دراسة ضغط أحد أنواع اللدائن (نوع بولي اثيلين عالي الكثافة) P.E HDD داخل القالب بدلالة متغيرات الحقن المختلفة[1]

المهندس فايز الطيان[2] الدكتور المهندس معتز جاويش[3]

الملخص

درس البحث علاقة الضغط داخل قالب حقن مادة البولي اثيلين HDPE بدلالة متغيرات الحقن المختلفة (درجة حرارة اسطوانة الحقن – وضغط الحقن في مقدمة اللولب – وسرعة الحقن) وتأثير طول مجرى التغذية ومساحة مقطع البوابة في هذا الضغط. وقد بينت التجارب أن علاقة الضغط في القالب مع الضغط في مقدمة اللولب علاقة خطية من الشكل P1=0.756P+A إذ A ثابت قيمته سالبة وتمثل مقدار ضياع الضغط (و إنَّ زيادة طول مجرى التغذية أدى إلى زيادة الضياع،في حين إن زيادة مساحة مقطع البوابة أدت إلى إنقاص الضياع) ويتعلق أيضاً (بشكل مقطع مجرى التغذية ومساحته). بالنسبة لتأثير درجة الحرارة كان إيجابياً ومفيداً فزيادة درجة الحرارة سهلت حركة البلاستيك في القالب و يمكن زيادة درجة الحرارة إذا كانت مواصفات المادة تسمح بذلك. بينما كان تأثير سرعة الحقن في الضغط قليلاً بنسبة 3% وذلك بالنسبة لسرعة الحقن المستخدمة عادة(50% إلى90%) لمادة (PE) لذلك فزيادة سرعة الحقن تؤدي إلى إنقاص زمن الدورة.

الكلمات المفتاحية: البولي إيتيلين – القوالب – الضغط.

[1] أعد هذا البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندس فايز الطيان بإشراف الدكتور معتز جاويش.

[2] قسم التصميم الميكانيكي– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق.

[3] قسم التصميم الميكانيكي– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق.

تعدَّ طريقة إنتاج المنتجات البلاستيكية بطريقة الحقن من أكثر الطرائق شيوعاً وأكثرها إنتاجاً ومن أهم متطلبات الإنتاج هو القالب البلاستيكي، ومن المعلوم أنه باهظ التكاليف لذلك يجب أن يصنع القالب ويصمم بدقة متناهية.

كان إنتاج القوالب حتى وقت قريب يعتمد على المهارة و الخبرة العملية،ولكن تقدم البحوث في هذا المجال ومحاولة البحث في مشاكل التصميم أعطى الكثير من النتائج والحلول، لذلك أصبح من المفروض دراسة القالب وتصميمه بجميع مكوناته وحيثياته ومن أهمها: تجويف السالبة والموجبة وطريقة تشكيلهما ــ ونظام اللفظ ــ ونظام التبريد – ونظام الصب، ويعدَّ نظام الصب أحد أهم مراحل تصنيع القالب (مع بساطته في بعض الأحيان) بما له من تأثير مباشر في جودة المنتج.

ويعرف نظام الصب بأنه الطريق الذي يسلكه المصهور البلاستيكي من فوهة الآلة حتى الوصول إلى تجويف القطع المنتجة وبشكل عام يتألف من:

– جلبة الحقن– مجاري الصب (التغذية)– البوابات

وتتأثر أبعاد نظام الصب بعدة عوامل وهي:

شكل المصبوبة، ونوع المادة المستخدمة، وآلة الحقن ، وقالب الحقن. و في جميع الأحوال هناك عدد من المواضيع و المتطلبات التي يجب أن يحققها نظام الصب لإنجاح متطلبات الجودة وهي:

1) امتلاء التجويف بخط التحام أصغري.
2) مقاومة التدفق قليلة قدر الإمكان.
3) تصغير وزن نظام الصب قدر الإمكان.
4) سهولة التصلب.
5) عدم ترك أثر واضح في المنتج.
6) تقصير الطول بقدر الامكان لتقليل الضياع في كلٍ من الضغط و درجة الحرارة وهدر المادة.

7) مقطع عرضي كبير ليكون زمن تبريد نظام الصب أكبر من زمن الحقن أو يساويه و من ثَمَّ فإن الحفاظ على الضغط يبقى فعالاً حتى بعد تصلب القطعة.
8) يجب أن لا يؤثر نظام مجرى الصب في زمن دورة الحقن.
9) توضع البوابة عند الجدار السميك للقطعة.

جلبة الحقن:

عبارة عن جسم اسطواني له قطران أحدهما للدخول في جسم القالب والآخر للتمركز مع بلاطة الآلة وبها ثقب مخروطي لمرور المصهور البلاستيكي من فوهة الآلة إلى مجاري الصب.

