تصميم منظومة جريان لقالب سباكة معدنية بمساعدة الحاسوب

رعد سهيل احمد عدنان *

تاريخ التسلم:2008/4/6
تاريخ القبول: 2008/4/3

الخلاصة

ان السباكة في القوالب المعدنية هي عملية تتطلب حسابات دقيقة عالية تكون نسبة الخطأ إلى أدنى حد تم اللجوء إلى الحاسوب في تصميم القوالب المعدنية وهذا البحث هو محاولة إلى تصميم منظومة سباكة لقالب سباكة معدنية بمساعدة الحاسوب لغطاء مروحة حرارية (Thermo-fan housing) مصنع من سبيكة الألمنيوم- سيليكون A380 Al-Si و لكون الألمنيوم من المعادن ذات الكثافة القليلة فان تصميم منظومة السباكة يكون صعبا إضافة إلى الموصلية الحرارية العالية للألمنيوم و انخفاض كمية الحرارة المتحررة أثناء التجمد آو انصهار يجعل تصميم المجرى اكثر صعوبة لهذا نستعين الحاسوب للحصول على تصميم ناجح عبر إعداد نموذج رياضي لعمل برنامج بلغة Visual Basic 6 يضم المعادلات اللازمة لعمل هذه المنظومة من حساب الطول ومساحة البوابة زمن الامتلاء ومن ثم يرسم القالب ببرنامجAutoCAD2007 وكما تم إنجاز رسم هندسي ثلاثي3D الإبعاد للمسبوكة و المنظومة وذلك لأهميته للمسبوكة والمنظومة لتكون اكثر وضوحا للمصمم ويتم عمل نموذج صلب لهاSolid Model والقيام بعملية تبادل بيانات DXF

كلمات مرشدة : سباكة معدنية, مغذيات بوابات صب , تصميم بمساعدة الحاسوب

Computer aided design of runner & gate in die casting

Abstract

Die Casting is a high tolerance process due to the high Accuracy of Data to reduce the error factor as much as possible the objective of this paper is to design an Aluminum A380 thermo-fan, Aluminum is a low Density ,High Thermal Conductivity & the low Heat in solidification makes the runner design more difficult, computer Solution in Visual Basic is needed to make a Model of the necessary Equations to Calculate Length ,Depth of Runner , Gate's width & Solidification time Porosity , Computer Graphic is also Aided by drawing the die & making 3D Solid Model Done with AutoCAD so that later will be linked to the program , Creation of DXF Files was performed

قائمة بالرموزالمستخدمة بالبحث

t_g	زمن الصب (ثانية)
Q	حجم المعدن السائل (سم^3)
V_g	السرعة (سم/ثانية)
A_g	مساحة البوابة (سم)
t	زمن الصب (ثانية)
Ar	مساحة المجرى (سم^2)
Rd	عمق المجرى (سم)
Q	حجم الجريان (سم^3)
K	السعة الحرارية للمادة (KJ/Kg)
j	مقدار الحرارة المتحررة من المجرى (J)
T_d	درجة حرارة القالب (K°)
T_m	درجة حرارة المعدن (K°)
S	الحرارة النوعية (J/Kg.K)
X	نصف مساحة المسبوكة (سم^2)
ξ	سمك المسبوكة (سم)
Φ	الانتشارية الحرارية (J/cm)
T_p	درجة حرارة الصب (K°)
η	ثابت بين (0-1)

* قسم هندسة المواد /الجامعة التكنولوجية

https://doi.org/10.30684/ etj.26.10.14
University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq/2412-0758

Ac مساحة السطحية للمسبوكة ($سم^2$)
λ_g الموصلية الحرارية (W/m.K)
L_g معامل حراري
D و قطر التجويف سم

الجانب النظري

السباكة في القوالب المعدنية تمتاز باختلاف ثوابتها عن طرق السباكة الاخرى, ان مصدر الطاقة المحرك هو العنصر الاساسي لحركة المعدن السائل حيث يمتص القالب اجهادات الحقن و يسهل ازالة المنتج من القالب ان تصميم منظومة البوابات له عدة وسائل و من الضروري
ملاحظة الاتي

1. شكل المنتج
2. جودة السطحين الخارجي و الداخلي للقالب
3. الخواص الميكانيكية
4. التركيب الداخلي للمنتج
5. درجة حرارة القالب
6. مقدار التعرية التي يصنع منها القالب
7. المادة المصنوع منها القالب
8. تهوية القالب

وتكون منظومة المغذيات في قوالب السباكة المعدنية مكونة من

1- غرفة حقن المعدن Metal Injection Chamber
2- المجرى و المصب و البوابة Sprue, Runner & Gate
3- الزوائد Over Flow

و نظرا لا همية السباكة في القوالب المعدنية في التطبيقات الهندسية المختلفة فقد تركزت البحوث على ادخال الحاسوب في هذه العملية بقيام J.H. Park, et al[1] في استخدام الحاسوب في تصميم قوالب السباكة المعدنية و كذلك Chang-Ho Kim, و Tack Hwan Kwoan [2]في تصميم مغذيات وبوابات صب لقالب سباكة معدنية باستخدام الحاسوب و كذلك Tikhomirov [3] في حساب زمن التجمد و دراسة انتقال الحرارة بين قوالب معدنية و Danailov و Datakov [4] في دراسة أسلوب وضع بوابات الصب ,و كذلك كل من Ngam و Lam [5] في تصميم قالب السباكة لإنتاج مروحة زورق Impeller , السباكة المعدنيةعملية تختلف فيها آليات تصميم القالب عن طرق السباكة كون المنتج ذو سطح ناعم وبدقة عالية وكذلك الكلفة العالية تجعل الحاجة إلى تصميم دقيق بالحاسوب و تعد سبائك الألمنيوم و الزنك و المغنيسيوم هي الأكثر تفضيلا في هذا النوع من السباكة [6]. هناك ثلاثة محاور اساسية في العمل

