

2- القوالب بالحقن Injection molding

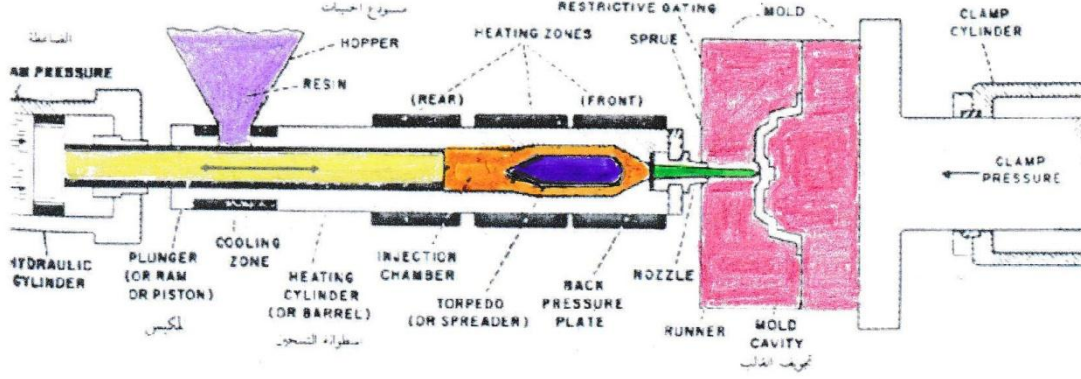
في هذه الطريقة يصهر البوليمر ثم يحقن المنصهر اللزج داخل قالب بارد نسبياً ذا تجويف يمثل الحاجة المراد تصنيعها فيبرد المنصهر اخذاً شكل القالب ويتصلب.

تتميز هذه الطريقة بالسرعة والدقة التصنيعية العالية الا انها تحتاج الى معدات معقدة نسبياً مقارنةً بالقوالب بالكبس لان العملية تتم بشكل الي ودوري تبتدئ بانطباق جزئي القالب على بعضهما ثم يقوم المكبس او الحلزون بدفع منصهر البوليمر تحت ضغط عالي الى القالب عبر مجرى ضيق يسمى Runner يتبعها فتح جزئي للقالب ويرمى الجزء المصنوع للخارج وتدعى هذه الفترة الزمنية بزمان دورة الحقن Inection cycle time التي تتراوح بين 10-30 ثانية وحسب الحاجة المراد تصنيعها وحسب وزنها بين عدة غرامات الى عدة كيلو غرامات.

تصنع بهذه الطريقة العديد من الحاجيات مثل هيكل الثلاجة الداخلي او هيكل التلفزيون الخارجي او الراديو وغيرها.

هذا النوع من القوالب يكون على نوعين حسب المعدات المستخدمة:

1- القوالب بالحقن المكبسية Plunger injection molding



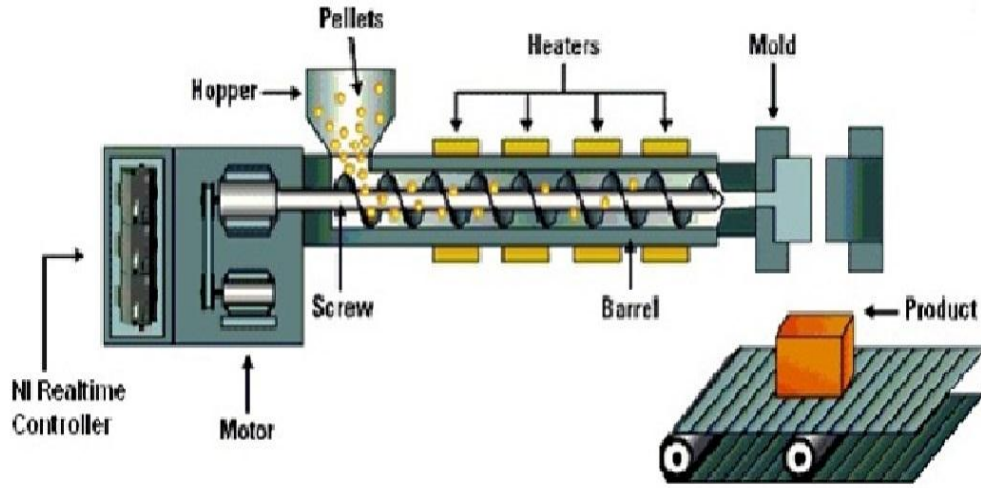
تتألف المعدات من خزان Hopper لحبيبات البوليمر التي تنزل على شكل وجبات Batches محددة مسبقاً اما على شكل وزن او على اساس حجم اسطوانة التسخين Heating chamber

تبدأ دورة الحقن باندفاع المكبس للامام دافعاً البوليمر الى داخل اسطوانة التسخين التي تحتوي على طوربيد Torpedo الذي يساعد على مزج وتجانس منصهر البوليمر واثناء مرور المنصهر بين الطوربيد واسطوانة التسخين تصهر حرارته مقاربه الى درجة حرارة الاسطوانة.