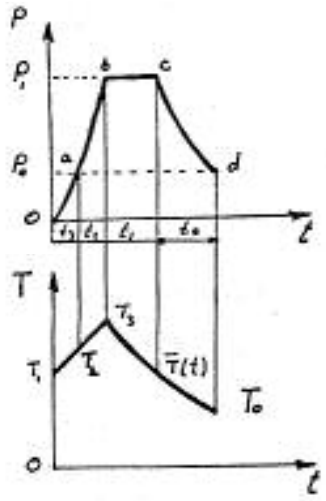
مجاري الصب:

تصل مجاري الصب ما بين جلبة الحقن و تجويف القالب مهمتها توزيع المادة بحيث تمتلئ كل تجاويف القالب في الوقت نفسه.

تدخل المادة البلاستيكية عبر مجاري الصب في القالب الباردوذلك قياساً لدرجة حرارة المصهور البلاستيكي وتتصلب الجدران عن طريق الانتقال الحراري و من ثَمَّ فهي تبرد وتتصلب بسرعة، ويولد هذا طبقة عازلة حرارياً للمادة المتدفقة في مركز القناة ويتشكل قلب سائل و ساخن،ويمكن للبلاستيك أن يمر إلى تجويف القالب و يملأه و يجب أن يستمر هذا القلب الساخن (بالحالة السائلة) إلى أن تكتمل المصبوبة (القطعة) وتصبح صلبه تماماً فضلاً عن زمن قصير بالمحافظة على الضغط و يفيد لتعويض التقلص الحجمي خلال عملية الصب ،والتغلب على التعرجات في المنتج، ويبين المخطط البياني الشكل(1) قيم كلٍ من الضغط ودرجة الحرارة في القالب في أثناء عملية الحقن.

وللمحافظة على هذه المتطلبات، ولتوفير المادة البلاستيكية، وظروف التبريد، تعتمد أبعاد مجرى الصب بشكلٍ رئيس على قياس القطعة و تصميم القالب و المادة

البلاستيكية المستخدمة، و كقانون عام مع ازدياد حجم القطعة و سماكة الجدران يجب أن يزداد المقطع العرضي لمجرى الصب.



إذْ T درجة الحرارة و t الزمن

و P الضغط

oa- زمن التعبئة t 1

ab- زمن رفع الضغط t 2

bc- زمن المحافظة على الضغط t 3

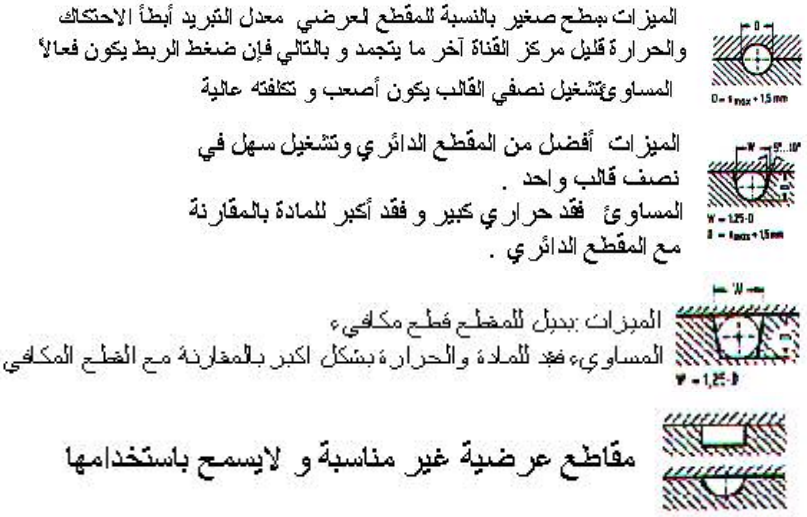
cd- زمن تبريد القالب t 4

الشكل (1) الضغط ودرجة الحرارة في القالب في أثناء عملية الحقن.

يفيد المقطع العرضي الكبير في امتلاء أفضل للمنتجات من جهة، ولكن زيادة المقطع تؤدي إلى زيادة كمية البلاستيك وزيادة زمن التبريد،وإذا كان المقطع العرضي أكبر من اللازم بالمقارنة مع قياس المصبوبة فهذا يدفع إلى دورة إنتاج أطول، لذلك يجب تصميم قطر مجرى الصب بحذر ويتم ذلك بحساب عدة قوانين ويقدم الشكل(2) المقاطع العرضية لمجاري الصب الأكثر شيوعاً، وهو يوضح أن المقطع العرضي بشكل قطع مكافئ هو الأكثر ملاءمة وهو المستخدم في قالبنا هذا.