1- اختيار سبيكة المعدن للمنتج
2- اختيار شكل الممرات والبوابات و الزوائد
3- اختيار المعادلات الضرورية للبرنامج لبناء النموذج الرياضي

1-اختيار السبيكة

المنتج المستخدم هنا هو غلاف معدني لمروحة حرارية (Thermo Fan Housing) وتستخدم في أجهزة التدفئة و يبين الشكل (1) رسم هندسي بأبعاد المنتج الذي يبلغ وزنه 6 كغم و تفضل سبائك الالمنيوم و المغنيسيوم و الزنك للسباكة في القوالب المعدنية[6] لكون خواصها الاكثر ملائمة خصوصاً الخواص الحرارية حيث يتطلب توفرالخواص التالية في السبيكة المطلوبة :

1. موصلية حرارية عالية
2. لمواصفات الأداء الميكانيكي الجيد يجب أن تكون السبيكة قوية (Strong) وجسئة (Stiff)
3. يجب أن تكون السبيكة سهلة التشغيل
4. آن تكون السبيكة غير سهلة التجمد و ذلك لتفادي العيوب (الغلق البارد و الفجوات) وسهلة المالأ للقالب (Easley Die Filling) في عملية السباكة المعدنية

يبن الجدول 1 الخواص المطلوبة للمنتج ,اجريت الدراسة على سبيكتين للمنتج الاولى من سبائك الألمنيوم والثانية من سبائك الزنك لإنتاج غلاف المروحة من سبائك الألمنيوم تفضل السبيكة A380 آو من سبائك الزنك تفضل السبيكة ZA8 و حسب تصنيف

الجمعية الأمريكية للمـواد ASM فالسـبيكة A380 تفضل اكثر بسـبب سـيولتها العاليـة ومقاومتها الجيدة للتشقق على الساخن وقابليتها العالية على التشغيل ا وتفضل على باقي سبائك الألمنيوم مثل 383, B390 آمـا السـبيكة ZA-8 فتفضل بسبب احتوائها علـى نسـبة ألمنيوم عالية و مقاومتها العاليـة للزحـف و صلادتها العالية و تفضل على باقي السـبائك مثل ZA-12,ZA-27 ولاختيـار السـبيكة بمقارنة الخواص المطلوبة للمنتج مع السـبيكة المختارة كما موضح في جدول (1)وشكل(2) نلاحـظ إن سـبيكة ألمنيـوم A380 هـي اكثرملائمة للمنتج من سبيكة الزنك ZA-8 وذلك لان الزنك اقل بنسبة 4% من مـاهو مطلوب لتحقيق الموصلية الحراريـة للمنـتج كما إنه يعطي خسارة في الوزن كما انه اثقـل بنسبة 150% من الالمنيوم

2-اختيار شكل الممرات والبوبات و الزوائد

بعد الانتهاء من مرحلة اختيار السـبيكة تـأتي مرحلة اختيار شكل الممـرات و البوابـات و موضع البوابة عند القالب و يراعى في التصميم إمكانية السيطرة على الجريان في القالب عنـد تصميم البوابة فالسيطرة على جريان المعدن يعد العنصر الاساس في اختيار شكل المجرى لكـي يكـون جريـان المعـدن منتظمـا ولايحـدث اضطراب في الجريان و لايحتجز الغـازات و لايستغرق زمن وصول المعدن إلى القالب وقتا طويلا داخل القالب ,كما ان موقع المنظومة مهم جدا في تحديد نوع الجريان

هناك خياران في تصميم المجرى

1- البوابة من الجانب : هذا الخيار تكون البوابة في الاسـفل للمسـبوكة علـى السطح الخارجي يكون المجرى طويل الامرالذي يظهر احتماليـة الانغـلاق البارد (Cold Shuts) و عدم امتلاء القالب بشكل كامل .
2- البوابة في المركز : في هذا الاحتمال الثاني حيث تكون البوابة في المركـز بيحث يجري المعدن بانتظام و سرعة إلى جميع الأجزاء مما يحقق متلا تام لتجويف القالب و يكون هذا الخيارهو الصحيح

تتم بعدها مرحلة اختيار عـدد الزوائـد (Over Flow) وهي الفتحات التي تعمل كممرات تهوية ويتم الـتخلص بهـا مـن المعدن الزائد في تجويف القالب كما انهـا تقلص المسامية وتساعد على تحقيق ملـئ اجزاء القالب البعيدة عن المجرى وهنـاك احتمالان

1- زوائد بعدد 6 ويكون حجمها مناسب الا ان عددها قليل لايحقـق التهويـة المناسبة
2- زوائد بعدد 12 ويكون حجمها مناسب الا ان عددها الكثير يحقـق التهويـة المناسبة

ويفضـل اختيـار 12 ممـرا لتعمـل كفتحات تهوية, حيثما ان العدد اكبر يقـل المسامية ويتم امتلاء القالب حتى الأجـزاء البعيدة منه كما موضح بشكل(4)

3-اختيار المعادلات للبرنامج

3-1:تصميم المسبوكة

ويكون تصميم المسبوكة على مرحلتين

1- حساب المساحة السطحية و الحجـم للمسبوكة
2- حسـاب الـتقلص للمسـبوكة Shrinkage حسب المعادلة الاتيـة [7]

$$\triangle L = -\frac{\Delta l}{L_0} = \alpha(t_s - 20) - \alpha_f(t_f - 20)$$

حيث α معامل التمدد الحراري للمسـبوكة α_f معامل التمدد الحراري للقالب ts درجة حرارة السباكة للمـادة t_f درجـة حـرارة القالب في العملية .

