

تصميم وتصنيع قوالب حقن بلاستيك

د. تمام سلوم

(قسم الهندسة الصناعية ، جامعة حلب

البريد الإلكتروني: Tammam.Salloum@manara.edu.sy)

الملخص

لقد دخلت الصناعات البلاستيكية تقريباً كل بيت ومصنع ومكتب من (المقاعد ، الطاولات ، أدوات المائدة ، السيارات ، الطائرات و في مختلف جوانب الحياة) مما يجعل الاستغناء عنها أمراً صعباً حيث تستثمر في هذه الصناعة الكثير من الأموال .

وبما أنه لكل منتج بلاستيكي قالب خاص به جاءت من هنا أهمية صناعة القوالب الخاصة بالمنتجات البلاستيكية المطلوبة حيث تعتبر صناعة القوالب من أدق الصناعات الميكانيكية وذلك لأنها تتطلب سواء من المصمم أو المشغل الخبرة الكبيرة في مجال الصناعات الميكانيكية وخاصة فيما يتعلق بتوفر الخبرة الكبيرة والدقة العالية وتعتبر هذه الصناعة إحدى الأسس التي تركز عليها الصناعات الثقيلة.

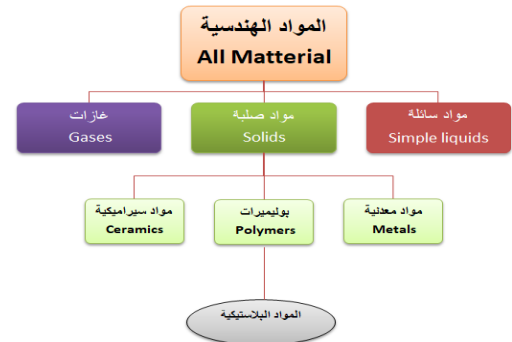
كلمات مفتاحية - التصميم بمساعدة الحاسب - التصنيع بمساعدة الحاسب - آلات الحقن - المواد البلاستيكية - طرق تشكيل المواد البلاستيكية

1. مقدمة:

وعلى مجموعة أخرى من المركبات الكيميائية التصنيعية المماثلة لها في هذه الخصائص.

- تقسم المواد الهندسية الى ثلاثة أقسام : (صلبة - سائلة - غازية) والنوع الصلب هو موضوع اهتمامنا حيث تقسم المواد الصلبة الى: المعادن - المواد السيراميكية - اللدائن الشكل (1): يوضح هذا التقسيم بشكل جيد.

الشكل 1: أقسام المواد الهندسية.



II. المواد البلاستيكية:

- هي عبارة عن مواد تركيبية وهي لا توجد حرة في الحالة الطبيعية وإنما وجدت هذه المواد عن طريق التحويل الكيميائي للمنتجات الطبيعية (الفحم - الملح - الأخشاب - البترول) ويتبع لهذه المنتجات أيضاً مواد عديدة منها (المذيبات - المطريات - الإضافات - الأصبغة - المواد المائلة) .

- إنَّ أصل كلمة لدائن في اللغة العربية هو (لدن) وهي تعني صفة اللينة ويعبر عنها (PLASTICITY) ومنها اشتقت الكلمة (PLASTICS) تتغير لدونته بالحرارة حيث تزداد لدونته بارتفاع درجة الحرارة وتنقص بنقصانها مما يساعد على تشكيلها وإكسابها قابلية للتشكيل والقبولة.

- لقد أطلق هذا التعريف على مجموعة كبيرة من الراتنجات التركيبية المشابهة بخصائصها اللدنة للراتنجات الطبيعية

4. الثبات وعدم التغير: تقاوم المواد البلاستيكية المؤثرات الخارجية والعديد من المواد الكيميائية.

5. الجمالية: إمكانية تشكيل سطوح وتصنيع قطع مختلفة قابلة للتلوين بألوان متعددة ونعومة السطوح ودقة الإنهاء تضمن مظهراً لائقاً للقطعة.

6. الكتامة: تضمن المواد البلاستيكية الحجز الجيد للسوائل والغازات.

7. العزل: تعتبر هذه المواد من أجود العوازل الكهربائية والحرارية والصوتية.

8. الصيانة والتنظيف: تعد المواد البلاستيكية من المواد سهلة الصيانة ولا تحتاج إلى معالجة خاصة للسطوح وتقاوم الاحتكاك.

9. أغلب الأنواع غير ضارة حيواً.

ومن بعض مساوئ المواد البلاستيكية

- الاهتراء مع تقدم الزمن.
- التأثر بالأشعة الشمسية لبعض الأنواع.
- ضيق المجال الحراري.
- الشحنة الكهربائية الساكنة.

A. استعمال المواد البلاستيكية

- نستطيع القول أننا نعيش في أيامنا هذه ضمن بيئة كاملة من البلاستيك وذلك لأننا نجدها مناسبة للاستهلاك في المجالات التالية الشكل (3):

1. الألبسة والمنسوجات: ألبسة من نايلون - الجلد الصناعي.