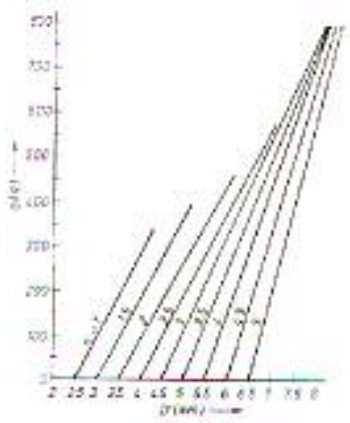
وبشكل عام مجاري الصب هي آخر ما يجب أن يتجمد، ويعتمد قطرها على سماكة مقطع القطعة و يجب أن يكون هذا القطر أكبر من مقطع الجدار الأسمك بالقطعة بمقدار 1.5mm

$$D = Smax + 1.5\ mm$$



الشكل (2) أنواع المقاطع العرضية لمجاري الصب

ويمكن أن تؤخذ أقطار مجاري التغذية من المخطط البياني، وذلك تبعاً لوزن القطعة وسماكة جدرانها من الشكل (3)، و هذه المعطيات تجريبية (اختيارية) و تستخدم لمواد POM - PC-PA - PP - PE



الشكل (3) أقطار مجاري التغذية تبعاً لوزن القطعة وسماكة جدارها

الرموز(mm) S: سماكة جدران القطعة، (g)G: وزن القطعة،(mm)D: قطر مجرى الصب.

البوابات:

وهي من أكثر الأنظمة إثارة للجدل والنقاش والتطوير والبحث، ومن الصعب التنبؤ بدقة تصميمها بشكل كامل، وهي بالتعريف: الفتحة التي تسمح بمرور المصهور البلاستيكي من مجاري الصب إلى الطبعات، ويمكن الحصول على تصميم لابأس به للبوابات وذلك باتباع الإرشادات الآتية:

- يوصى بالبوابات الدائرية لأنها مناسبة وسهلة التطبيق بحيث يؤمن اتجاهها دخولاً هادئاً للمصهور.
- يفضل وضعها عند الجدران الأكثر سماكة للمنتج وذلك لتسهيل ملء أفضل لباقي المنتج.
- بشكل مبدئي يكون عمق البوابة 40-60% من سماكة جدار المنتج على أن لا تقل عن 0.6 ملم.

- يفضل أن تشغل البوابة بعمق 0.6 ملم ومن ثم زيادة عمقها أو تعديل عرضها عند تجريب القالب.

أدوات البحث:

للقيام بهذه التجارب يلزم ما يأتي:

- تصميم قالب حقن بلاستيك وإعداده إعداداً جيداً.
- آلة بلاستيك مبرمجة ومناسبة لهذا الغرض، ويتم التحكم بدقة حركاتها جميعها.
- أداة قياس دقيقة (بياكوليس).

البحث:

ركب القالب على آلة البلاستيك المبرمجة وتم إجراء العديد من التجارب ومنها (علاقة الضغط بالقالب مع الضغط في مقدمة اللولب، وعلاقة الضغط في القالب مع تغير مساحة مقطع البوابة وعلاقة الضغط في القالب مع تغير درجة حرارة اسطوانة التلدين).

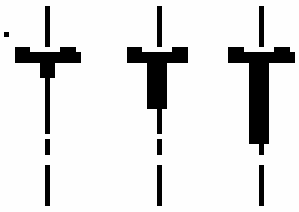
القـــالب:

عبارة عن قالب معدني لإنتاج عينة بلاستيكة ذات شكل اسطواني متدرج.

يتألف الجزء العلوي من العينة من كلٍ:

قرص قطره (36) ملم وسماكته (3) ملم و به نتوءان (في القالب هما تجويفان) لدخول المفتاح الخاص لتدوير الجلبة وليس لهذا الجزء أي أهمية في الحسابات.

وجزء اسطواني قطره (8) ملم وذو أطوال مختلفة(كما في الشكل (4)، وذلك تبعاً لبارامترات التجربة (ضغط الحقن، وسرعة الحقن، ودرجة الحرارة، وبعد العينة عن مركز الحقن، ومساحة مقطع بوابة التغذية) وتحدد قيمة هذا الطول مقدار الضغط في القالب.

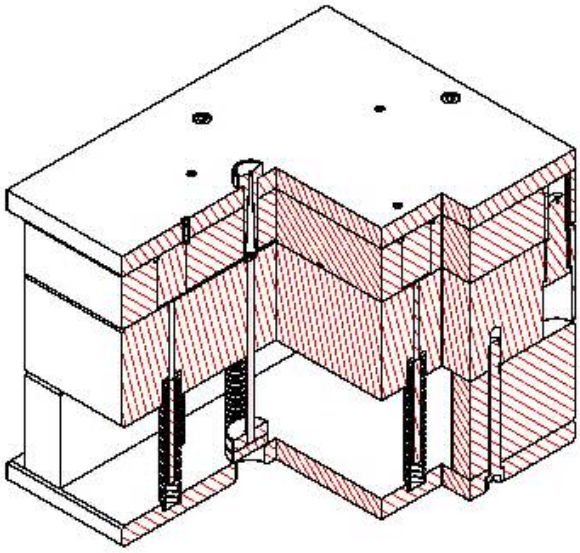


الشكل (4) العينات بشكل تخطيطي

وصف القالب:

قالب عادي بسيط به ستة تجويفات لإنتاج ست قطع(عينات) في الشوط الواحد ما لم يتم إغلاق أحد مجاري التغذية الثانوية. و تبعد كل عينة مسافة (30,60,90,120,150,180) ملم عن مركز الحقن. أبعاد القالب الرئيسة (450,400,330) ملم ووزنه تقريباً بحدود 350 كغ، وبالنسبة لبحثنا هذا استخدمنا جلبة حقن لها فتحة واحدة لمرور البلاستيك لعينة واحدة فقط ويمكن تدوير جلبة الحقن لأية عينة أخرى وبسهولة دون فك القالب عن الآلة وتبين الأشكال الآتية (5، 6،) الشكل العام للقالب.

الشكل (5) صورة فوتوغرافية للقالب



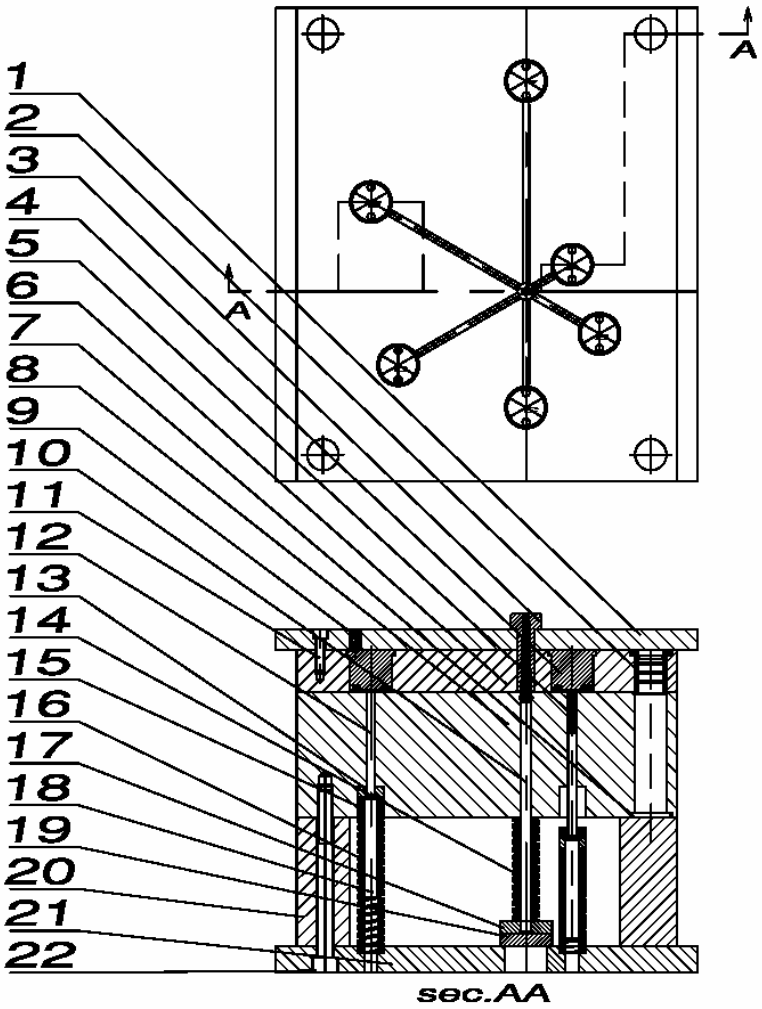
الشكل (6) منظور مقطوع للقالب

ويبين الرسم الهندسي المرفق بالصفحة الآتية القالب:

ستاندر	فولاذ	4	برغي ربط بلاطة الربط الخلفية مع الموجبة	22
	فولاذ كربوني	1	بلاطة الربط الخلفية	21
	فولاذ كربوني	2	كرسي المباعدة	20
	فولاذ كربوني	1	قرص حصر لافظ العقب مع الأسفل	19
ستاندر	فولاذ مقسى	6	دليل النابض من الداخل (لافظ 13.5 ملم)	18
	فولاذ كربوني	1	قرص حصر لافظ العقب من الأعلى	17
ستاندر	فولاذ قاسٍ	6	نابض عياري لون أحمر طول 140 ملم	16
	فولاذ	6	رنديلة حصر لافظ دليل نابض لفظ القطعة	15
ستاندر	فولاذ قاسٍ	1	نابض إرجاع لافظ العقب	14
	فولاذ	6	رنديلة حصر اللافظ	13
ستاندر	فولاذ قاسٍ	6	لافظ القطعة المنتجة و محدد الضغط بالقالب	12
ستاندر	فولاذ	4	برغي ربط بلاطة الربط الأمامية مع الموجبة	11
ستاندر	فولاذ قاسٍ	1	لافظ العقب	10
ستاندر	فولاذ قاسٍ	6	برغي كرة	9
P20 + ni	فولاذ مسبق المعالجة	1	بلاطة السالبة	8
ستاندر	فولاذ مقسى	4	دليل	7