3-2تصميم منظومة الصب

ويكون على ثلاثة مراحل بحساب المعـادلات لتصميم القالب على النحو الاتي

1- تصميم البوابة Gate Design

أ- حساب مساحة البوابة حسـب المعادلـة 1 حيث tg زمن الصب و Q حجم المعدن السائل وVg السرعة (سم/ثانية)[2]

$$A_g = \frac{Q}{V_g t_g} \qquad (1)$$

ب -حساب عرض البوابة من المعادلة 2 [4] (2)

$$L = \frac{A_g}{t} \qquad (2)$$

حيث Ag مساحة البوابة (سم) و t زمن الصب (ثانية)

2- تصميم المجرى Runner Design

اما تصميم المجرى بصورة عامة فيكون على النحو الاتي [2]

أ- مساحة المجرى Ar

$$Ar = Ag * 5 \quad (3)$$

حيث Ag مساحة البوابة ويستخلص منها عرض المجرى الذي يكون نسبة 1:1.5 إلى الطول

ب - عمق المجرى

$$Rd = (1.5-3)Wr \quad (4)$$

حيث Wr عرض المجرى (سم)

3- حساب حجم الجريان حسب المعادلة 5 [5]

$$Q = \frac{W}{\rho} \quad (5)$$

4- زمن الصب Tg حسب المعادلة 6 [3]

$$t_g = \frac{K}{j} * 0.7 \quad (6)$$

حيث K السعة الحرارية للمادة و j مقدار الحرارة المتحررة من المجرى

5- ويتم حساب مقدار الحرارة المتحررة من المعادلة الاتية [5]

$$j = \zeta \cdot S \cdot \frac{(T_m - T_d)}{X} \quad (7)$$

حيث T_d درجة حرارة القالب و T_m درجة حرارة المعدن S الحرارة النوعية و X نصف مساحة المسبوكة و ζ سمك المسبوكة

6- يتم حساب زمن التجمد للمسبوكة من المعادلة الاتية[3]

$$t_\sigma = \frac{J}{A_c \cdot \left[\phi \eta T_p + (1-\eta) \frac{\lambda_g}{L_g} T_p \right]} \quad (8)$$

حيث Φالانتشارية الحرارية و T_p درجة حرارة الصب η ثابت بين (0-1) J مقدار الحرارة المتحرره , Ac مساحة السطحية للمسبوكة, λ_g الموصلية الحرارية L_g معامل حراري و يحسب من العلاقة الاتية

$$Lg = \frac{H(1-\eta)}{2}$$

حيث H ثابت حراري من الجداول [3]

7- ويتم حساب عدد رينولدز من المعادلة الاتية [7]

$$\mathrm{Re} = \frac{LV_g\rho}{u} \quad (9)$$

ويكون عدد رينولدز للسباكة في القوالب المعدنية[8] دون 3000 يكون جريان المعدن السائل منتظم و اذا كان بين 3000 و 10000 يكون مضطرب و فوق 10000 يكون مضطرب جدا لذا يكون التصميم غير ناجح

8- كما يمكن حساب سرعة المكبس حسب المعادلة الاتية

$$V_p = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (10)$$

حيث Q مقدار التدفق و D قطر التجويف

دور الحاسوب

يتم اللجوء إلى الحاسوب في عملية السباكة لتفادي حالات المحاولة و الخطا التي تحصل خلال العملية وقد تم اعتماد اسلوب عمل للتصميم بمساعدة الحاسوب موضح بالشكل رقم (5)يبدا التصميم بعمل الرسوم الهندسية وعمل نموذج صلب (Solid Model) للمنتج كما في الأشكال رقم (6) و رقم (8) ثم تأتي اعداد الرسم الهندسي للقالب ببرنامج AutoCAD كما في شكل رقم (7) ثم عمل ملف DXF خاص بالمنتج ثم بعدها أعداد البرنامج

Visual Basic 6 بلغة (Die Design)

يضم المعادلات المذكورة سلفا يعمل البرنامج بحساب الابعاد للمنظومة حسب المعادلات التي ذكرت ثم يقوم بحساب مقدار الحرارة كما في

المعادلة رقم (7) ثم يقوم بحساب زمن الصب كما في المعادلة رقم (6) و زمن التجمد كما في المعادلة رقم (8) ثم يقوم بحساب عدد رينولدز كما في المعادلة رقم (9) حيث تكون نقطة اختبار البرنامج لنجاح التصميم حيث اذا كان دون 3000 يعتبر التصميم ناجحا وينتقل إلى حساب قطر فتحة المكبس اما اذا كان بين 3000 و 10000 يعطي المستخدم الاختيار للاستمرار او التوقف و اعادة التصميم واذا كان فوق 10000 يعاد التصميم من البداية , يوضح شكل رقم (9) المخطط الانسيابي للبرنامج كما توضح الاشكال المرقمة (10) و (11) واجهات الادخال و الاخراج للبرنامج كما استخدم نظام (OLE) ربط الاشكال لربط الرسم مع البرنامج مع امكانية سحبهاعلى الطابعة.