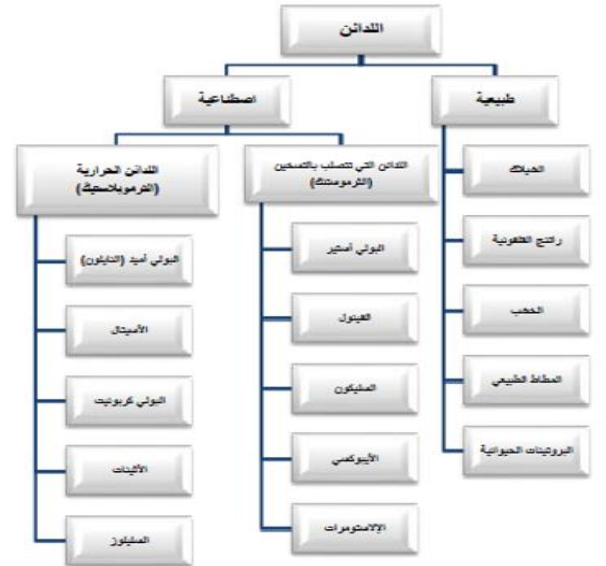
2. الجلد والأحذية: الحقائق اليدوية والظهيرية - أحذية الجلد الصناعي - أحذية التزلج.

- أول ظهور للمواد اللدنة هو من أصل عضوي ويطلق عليها اسم الصمغ أو صمغ راتنجية أو راتنج و التي كانت تتشكل على جنوع الأشجار وتسيل منها بواسطة النز التلقائي أو بشق لحاء الشجرة وتتجمد بملاستها للهواء أو تنتج أيضاً عن طريق تكرير لبعض الزيوت الراتنجية بعد تبخر بعض المواد الطيارة منها.

- وفيما يلي مخطط يبين أهم أنواع اللدائن الشكل (2):

الشكل 2: أقسام المواد الهندسية.

III. الخواص الرئيسية للمواد البلاستيكية



1. الوزن النوعي الخفيف: تتراوح كثافة المواد البلاستيكية بين (0.9-1.8) وفي معظم الأحيان تأخذ القيمة 1.

2. المقاومة الميكانيكية: حيث تتغير المقاومة الميكانيكية بتغير التركيب الكيميائي للمادة وتكون القطع البلاستيكية أكثر مقاومة وأخف وزناً بالمقارنة مع القطع المعدنية والتي تقوم بنفس العمل.

3. الشفافية: تمتلك معظم المواد البلاستيكية عامل شفافية للضوء قريب من عامل شفافية الزجاج والبعض منها يكون نصف شفاف أو قاتم كلياً.

B. طرق تشكيل المواد البلاستيكية

- تتضمن عملية تصنيع المنتجات البلاستيكية مرحلتين أساسيتين:

- الأولى هي البلمرة : وتهدف الى إنتاج حبيبات من المادة البلاستيكية تكون قابلة للنقل والتصنيع

- الثانية هي التشكيل : حيث يتم استخدام الحرارة وآلات التشكيل الميكانيكية للحصول على المنتج النهائي المطلوب تصنيعه ، ويتم التشكيل بالحرارة عن طريق تدوير الحبيبات البلاستيكية ثم تشكيلها بطرق ميكانيكية ويمكن أن لا يتم تدوير البلاستيك إنما يتم تشكيله بالكبس فقط ويمكن إنتاج بعض القطع البلاستيكية وفق عدة طرق وعلى المهندس اختيار الطريقة الأنسب والأوفر ذلك تبعاً لعدة معايير أهمها:

- 1- شكل القطعة : شكل بسيط أو معقد، شكل مجوف أو مصمت ..الخ.
- 2- نوع المادة : ملدنة حرارياً ، مقساة حرارياً .
- 3- الكمية المطلوبة : إنتاج كمي، عدد محدد من القطع .
- 4- جودة المنتج المطلوبة : هل هو للاستخدام العادي أم للاستخدامات الخاصة والدقيقة...الخ

C. عمليات تشكيل المواد البلاستيكية

كما ذكرنا سابقاً أن المواد البلاستيكية هي نوعان لدنة حرارياً و متصلبة حرارياً سوف نتعرف حالياً على طرق تصنيع و قولبة كلا النوعين:

1. طرق تشكيل المواد البلاستيكية اللدنة حرارياً

- البثق (Extrusion)

3. المفروشات : السجاد- الوسادات- تلبيس المفروشات.

4. الأدوات المنزلية : الأطباق الغير القابلة للكسر - أدوات ذات استعمال مرة واحدة أوعية النفايات .

5. الرياضة والألعاب : ألعاب الأطفال- ألعاب الشواطئ - أجهزة التزلج - عصا القفز عصا الصيد - الساعات الغير القابلة للكسر .

6. التغليف :

- الغذائي : أوعية وزجاجات وعلب

- الصناعي : أغلفة القطع الصناعية وأكياس النفايات.

7. النقل : الحاويات التي تستخدم في النقل البري - جدران البرادات الناقلة والحافلات وأرضيات بعض أنواع السيارات.

8. الصناعات الكهربائية والمنزلية : أجهزة القواطع الكهربائية- أغلفة بعض أجزاء التلفاز والحاسب - أجسام مضخات تستخدم في تخلية الهواء .

9. الصناعات الكيماوية : تغليف الحجر - الأوعية - حجر التخزين.

10. البناء : تلبيس الأرضيات والسطوح - سطوح وجسور تقوية و الدهانات الداخلية و الخارجية

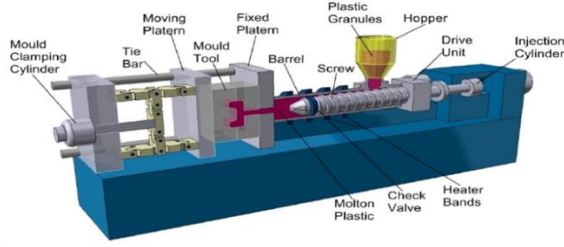
12. الزراعة : أنابيب الري وتصريف المياه - أوعية النباتات والأزهار - مقاعد الحدائق.

