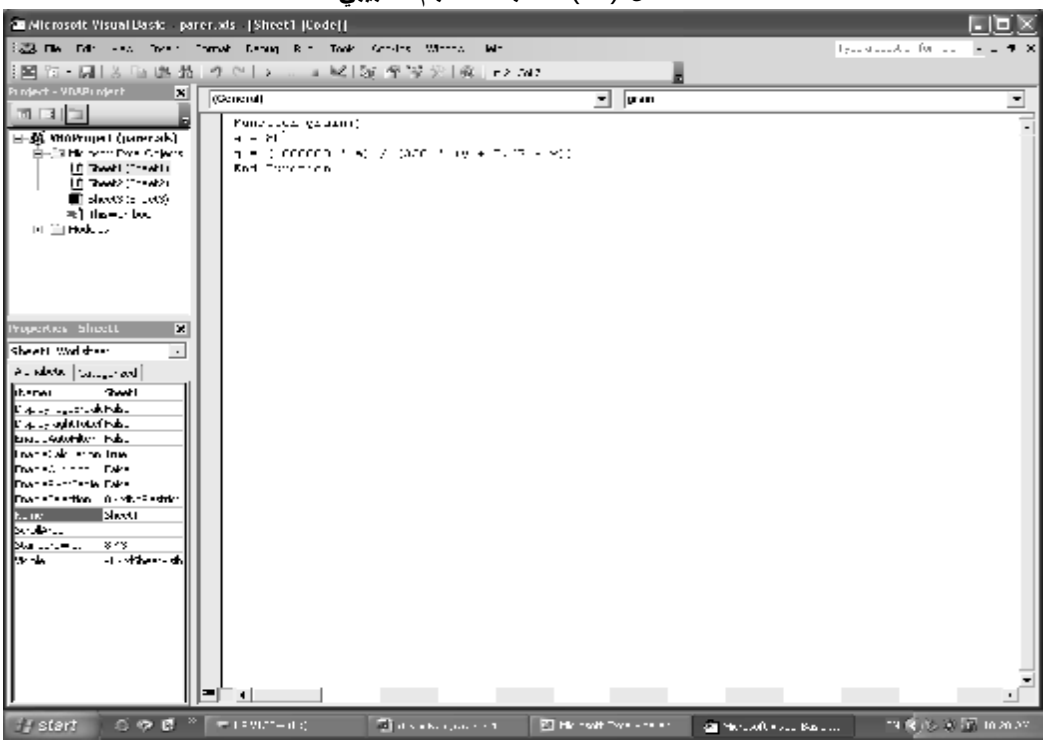


شكل (13) منحني التبريد كلا المسبوكتين

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (14) حسابات الحجم الحبيبي



شكل رقم (15) واجهة البرنامج بلغة VBA

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com