النتائج و المناقشة

عند تطبيق البرنامج تم الحصول على النتائج كما في الشكل رقم (11) حيث كان طول المجرى (15) سم و مساحة مقطع المجرى (9) سم و عرض البوابة (6) سم و زمن التجمد(12) ثانية و كان عدد رينولدز (2100) و مساحة البوابة (15) و مما يدل على سلامة التصميم إن عدد رينولدز دون 3000 وتم إعطاء إبعاد للقالب و ما يتناسب و شكل المنتج كما تم عمل نموذج صلب للقالب موضح عليه ابعاد المنتج

المصادر

[1]Park,J.K, Kown T.H, Choi J.C,Kim J,H ,"A study on Development of Die Design System for Die Casting" ,material & manufacture process ,Vol. 16 PP 789-801,New York,USA,2001

[2]Chang-Ho Kim, Tack ,Hwan .Kwon "A Runner gate Design System for die casting Die", material & manufacture process ,Vol. 16 PP 779-791,New York ,USA,2001

[3]Tikhomirov M.D "Heat Transfer Through The Casting Die Interface " Liteinoe Proizvodstvo, No 6 pp 19-18 , Moscow, Russia 1990

[4]Danailov D.N , Datkov F.I " Methods of in mold Gating removal in Die Casting " Liteinoe Proizvodstvo, No 6 pp 21 ,Moscow Russia, 1990

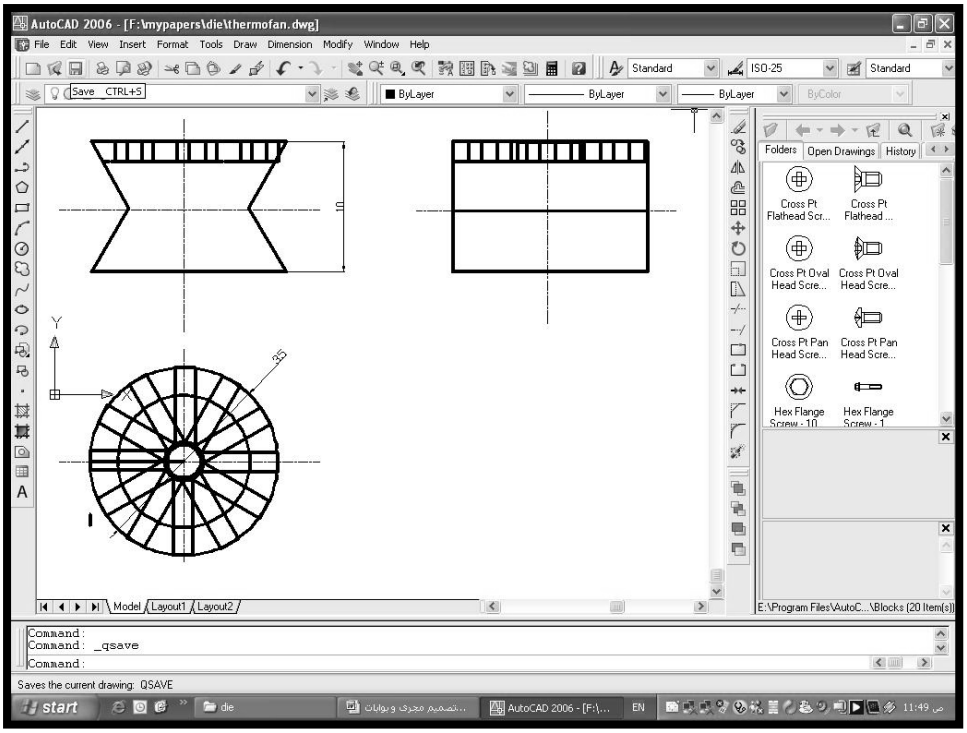
[5]Lan Y.L, Ngan L "A Micro-Computer Application In Mould Design" Computers in Industries No 6 ,pp 161-174, .Amsterdam, Netherlands ,1988

[6]Vetter R, Maijer D, Meade D, Huzmezan M , "Control Of Simulated Die Casting 2-Dimensional Finite element Model", AFSTransion No 160 pp72-80 ,Des Planes ,USA ,2004

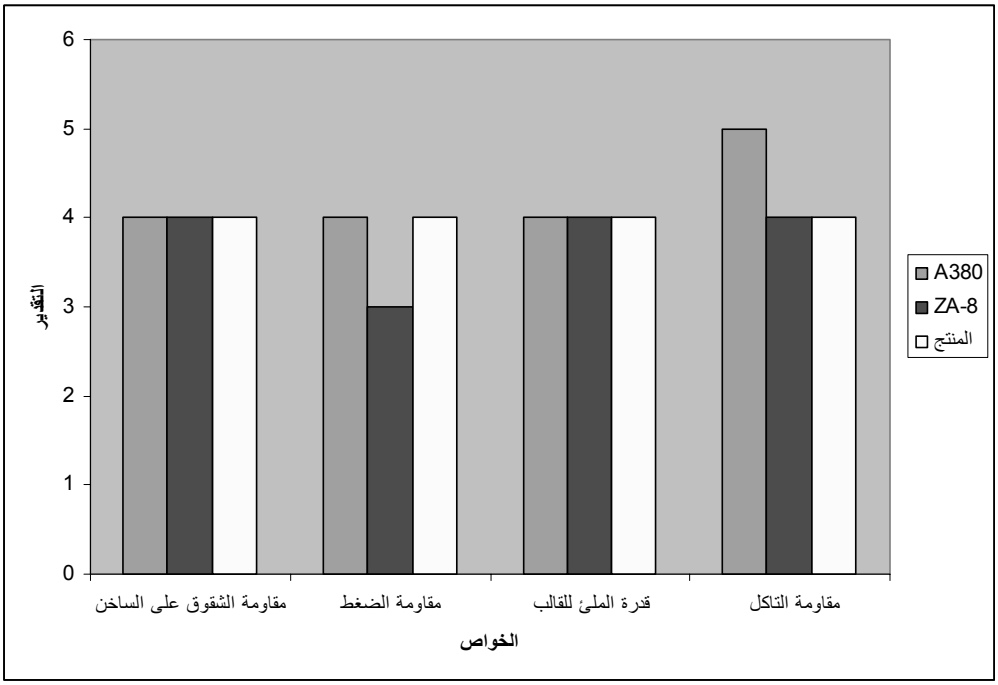
[7]Chul, woo. park, Yong Ho. Kim " A Study on the Design of Gating System for Semi-Solid Die-casting Process", International Journal of Korean Society of Precision Engineering, Vol. 4, No.2, march 2003