13. الطبية : الحواقي المعقمة ذات الاستعمال مرة واحد -أوعية وأنابيب نقل الدم الرضاعات للأطفال غير القابلة للكسر



الشكل 3: بعض المنتجات البلاستيكية

محكما ضد قوة ضغط الحقن وكذلك تقوم بفتح القالب عند انتهاء دورة التشكيل



الشكل 4: مكونات آلة الحقن

2. طرق تشكيل المواد البلاستيكية المقساة حرارياً

• القولبة بالحقن (Injection Molding)

• القولبة بالحقن التفاعلي (Reactive Injection Molding)

• القولبة بالتحويل (Transfer molding)

• القولبة بالضغط (Pressure Molding)

تصميم القالب فيجب أن يلائم مواصفات آلة الحقن ومواصفات تدفق المادة البلاستيكية والسرعة ومتطلبات التبريد اللازمة لدورة القولبة

• مكونات آلة الحقن:

• 1. الوحدة الأولى:

• وحدة حقن البلاستيك الساخن وفيها:

▪ قمع التغذية.

▪ اسطوانة الحقن الساخنة.

▪ حلزون الحقن أو النظام اللولبي.

▪ وحدة التحكم

• 2. الوحدة الثانية:

وحدة فتح وغلق نصفي القالب وتتكون من فك ثابت وفك متحرك هيدروليكيًا يوضع عليهما نصفي القالب وتحفظ القالب

IV. تصميم قوالب الحقن

• يمكننا تعريف القالب بأنه عبارة عن مجموعة من القطع المعدنية المجمع مع بعضها البعض بحيث يتشكل فراغ له شكل القطعة المطلوبة بحيث بعد أن تتم عملية حقن المواد البلاستيكية إلى داخل هذا الفراغ فإن هذه المواد تتصلب وتأخذ الشكل المطلوب والأبعاد المطلوبة يضاف إلى الكتل المذكورة أعلاه إضافات من أجل إيصال المواد البلاستيكية إلى داخل فراغ الحقن وكذلك من أجل لفظ القطعة المتصلبة إلى خارج القالب وكذلك إضافات من أجل ربط هذا القالب على آلة الحقن.

A. التصنيع بمساعدة الحاسب

• يمكن تعريف التصنيع بالحاسب على أنه استخدام نظم الحاسب للتخطيط والإدارة والسيطرة على عمليات التصنيع من خلال التفاعل المباشر أو غير المباشر للحاسب مع مواقع الإنتاج في المصنع كما يتضح من التعريف فإن تطبيقات التصنيع باستخدام الحاسب يمكن أن تنحصر في مجموعتين :

• التحكم والمراقبة بالحاسوب : وهذا يشمل التطبيقات المباشرة التي يتم فيها ربط الحاسب بشكل مباشر بالعمليات التصنيعية من أجل المراقبة والتحكم بالعمليات التصنيعية .

موليبدينوم (وتورد من قبل الشركات المصنعة للفولاذ مقساة ومراجعة إلى قساوة تبلغ حوالي 35 روكويل وهي ذات قابلية تشغيل اقتصادية . أهم ميزات هذه الخليطة قابليتها للتعيم والتلميع بشكل ممتاز وكذلك مقاومتها العالية للاهتراء ويمكن استخدامها في تصنيع القوالب مباشرة دون الحاجة لإجراء أي معالجة حرارية لاحقة عليها إلا إذا طلب المصمم مواصفات قساوة أعلى.

معدل التغذية (مم/سن)		عمليات التفريز
الصلب عالي السرعات (HSS)	كربيد التيجستون (WC)	خامة قطعة الشغل
مقطع تفريز طرقي (جيهي)	مقطع تفريز واجهي (Face Mill)	
0.13	0.25	صلب طرقي
0.20	0.40	حديد زهر
0.18	0.36	نحاس أصفر
0.28	0.56	سبائك الألومنيوم

الشكل 6: مواصفات معدن القالب P20

3. اختيار مادة المنتج

بعض العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار في اختيار المادة البلاستيكية:

- ❖ شكل المادة : يختلف حجم و شكل الحبيبات حسب درجة الخامة و نوعها و للحصول على تشكيل مثالي يجب أن تكون الخامة نظيفة تماماً وسهلة الجريان بدون حدوث أي تجمعات .
- ❖ نسبة الرطوبة : تعتبر نسبة الرطوبة الموجودة بالمادة هامة جداً حيث أن زيادة النسبة عن المدى المسموح به يسبب عيوب وأخطاء من الصعب تشخيصها , لذا لابد من تجفيف المواد جيداً قبل البدء في التشكيل .

- ❖ تليين المادة : يعتبر التليين انهيار قوى ترابط الجزيئات الداخلية ومع زيادة التأثير الحراري فإن قوى الجزيئات الداخلية تقل حتى تصل المادة إلى نقطة التليين وتصبح كل الجزيئات متحركة في المصهور .

وبأخذ هذه العوامل بعين الاعتبار تم اختيار نوع المادة للمنتج وهي البولولي برويلين (PP) .