الفـــــولاذ المتـــــوفر بالسوق	فولاذ كربوني	1	بلاطة الموجبة	6
	بلاستيك		المنتج	5
P20 + ni	فولاذ مسبق المعالجة	6	جلبة الطبعة	4
ستاندر	فولاذ مقسى	1	جلبة الحقن	3
ستاندر	فولاذ مقسى	4	جلبة الدليل	2
الفـــــولاذ المتـــــوافر بالسوق	فولاذ كربوني	1	بلاطة الربط الأمامية	1
ملاحظات	نوع المعدن	العدد	اسم القطعة	الرقم
جامعة دمشق كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية		الرسام	المهندس : فايز الطيان	
		المصمم	المهندس : فايز الطيان	
		المدقق	الـــدكتور المهنـــدس : معتـــز جاويش	

مقيـــــاس الرسم	الأبعاد	السنة		قالب بلاستيك عياري لاختبارات متغيرات الحقن
1/1	ملم	3	2005	


A
A
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
sec.AA

ينتج القالب ست عينات مشكلة على ست جلب(تحمل الرقم 3) وهي على شكل جسم اسطواني له كتف لمنع حركته للأمام، ويسمح لها بالدوران حول محورها وحفر على هذا الوجه ستة مراكز على شكل مخروط لدخول كرة البرغي (رقم 9) وذلك لتحديد وضع الجلبة بعد تدويرها بالمفتاح في أثناء تجريب القالب من وجه، ومن الوجه الآخر حفر وجه الطبعة الأول من العينة وهو عبارة عن قرص قطره (36) ملم وسماكته (3) ملم وبه تجوفان لدخول المفتاح الخاص لتدوير الجلبة، وحفر حرف باللغة الإنكليزية في كل جلبة وعلى التوالي لتمييز العينة فيما بعد، وحفر على محيط التجويف ست بوابات للتغذية وبمساحات مقطع مختلفة وعلى شكل نصف دائرة وهي على التوالي(0.5-0.75-1-1.25-1.5-1.75) ملم، وحفر مقابل كل بوابة رقم باللغة الإنكليزية لتمييز البوابة التي تم من خلالها الحقن وليس لهذا الجزء أي أهمية في الحسابات.

وكان الجزء الثاني من الطبعة في قالبنا هذا سالباً وذلك تبعاً لشكل القطعة، وحفر في بلاطة الموجبة(رقم 8)، وكان شكل الحفرة عبارة عن حفرة اسطوانية بقطر (8 ملم) وعمق (120ملم).وبها لافظ مركزي بقطر(8 ملم) خلفه نابض عياري رقم(14)ذو ثابت صلابة معروف مهمته تلقي ضغط البلاستيك عند مواجهة اللافظ للمصهور البلاستيكي عند الحقن والتراجع للخلف حتى التعادل مع ضغط البلاستيك. وبعد انتهاء الحقن والتبريد وفي أثناء الفتح تقوم هذه اللوافظ بلفظ القطع تحت تأثير النوابض ومن قياس طولها يمكن حساب الضغط في القالب.

ركب القالب على آلة البلاستيك و تم اختيار درجة الحرارة المستخدمة عادةً في أثناء التعامل مع البولي اثيلين وهي (160 درجة مئوية)، كما اختيرت سرعة حقن ثابتة ومقبولة لعمليات حقن البولي اثيلين بشكل عام وذلك بعد إجراء استقصاء لمجموعة كبيرة من القوالب التي ركبت على الآلة قبل الآن، و ذلك بمراجعة كمبيوتر الآلة ومراجعة سرعات الحقن من أرشيف كل قالب على حدة وهي(50%).

ثم ركبت جلبة الحقن الأولى والتي بها مجـرى تغذيـة واحـد للـسماح للمـصهور البلاستيكي المرور لعينة واحدة فقـط و هي (A) وقد أجريت التجارب الآتيـة علـى العينة الأولى (A):

1- دورت جلبة المنتج (الوليجة الأولى) بحيث أصبحت البوابة الأولى الأصغر ذات الرقم(1) تواجه مجرى التغذية وعن طريقها فقط يدخل البلاستيك للتجويف.