[8]Vistick ,Eduward " High integrity Die Casting " PP 12 ,John Wiely & Son , New York , USA ,2003

[9]ASM "Metal Handbook Vol 15 Casting' pp 291 ASM ,Metal Park ohio , USA ,1990



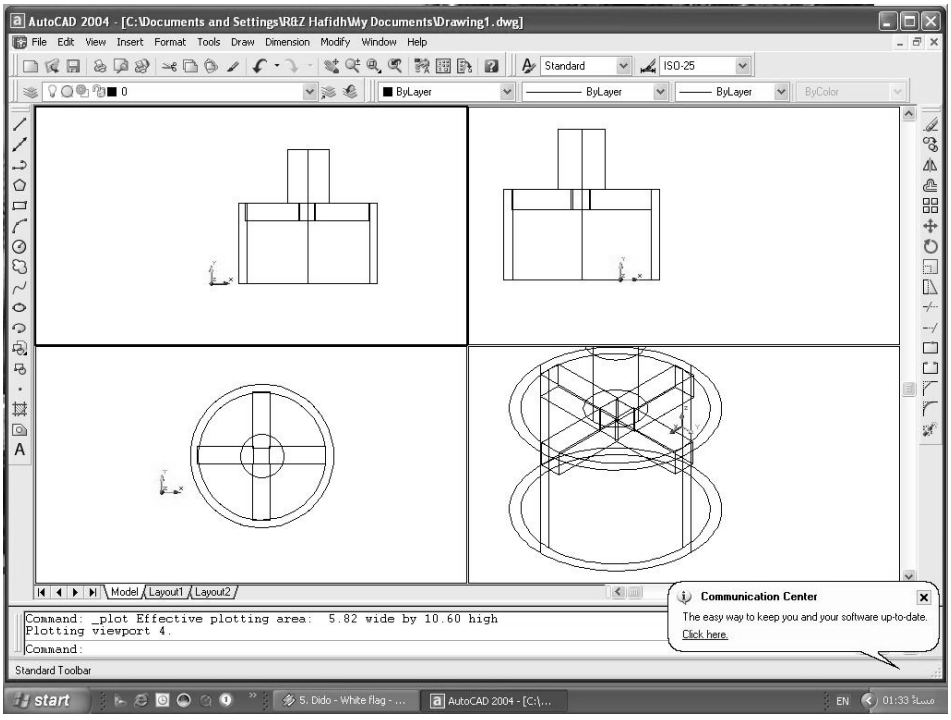
شكل رقم (1) الجزء المصمم مرسوما ب برنامج AutoCAD



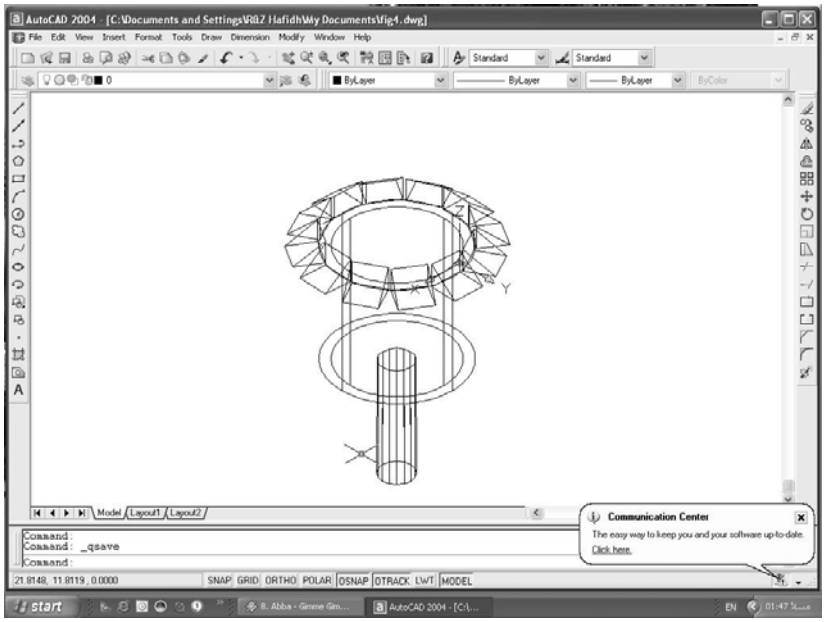
شكل رقم (2) خواص السبائك مقارنة بالمنتج

السبيكة / الخاصية	المنتج	A380	ZA-8
الكثافة (Kg/m^3)	<0.10	0.096	0.24
الموصلية الحرارية (W/m.K)	> 120	130	115
اقصى اجهاد شد (N/m^2)	>40	54	46
اقصى اجهاد خضوع (N/m^2)	>20	42	45
المطيلية	>3%	0.06%	0.04%
معامل المرونة (MN/m^2)	>10	10.2	10.3