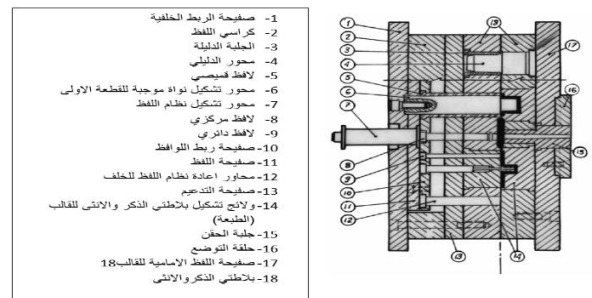
البولولي برويلين (PP): هو بوليمر إضافي مرن بالحرارة مصنوع من مزيج من مونوميرات البروبيلين , يتم استخدامه في مجموعة متنوعة من التطبيقات لتشمل التعبئة والتغليف للمنتجات الاستهلاكية ، وقطع

- تطبيقات دعم التصنيع : وهذه تشمل تطبيقات غير مباشرة يتم فيها استخدام الحاسب لدعم عمليات الإنتاج في المصنع ولكن لا يوجد ربط مباشر بين الحاسب والعمليات التصنيعية .

- إن التصنيع بالحاسب يتضمن أيضاً تطبيقات غير مباشرة يلعب فيها الحاسب دوراً داعماً لعمليات التصنيع بالمصنع وفي هذه التطبيقات لا يرتبط الحاسب بشكل مباشر مع عمليات التصنيع حيث يستخدم الحاسب لوضع الخطط والجدول الزمنية واستقراء المستقبل والمعلومات التي يمكن استخدامها بشكل أكثر تأثيراً على خطط الإنتاج .

7. الجانب العملي و التطبيقي

يتألف أي قالب بشكل عام من عدة أجزاء يتم تشغيلها على مكينات التشغيل المبرمج (CNC)، سوف نتعرف الآن على البنية العامة لأي قالب ومن ثم سوف نتحدث عن القالب الذي قمنا بتصميمه الشكل (5).



الشكل 5: مكونات القالب

A. أهم الاعتبارات الواجب اتخاذها عند تصنيع القالب:

1. اختيار معدن القالب والأبعاد الأساسية له:

بما أن القالب يتعرض لضغوط مرتفعة بشكل مستمر ويتعرض لتغيرات في درجات الحرارة بشكل مستمر فيجب أن يكون معدن هذا القالب قادر على تحمل الاجهادات الحرارية و الضغوط المرتفعة .

2. مواصفات معدن القالب P20

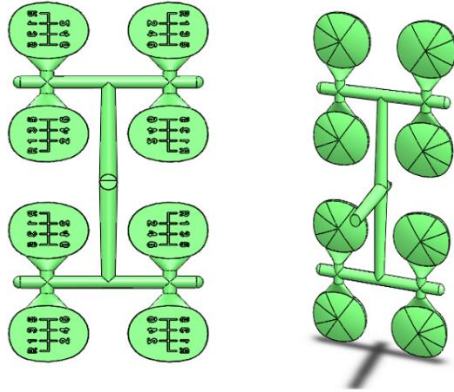
إن هذه الخليطة هي الخليطة الأولى المستخدمة في تصنيع كل من ذكر وأنثى قوالب الحقن، وهي بشكل رئيسي خليطة (فولاذ - كروم -

من البلاستيك لمختلف الصناعات بما في ذلك صناعة السيارات والمنسوجات.

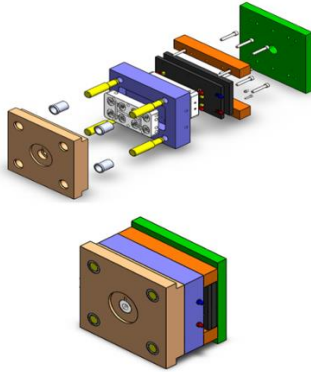
(5) مراعاة مسافات الثقوب أو الفتحات عند الأحرف.

(6) سماكة الجدران يجب أن تكون متساوية لتحاكي الاجهادات الحرارية.

B. التصميم الهندسي للمنتج (باستخدام برنامج Solid Works)



الشكل 8: قطعة مستخدمة في السيارات



الشكل 9: تجميع أجزاء القالب



الشكل 7: حبيبات البولي بروبيلين

وحيث أن خواص هذه المادة هي :

✓ انعدام الأكسدة : إن نعومة الجدار الداخلي تمنع تشكل الكلس

✓ قدرة العمل البسيطة : تقنية التركيب البسيطة والوزن الخفيف

✓ انخفاض خسارة الضغط : إن الجدران الداخلية خالية من المسامات والرتوش أي تكون خسارة الضغط فيها بحد أدنى .

✓ مقاومة عالية للمواد الكيماوية

✓ مقاوم للتجمد : يمكنه تكيف نفسه بزيادة الحجم إذا تجمّد السائل بداخلها

✓ عمر طويل البقاء

✓ العزل الكهربائي

هناك بعض الشروط الواجب توافرها أثناء مرحلة تصنيع القالب هي:

(1) مراعاة وجود ميل جانبي بسيط لتسهيل خروج المنتج من القالب.

(2) تحاشي تكديس الخامة في القاعدة وعلى الاجناب

(3) تحاشي وجود زوايا حادة أو أحرف حادة تسبب قطع المنتج.

(4) تحاشي وجود ثنيات أو ميول في الداخل في المنتج.