- تم اختيار ضغط الزيت في أثناء الحقن بدايةً 20 كغ/سم2 وحقن عدة عينات بحدود 6 عينات ووضعت في كيس خاص ولصقت عليه ورقة تبـين جميـع بـارامترات الحقن.
- تم زيادة ضغط الزيت إلى 25 كغ/سم2 وحقن عدة عينات جديدة وبالخطوات السابقة نفسها أعيدت التجارب السابقة مع زيادة ضغط الزيت في كل مرة 5 كغ/سم2 حتـى الوصول إلى ضغط الزيت إلى 85 كغ/سم2.

أعيدت التجارب السابقة نفسها و العينة A بالذات و بالخطوات السابقة نفسها لجميـع البوابات الخمس الباقية وذلك بعد تدوير جلبة الحقن في كل مرة ليواجه مقطع البوابـة المراد التجربة عليه مجرى الصب، وكانت العينات المنتجة مختلفـة أطـوال القـسم السفلي وأشكال العينات مبينة بالشكل (7)

الشكل(7)صور العينات المختلفة

تم قياس طول القسم السفلي لمجموعة العينات الواحدة لبارامترات محددة والموجودة في كيس واحد، ومن ثم أُخذ المتوسط الحسابي للقياس ومن الطول المتوسط حـسب ضغط الحقن في القالب.

حساب الضغط في القالب:

1- قياس طول القسم السفلي من المنتج البلاستيكي والذي يساوي مقدار انضغاط النابض L

2- قوة إرجاع النابض = ثابت صلابة النابض * مقدار الانضغاط

3- ضغط الحقن في القالب P1 والمطلوب حسابه

مساحة المقطع السفلي للعينة/القوة=P1

4- إذْ ثابت صلابة النابض من الجدول وهو 5.27 كغ\سم2

سطح العينة المعرضة للانضغاط هو : 0.5024 سم2

P1= L*5.27/0.5024 ==➔ P1= 10.49 L

أما الضغط في مقدمة اللولب:

فيحسب بالطريقة الآتية:

1- قراءة ضغط الحقن من شاشة كمبيوتر الآلة والتأكد منها من مؤشر ضغط الزيت العام Pc .

2- القوة المطبقة على اللولب ***F***c أو القوة المطبقة على البلاستيك في مقدمة اللولب وتحسب ***Fc= Pc*F*** إذْ ***F*** مساحة مقطع المكبس المؤثر في لولب الحقن.

3- الضغط المطبق بمقدمة اللولبP ويحسب من العلاقة ***P= Fc/A*** إذْ A مساحة سطح مقطع اللولب.

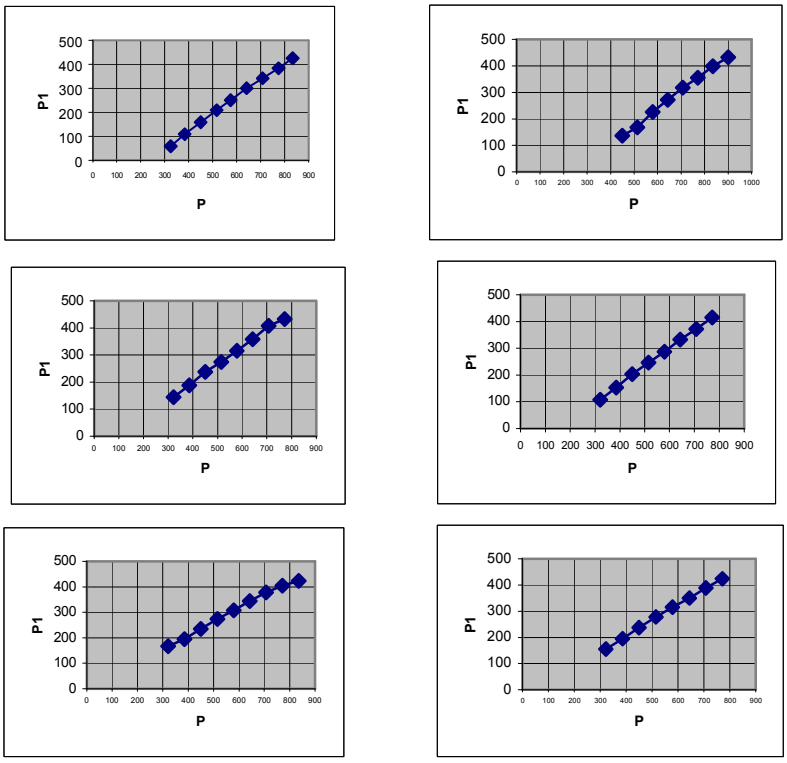
4- بسبب تعذر الحصول على أبعاد سطح مكبس الحقن من الكتلوك أو من الشركة الصانعة تم حساب الضغط في مقدمة اللولب كنسبة من الضغط الاعظمي للآلة وعلى الشكل الآتي:

ضغط الحقن الأعظمي من كاتلوك الآلة (1800 كغ/سم2) وذلك يقابل ضغطاً للزيت في الأنابيب قدره (140 كغ/سم2) وبذلك يكون ضغط حقن البلاستيك بمقدمة اللولب:

P= Pc*1800/140 ➔ ***P= 12.857*Pc***

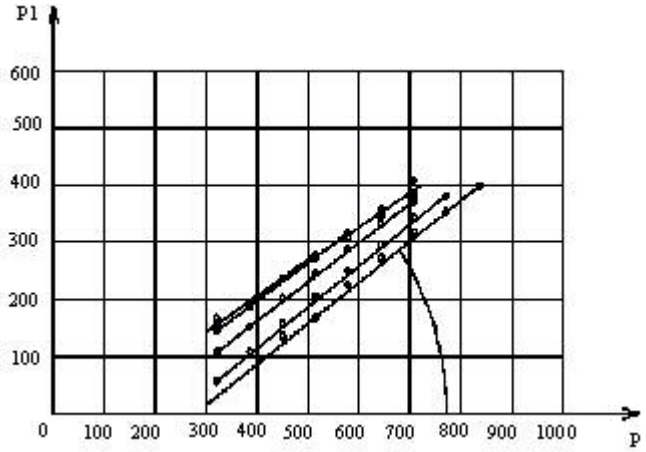
وكانت المنحنيات لجميع البوابات متشابهة (خطوطاً مستقيمةً)

وتبين المخططات بالشكل (8) علاقة تغير الضغط في القالب بضغط الحقن في مقدمة اللولب وذلك لجميع الوابات:



الشكل (8) علاقة تغير الضغط في القالب مع الضغط في مقدمة اللولب

لمعرفة معادلات المنحنيات السابقة وثوابتها ما أمكن قمنا برسم جميع المنحنيات لكل عينة على مخطط الأوتوكاد، وكانت على شكل خطوط مستقيمة (طبعاً ينطبق هذا التعبير على مجال معين فمن الواضح أن انخفاض ضغط الحقن عن قيمة معينة سينهار الضغط في القالب إلى الصفر أي أنه لن تكون هناك أي تعبئة في القالب و النابض لن يتحرك). المخططات للعينة الأولى وهي A مبينة بالشكل(9).



الشكل (9)علاقة تغير الضغط في القالب مع الضغط في مقدمة اللولب لجميع البوابات

نستنتج من المخططات أن علاقة ضغط القالب بدلالة ضغط الحقن في مقدمة اللولب علاقة مستقيم من الشكل 9

$Y=mX+A$

إذْ زاوية ميل المستقيم هي 36 درجة أي الميل $m=0.723$

أما الثابت Aفهو ثابت تتعلق قيمته،كما هو واضح من المخططات، بمساحة مقطع البوابة وهو ذو قيمة سالبة، وتمثل قيمته(المطلقة) مقدار ضياع الضغط بسبب التضيّق عند فتحة البوابة وأفضل قيمة(أقل ضياع للضغط) لهذا الثابت لأقرب عينة وأكبر بوابة وتساوي بالقيمة المطلقة (40 كغ \سم2).

أما الميل فربما يتعلق بنوع المواد ومساحة مقطع مجاري التغذية من جهة وشكله من جهة أخرى، وبذلك تصبح العلاقة على الشكل الآتي:

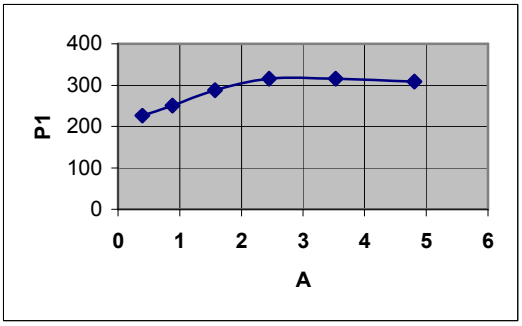
$$P1=0.723P+A$$

وهي علاقة الضغط في القالب مع الضغط بمقدمة اللولب.

علاقة تغير الضغط مع تغير مقطع البوابة:

نلاحظ من الشكل (9)، والذي يمثل تغير الضغط لجميع البوابات، أن الخطوط متوازية كما رأينا، ولكنها تقترب من بعضها عند القيم الكبيرة للبوابة ولفهم هذا السلوك تمَّت الاستفادة من التجارب السابقة وذلك لمعرفة تغير الضغط في القالب مع تغير مقطع البوابة وذلك من أجل ضغط ثابت في مقدمة اللولب مقداره (578كغ\سم2) علماً أن الواحدات هي:

Aملم2 و P1 كغ\سم2 وهذه العلاقة مبينة في الشكل(10)