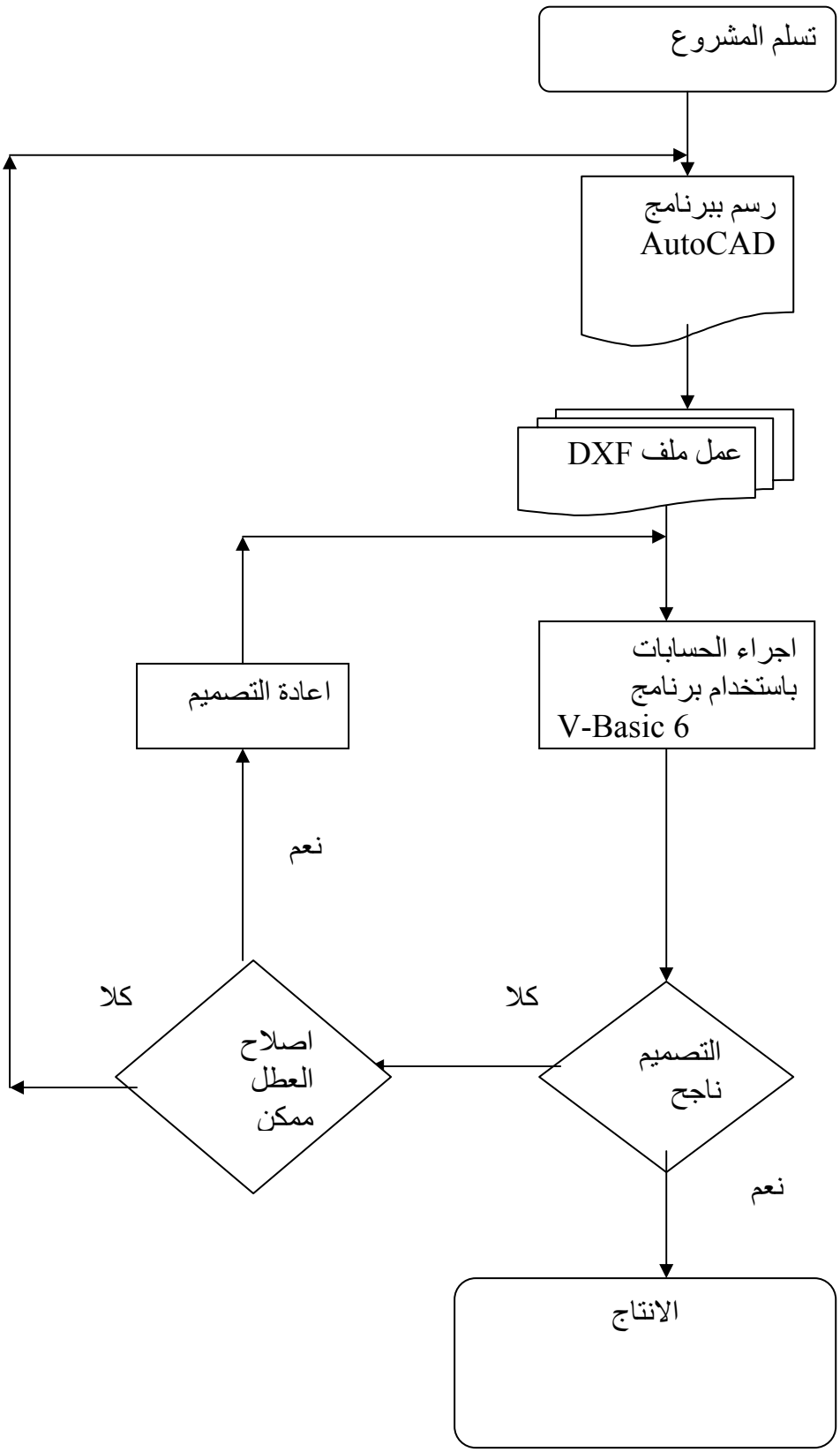
جدول رقم (1) الخواص الميكانكية للسبائك و المنتج