2. بارامترات المعالجة (Process Parameters)

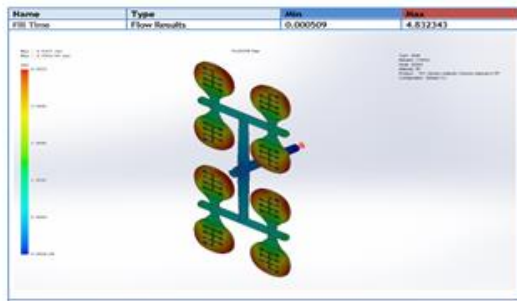
Filling Time	4.84 sec
Main Material Melt Temperature	230 °C
Mold Wall Temperature	80 °C
Injection Pressure Limit	100 MPa
Flow Rate Limit	194 cc/s
Flow/Pack Switch Point (% Filled Volume)	100 %
Pressure Holding Time	6.74 sec
Total Time in Pack Stage	48.41 sec
Auto Filling Time (1: Yes, 0: No)	1
Auto Packing Time (1: Yes, 0: No)	1
Venting Analysis (1: Yes, 0: No)	0
Cavity Initial Air Pressure	0.101 MPa
Cavity Initial Air Temperature	30 °C
Temperature Criteria for Short Shots (1: Yes, 0: No)	1
Temperature Criteria for Short Shots	135 °C
Clamp Force Limit	100 Tonne

الشكل 13: بارامترات المعالجة على البرنامج

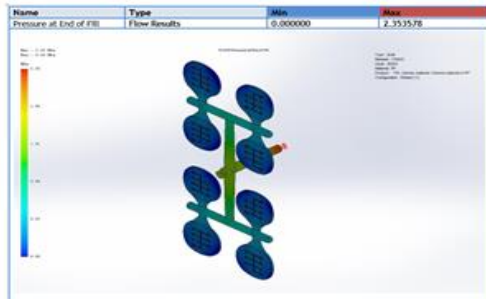
3. نتائج التدفق (Flow Results)

X-dir. Clamping Force	0.1900 Tonne
Y-dir. Clamping Force	0.1600 Tonne
Z-dir. Clamping Force	0.2800 Tonne
Required injection pressure	2.3500 Mpa
Max. central temperature	230.3200 °C
Max. average temperature	213.7600 °C
Max. bulk temperature	230.2400 °C
Max. shear stress	0.0900 Mpa
Max. shear rate	1157.2000 1/sec
Averaged perfect cooling time	113.1400 sec
CPU Time	2952.30 sec
Cycle Time	475.99 sec
- 1. Filling Time	4.83 sec
- 2. Cooling Time	466.16 sec
- 3. Mold Open Time	5.00 sec

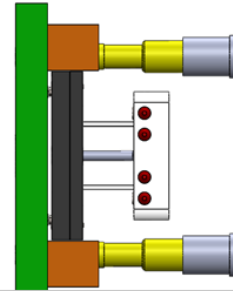
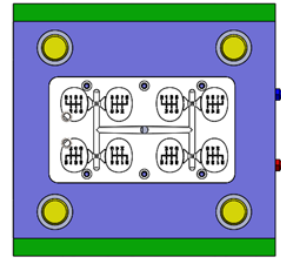
الشكل 14: نتائج التدفق



الشكل 15: زمن الملئ



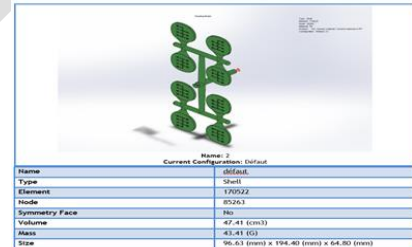
الشكل 16: الضغط عند مرحلة الملئ النهائي



الشكل 10: بلاطة الذكر مع صفيحة اللفظ مع جسم الذكر

C. دراسة عملية الحقن للمنتج

- بعد معرفة نوع المادة للمنتج البلاستيكي وتحديد البارامترات اللازمة لعملية الحقن وتحديد نقطة الحقن يقوم البرنامج بمحاكاة هذه العملية وإعطاء تقرير مفصل لكامل المنتج من توزيع للضغط والحرارة والاجهاد وغيرها

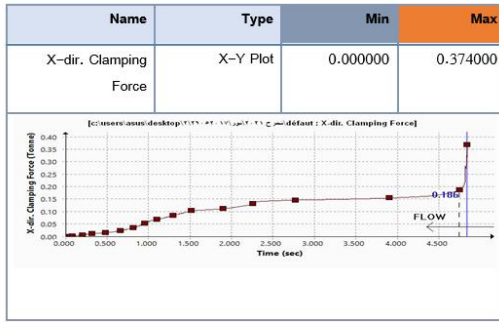


الشكل 11: المنتج أثناء الحقن

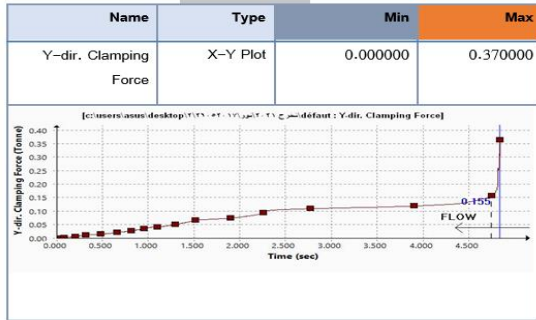
1. خصائص المواد (Material Properties)