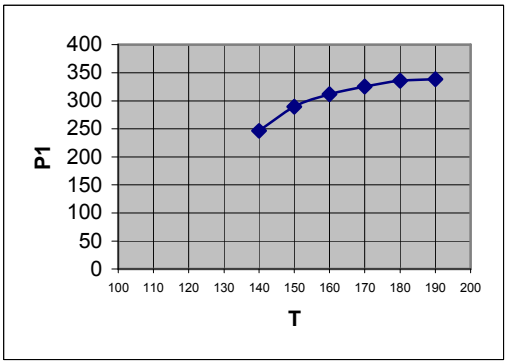


الشكل(10) تغير الضغط في القالب((P1) بتاثير مقطع البوابة(A)

ومن مناقشة هذا المخطط نستنتج أن الضغط يزداد بسرعة مع زيادة مقطع البوابة عندما تكون صغيرة، ولكن عند زيادة مقطع البوابة عن حد معين يصبح زيادة مساحة مقطع البوابة دون فائدة، وكما هو مبين من المخطط فإنَّ هذه البوابة هي البوابة الرابعة وبعد هذه النقطة فهناك مقارب للمنحنى أي أنّه من الأفضل عدم زيادة مقطع التغذية لأنَّ زيادة مقطع التغذية سيؤدي إلى تشويه المنتجات، وإزالة الزوائد قد يؤدي إلى تشويه المنتجات أو يجب استخدام تكنلوجيا لإزالة هذه الزوائد.

علاقة تغير الضغط مع تغير درجة الحرارة في اسطوانة التلدين:

لإيجاد علاقة تغير الضغط مع تغير درجة الحرارة اخترنا العينة D والتي تبعد عن مركز الحقن 120 ملم واخترنا البوابة الثالثة وضغط حقن 643 كغ/سم2 وأجريت التجارب بدءاً من درجة حرارة 140 درجة مئوية وتم حقن عدة عينات، ومن ثم رفعت درجة الحرارة 10 درجات وأعيد الحقن من جديد ورُفِعَتْ أيضاً 10 درجات أخرى وهكذا حتى الوصول إلى درجة 190 درجة مئوية، ولم نرفعها أكثر من ذلك بسبب صدور رائحة تدل على بدأ احتراق المواد في اسطوانة التلدين والنتائج مبينة بالمخطط في الشكل (11)



الشكل (11)علاقة الضغط في القالب بتغير درجة الحرارة

نلاحظ من مناقشة هذا الشكل أن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة الضغط في القالب (زيادة الملء في القالب) ولكن ذلك التزايد ليس خطياً بل منحنياً وله مقارب، فزيادة الحرارة أكثر من 190 لن يعطي فائدة لزيادة الضغط في القالب فضلاً عن أن ذلك قد يؤدي إلى تغير مواصفات البلاستيك، وكما نلاحظ فإنَّ تغير الضغط بين استخدام درجة حرارة 170 درجة مئوية ودرجة 190 أدى إلى تغيّر نسبة ضغط لا تزيد على 5%.

النتائج:

1- دلت ا لتجارب على أن علاقة الضغط في القالب بدلالة الضغط في مقدمة اللولب هي علاقة خطية من الشكل $P1=0.723P+A$

وتعطي زيادة الضغط في القالب نتائج إيجابية. ومن الأفضل لاحقاً محاولة حساب الثابت (A) والذي يمثل ضياع الضغط، وهو يتعلق كما دلت التجارب (بطول مجرى التغذية – ومساحة مقطع البوابة) وهو بشكل بديهي يتعلق بـ (نوع مادة البلاستيك – وشكل مقطع مجاري التغذية وأبعاده)

2- تعطي زيادة درجة الحرارة نتائج إيجابية لذلك، من المفضل زيادة درجة الحرارة ما أمكن ما دامت مواصفات البلاستيك تسمح بذلك(ولا تؤثر في جودة المنتج).

3- بالنسبة لمقطع البوابة كان هناك مساحة مقطع بوابة حقق ضغط حقن جيداً وليس من المناسب زيادته أكثر من اللازم لأن ذلك لن يفيد بزيادة الضغط بشكل فعال من جهة وسيؤدي إلى زيادة تماسك المنتج مع مجاري التغذية من جهة أخرى، ومن ثَمَّ سيؤدي إلى صعوبة في فصله وإبقاء أثر بعد الفصل. لذلك يفضل أخذ أبعاد المقطع(عمق، وعرض) من العلاقات التجريبية المعروفة سابقاً.

المصادر العلمية

1-PLASTICS MOLD ENGINEERING HAND BOOK
J. Harry DUBOIS (1977)
2-How to Make Injection Molds Georg Menges (1993)
3- البلاستيك وآلاتة الدكتور معتز جاويش منشورات جامعة دمشق 1983
4- البلاستيك تصميم وإنتاج وترجمة وإعداد المهندس سليمان خليفة والمهندس جمال عمران (1991)

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق:2005/4/20.