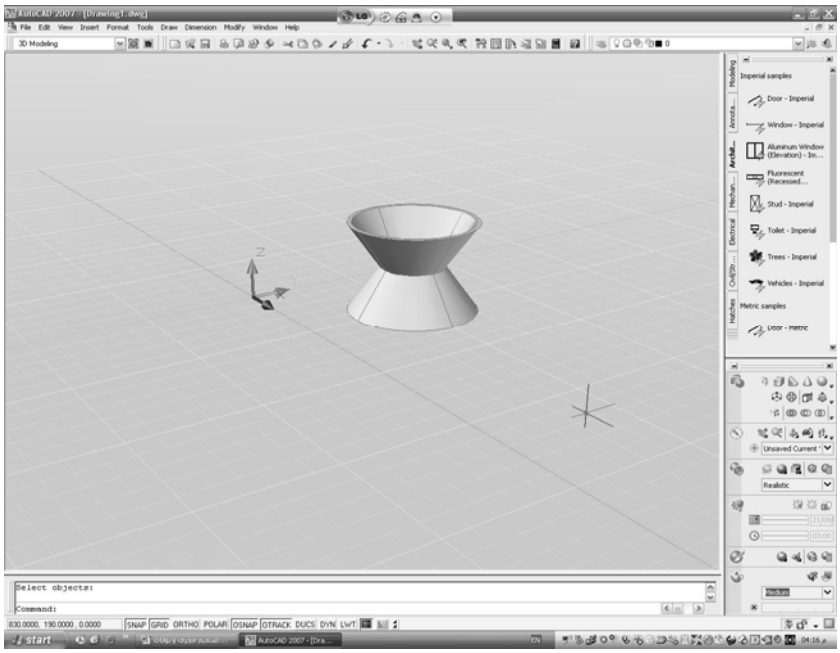
شكل رقم (3) تصميم المغذيات



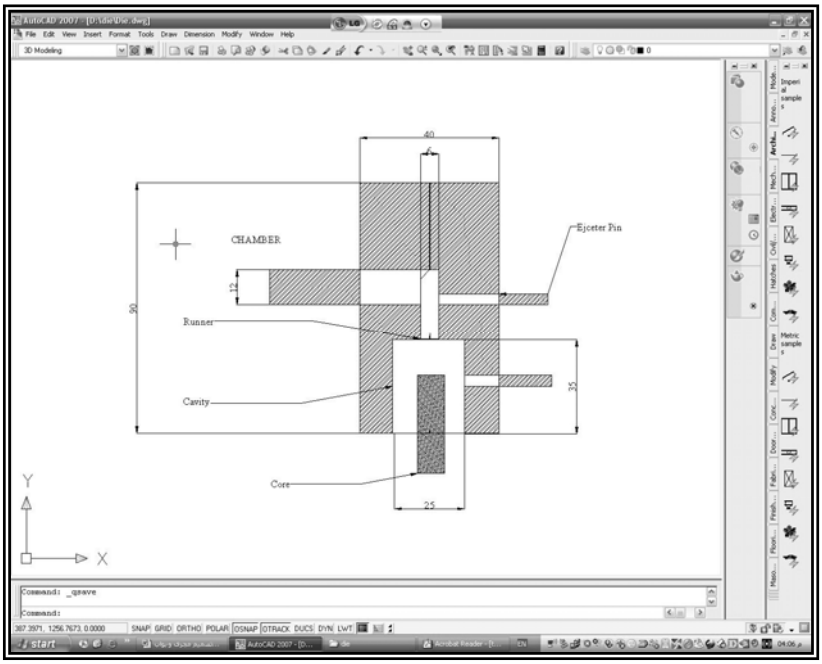
شكل رقم (4) تصميم الزوائد



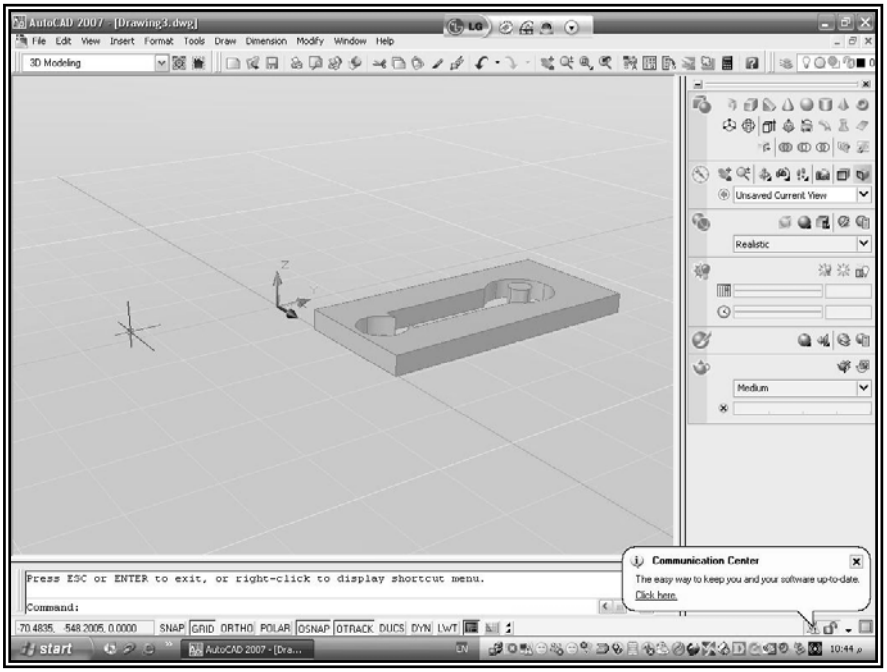
شكل (5)اسلوب التصميم



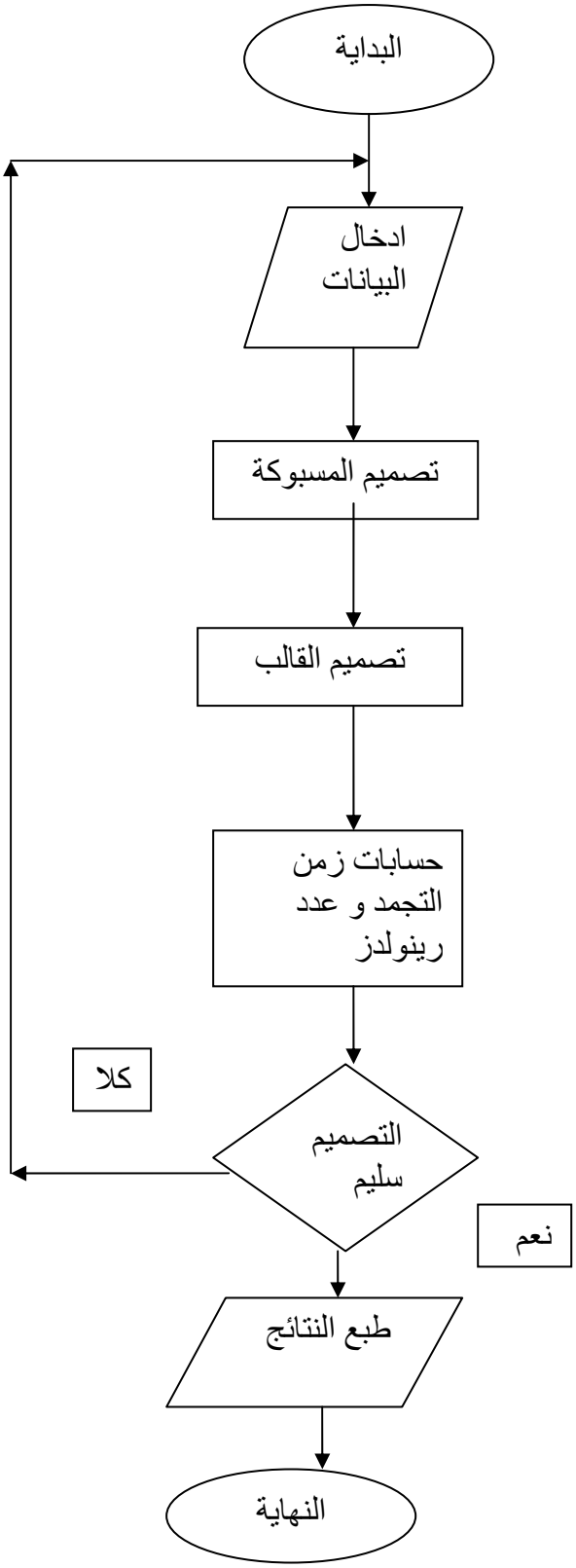