Properties	
Material Name	PP
Product Name	"(P) Generic material / Generic material of PP"
Melt Temperature	230.00 °C
Mold Temperature	50.00 °C
Ejection Temperature	95.00 °C
Glass Transition Temperature	135.00 °C
Specific Heat	3.1000000000e+07 erg/(g-C)
Thermal Conductivity	1.5000000000e+04 erg/(sec-cm-K)
Young Modulus	1.3500000000e+10 dyne/cm2
Poisson's Ratio	4.0000000000e-01

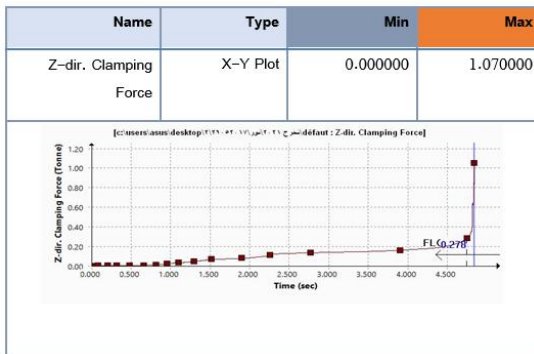
الشكل 12: خصائص المادة المدروسة



الشكل 21: قوة الاغلاق على المحور X



الشكل 22: قوة الاغلاق على المحور Y



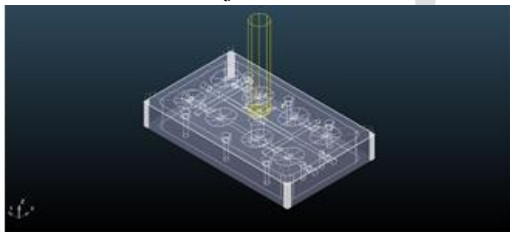
الشكل 23: قوة الاغلاق على المحور Z

D. التشغيل على برنامج PowerMILL

1. تشغيل جزء الانثى

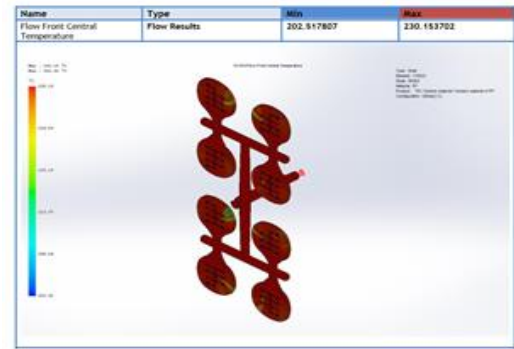
العملية الأولى المستخدمة هي Raster

Finishing وتتم على مرحلتي تخشين

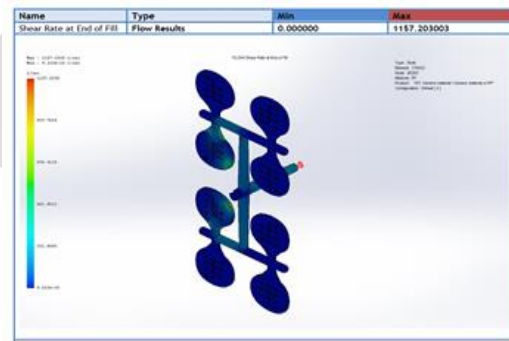


الشكل 24: مسارات تشغيل جزء الأنثى بعد عملية

Raster Finishing

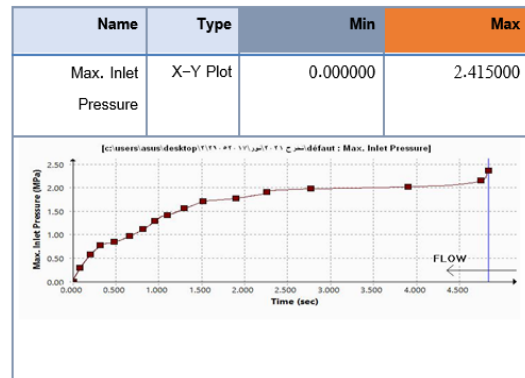


الشكل 17: درجة حرارة تدفق الجبهة الامامية

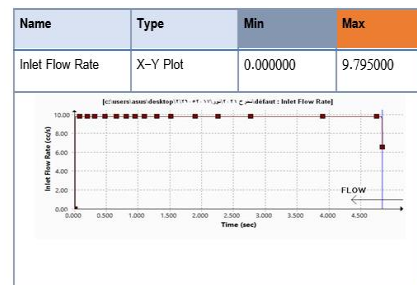


الشكل 18: معدل القص عند نهاية الملى

4. المخططات البيانية (ضغط - تدفق - قوى)



الشكل 19: الضغط عند المدخل



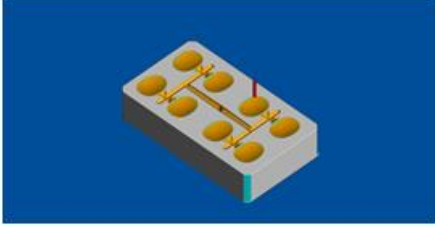
الشكل 20: معدل التدفق عند المدخل

العملية الثانية هي عملية Raster Finisging

وتتم على مرحلتين



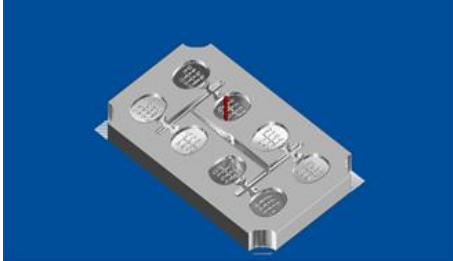
الشكل 30: مسارات العملية الرابعة لتشغيل جزء الأنثى بعد عملية Raster Finisging.



الشكل 31: المرحلة الرابعة لتشغيل جزء الأنثى بعد عملية Raster Finisging.



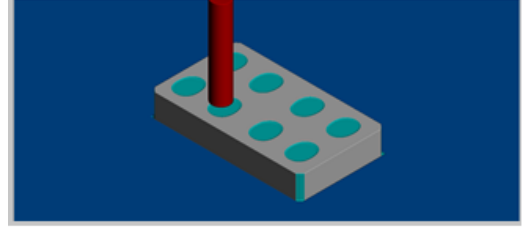
الشكل 32: جزء الأنثى النهائي بعد عملية التشغيل. وبنفس الطريقة يتم تشغيل جزء الذكر للقالب



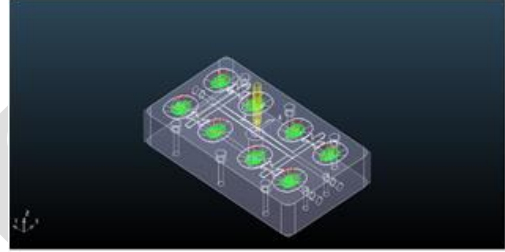
الشكل 32: جزء الذكر النهائي بعد عملية التشغيل.

VI. خطوات تصميم قالب حقن المواد البلاستيكية

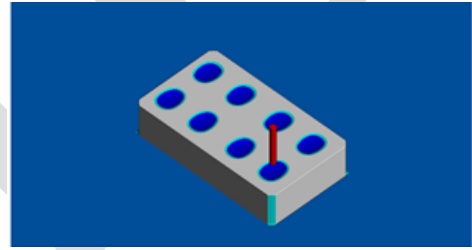
- يتم أولاً تحديد تفاصيل الطلب (من الكمية والكلفة ومواعيد التسليم) وفيما يتعلق بالمنتج (الشكل الهندسي للمنتج والمادة التي يتكون منها ومظهره الخارجي ومدى



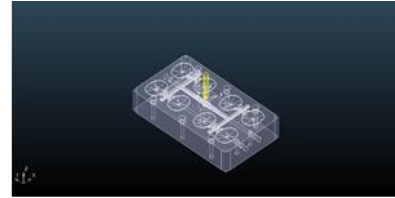
الشكل 25: تشغيل جزء الأنثى بعد عملية Raster Finisging



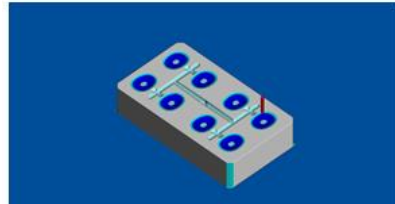
الشكل 26: مسارات العملية الثانية لتشغيل جزء الأنثى بعد عملية Raster Finisging



الشكل 27: المرحلة الثانية لتشغيل جزء الأنثى بعد عملية Raster Finisging



الشكل 28: مسارات العملية الثالثة لتشغيل جزء الأنثى بعد عملية Raster Finisging



الشكل 29: المرحلة الثالثة لتشغيل جزء الأنثى بعد عملية Raster Finisging

- إن أنظمة المجاري غير المتوازنة ستؤدي إلى الملء غير المتساوي مما سيؤدي إلى تجمد بعض هذه الفجوات الممتلئة وسيؤدي على حدوث فشل مثل :
- التسامحات فيه ومئاته وخواصه الأخرى) أيضا يجب معرفة خواص المكنة بعد معرفة البيانات السابقة نتبع الخطوات التالية:

1. تحديد عدد الطبقات
2. رسم الطبعة
3. استنتاج خطوط الفصل
4. تحديد أبعاد أولية لبلاطتي الذكر والأنثى
5. تصميم مجاري التغذية وعقب الحقن
6. تصميم بوابات التغذية
7. تصميم نظام التبريد

VII. الخلاصة

- وضحنا في هذه المقالة أهمية صناعة القوالب الخاصة بالمنتجات البلاستيكية المطلوبة حيث تعتبر صناعة القوالب من أدق الصناعات الميكانيكية وذلك لأنها تتطلب سواء من المصمم أو المشغل الخبرة الكبيرة في مجال الصناعات الميكانيكية وخاصة فيما يتعلق بتوفر الخبرة الكبيرة والدقة العالية وتعتبر هذه الصناعة إحدى الأسس التي تركز عليها الصناعات الثقيلة وشرحنا كيفية تصميم قوالب الحقن على برنامج Solidworks وقمنا بتشغيل أجزاء القالب المصمم على برنامج PowerMill
- 8. التصميم الميكانيكي للقالب (من براغي ومحاور وجلب دليلية وباقي التفاصيل)
- 9. إعادة تدقيق أبعاد بلاطتي الذكر والأنثى
- 10. التنسيق والترتيب بحيث لا تتعارض مع نظام آخر
- 11. تنفيس القالب
- 12. اختيار طرق التثبيت
- تعتمد إنتاجية القالب على عدة عوامل وهي :
- عدد فجوات القالب : من البديهي أنه كلما زادت عدد فجوات القالب ، زادت إنتاجيته وستزداد معها كلفة القالب . إن عدد فجوات القالب وهيكلي القالب سيعتمد كلاهما على العاملين الاقتصادي والتقني ، وإن متطلبات الدقة في الأبعاد والجودة يجب أن تؤخذ أيضاً في عين الاعتبار ، فطريقة وضع المجاري في القوالب المتعددة الفجوات يجب أن تصمم لكي تعمل بشكل آني ومتساوي في ملء فجوة القالب .