شكل رقم (6) نموذج صاب للمسبوكة



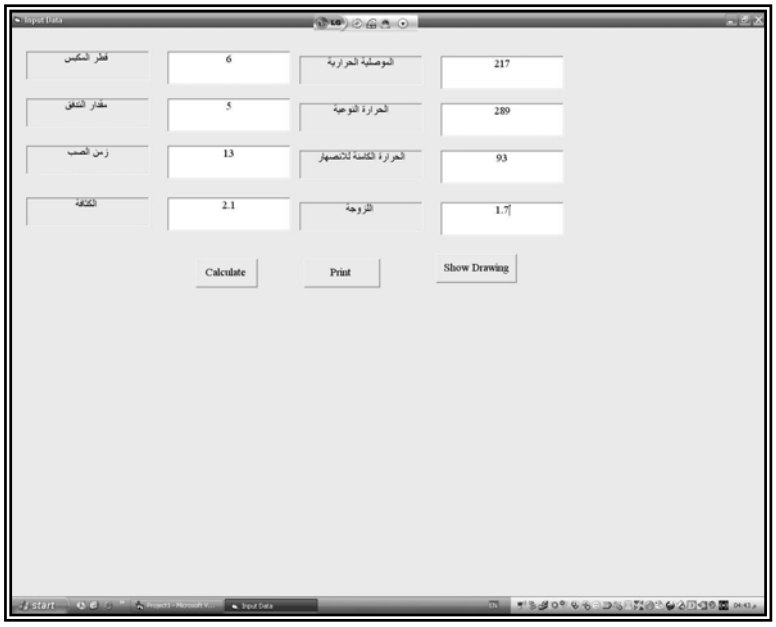
شكل رقم(7) تصميم القالب



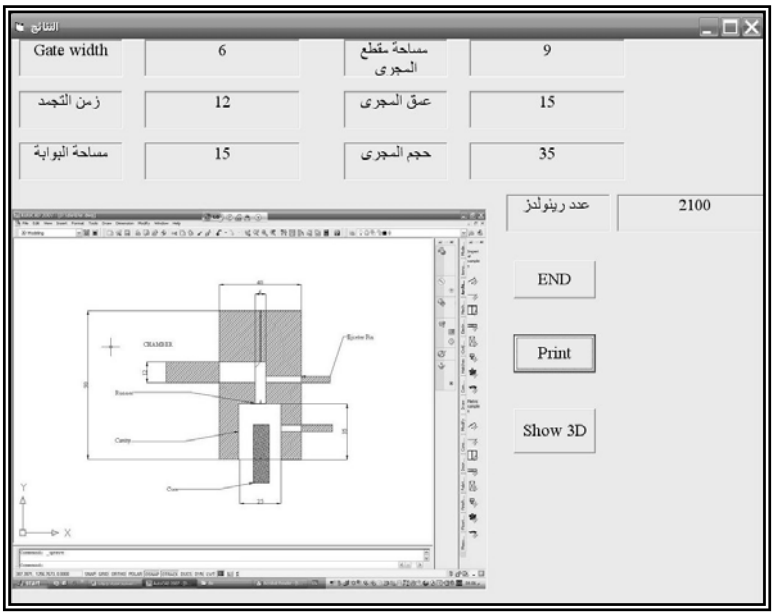
شكل (8) نموذج صاب نصفي للقالب



شكل رقم (9)المخطط الانسيابي للبرنامج



شكل (10) واجهة الادخال



شكل (11)واجهة الاخراج