المراجع:

- [1]. All about plastic moulding. 2009. The History of Plastic Moulding. [ONLINE] Available at: <http://www.plasticmoulding.ca/history.htm#Plastic>. [Accessed 10 October 11].
- [2]. Autronic plastics INC. 2008. Glossary of Plastic Injection Molding Terms. [ONLINE] Available at: http://www.apisolution.com/images/glossary_plastic_injection_molding_engineering_manufacturing.pdf [Accessed 18 August 11]
- [3]. Pmold industrial limited. 2010. The injection molding process. [ONLINE] Available at:

- structures to find their optimal designs by CAD. *Tishreen University Journal*.
- [6]. Salloum, T., Zahra, M., Nasra, M. (2018). Studying and analyzing the behavior of Beam - column connection used in metal structures on fire using Finite Element Method. *Journal of Al Baath University*.
- [7]. Salloum, T., Zahra, M., Nasra, M. (2018). Study the effect of changing the different engineering parameters on the performance of the joints used in the metal structures on fire to find their optimal designs by CAD. *Tishreen University Journal*.
- [8]. Salloum, T., (2018). The choice of slicing by using decision centers in URP. *Tishreen University Journal*.
- [9]. Salloum, T., Zahra, M., Nasra, M. (2019). Effect of bonding methods for metal structure joints on better performance using finite element method. *Tishreen University Journal*.
- [10]. Salloum, T., Hatra, A. (2019). The Choice of Manufacturing and Assembly of Parts for Functional Prototypes on Milling Machines by Using Decision Centers. *Tishreen University Journal*.
- [11]. Salloum, T., Salameh, A., Sakour, J. (2020). Study of the thermal and mechanical response of materials during friction welding using modeling and simulation. *Tishreen University Journal*.
- [12]. Salloum, T., Yousef, A., Dasher, S. (2021). Modeling the Scheduling of Berth and Quay Crane During the Unloading Process at Lattakia International Container Terminal . *Tishreen University Journal*.
- [13]. Salloum, T., Salameh, A. (2021). Modeling and Simulation the Effect of Welding Current and Welding Time on Welding Joint Stresses. *Tishreen University Journal*.
- <http://www.pmolds.com/news/4/15/The-injection-molding-process/>. [Accessed 18 August 2011]
- [4]. RUTLAND plastic Limited. 2007. PLASTIC INJECTION MOULDING MACHINE. [ONLINE] Available at: http://www.rutlandplastics.co.uk/moulding_machine.shtml . [Accessed 22 August 2011]
- [5]. Murti, B, 2010. Simulation and analysis of Injection Moulding product and rapid prototyping. Bachelor. Finland: Arcada University.
- [6]. Crawford, R, 1998. Plastic Engineering. 3rd ed. Oxford: Butterworth – Heine-mann.
- [7]. DSM engineering plastics. 2005. Design guide. [ONLINE] Available at: http://www.dsm.com/en_US/downloads/dep/designbroch05USweb.pdf . [Accessed 31 August 11].
- [8]. Herbert, R, 2001. Understanding Injection Mold Design. 1st ed. Cincinnati, USA: hanser Gardner Publications.
- [9]. Plastic Troubleshooter. 2007. VENTING THE MOLD. [ONLINE] Available at: http://www.plastictroubleshooter.com/ThePlasticTroubleshooter/mold_venting.htm. [Accessed 1 September 11].
- [10]. Injection Mold Design Tutorial, Technology and Engineering. 2010. Basic Functions of MoldBaseParts. [ONLINE]Available at: <http://mouldtechnology.blogspot.com/2008/02/basic-functions-of-mold-base-parts.html>. [Accessed 10 October 11].
- [11]. Kamal, Musa R., 2009. Injection molding Technology and Fundamentals. 1st ed. Munchen, Germany: Hanser Publications.
- [12]. Jacques Laskar, « Le Système solaire est-il stable? », *Séminaire Poincaré XIV*, 2010, p. 221-246.

منشورات المؤلف:

- [1]. Salloum, T. (2007). Conception et réalisation de pièces prototypes fonctionnelles en usinage sur machines-outils à commande numérique 5 axes École normale supérieure de Cachan-ENS Cachan.
- [2]. Salloum, T., Anselmetti, B., Mawussi, K. (2009). Design and manufacturing of parts for functional prototypes on five-axis milling machines. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 45 (7), 666-678
- [3]. Salloum, T., Khafif, K., Ali, G. (2016). Implant Designing Of Hip Bone Whichsuffer From Cancer By Using Cad Programs. *Tishreen University Journal*.
- [4]. Salloum, T. (2018). Modeling And Simulation For Thermal Stresses Distrubution In Spot Weldes. *Tishreen University Journal*.
- [5]. Salloum, T., Zahra, M., Nasra, M. (2018). Study the effect of changing the different engineering parameters on the performance of the joints used in the metal