عندما يصل المنصهر الى فوهة الحقن Nozzle يكون قد بلغ اللزوجة المناسبة للتصنيع.

2- القولبة بالحقن الحلزونية Spiral injection molding

في هذه الطريقة يستخدم تركيب حلزوني بدل المكبس. يقوم هذا الحلزون بالضغط ومزج البوليمر فيندفع المنصهر تدريجياً للإمام. أن تصميم التركيب الحلزوني مهم جداً حيث يعتمد على عمق النتوءات للحلزون فكلما كانت بارزة تزيد من كمية البوليمر المنتقلة او المتحولة الى المنصهر وتقلل من سرعة التسخين.



مقارنة بين طرق القولبة بالحقن

الطريقة المكبسية

1- يحصل تبذير كبير في الضغط المسلط على المكبس المتحرك بالاسطوانة فقد وجد بان الضغط المستغل فعلياً هو اربعة اخماس الضغط المسلط؟

2- عملية التسخين تتم من خلال اسطوانة التسخين أي من الخارج الى الداخل بالاعتماد على التوصيل الحراري الرديء أصلاً للبوليمرات مما قد يتسبب بتفكك البوليمر أو الأجزاء القريبة من سطح الاسطوانة التي تكون فيها فيها الحرارة اعلى نسبياً.

3- وسيلة المزج هي الطورييد الذي يقوم بتوزيع المنصهر حوله فيكون المزج غير جيد مقارنة بالطريقة الحلزونية

الطريقة الحلزونية

1- ضغط الحقن اعلى بكثير من الطريقة المكبسية.

2- عملية تسخين وصهر البوليمر تعتمد على حرارة الاسطوانة المعتدلة والحرارة الناتجة عن الاحتكاك بسبب حركة الحلزون. ومما يعجل من سرعة التسخين بهذه الطريقة هو وجود البوليمر على هيئة طبقة رقيقة محصورة بين التركيب الحلزوني واسطوانة التسخين.

3- عملية المزج تعتمد على الحلزون الذي يمزج البوليمر جيداً مما يؤدي الى تجانس البوليمر

التطورات فى عملية القولبة بالحقن:

لأهمية الطريقة ولتقليل العيوب فيها أدخلت عدة تحويلات من شأنها تطوير الطريقة ومن هذه التحويلات هي إدخال مرحلة

التليين المسبق **Pre-plasticisation** فى معدات التصنيع حيث يتم تجزئة العملية التصنيعية إلى وحدتين وحدة تليين وصهر البوليمر والأخرى لحقن منصهر البوليمر.

على الرغم من إن إضافة وحدة التليين تزيد من تعقيد المعدات وتزيد الكلفة إلا إن إدخال هذه المرحلة او وحدة التليين المسبق والتي قد تكون بوضع مائل او موازي او متعامد مع الوحدة الثانية، لها أهمية كبيرة من الناحية التصنيعية منها:

- 1- تختصر زمن القولبة من خلال تقليل زمن الحقن مع امكانية زيادة زمن التسخين وزيادة المساحة السطحية المعرضة للتسخين.
- 2- منصهر البوليمر يكون اكثر تجانساً ويكون عند درجات حرارية معتدلة مما يقلل من احتمالية تفككه، وتكون الحاجيات المصنعة بهذه الطريقة ذات جودة عالية

القوالب المستخدمة في هذا النوع من القولية:

تكون من المعادن والسبائك المكلفة نسبيا لما تمتاز بها سطوح داخلية ملساء وقادرة على تحمل الضغوط العالية ويجب ان تكون مجهزة بتراكيب خاصة تسهل من دفع الحاجة المصنعة للخارج بعد اكمال تصنيعها.

فوهة الحقن Nozzles :

وهي تمثل وحدة الاتصال بين المنصهر وبين المجرى المؤدي الى تجويف القالب وعادة ما تصنع من سبائك النحاس والبريليوم او الفولاذ التي لها قابلية تحمل للضغوط العالية وتمتاز بكتلتها الكبيرة القادرة على المحافظة على حرارة المنصهر وتمنع تصلبه.

العمليات التكميلية للقولية بالحقن:

- 1- **تجفيف حبيبات البوليمر:** تمتاز بعض البوليمرات مثل النايلونات والمشتقات السليلوزية والبولي كاربونات بقابلية امتصاص الرطوبة والتي تسبب مشاكل تصنيعية مثل تكوين الفجوات او الفقاعات او غيرها.
- 2- **المزج:** وهي خطوة مهمة يجب اجرائها قبل ادخال المادة عملية التصنيع حيث يمزج البوليمر مع جميع المضافات مثل الملدنات والمثبتات والمالنات وغيرها.
- 3- **اعادة طحن البوليمر:** وهي تجري للمخلفات الناتجة من عملية التصنيع حيث تطحن على شكل مسحوق ويضاف مع الحبيبات الجديدة لاعادة تصنيعها.
- 4- **عمليات اخرى:** مثل اعمال الصيانة واستخدام المزيئات مثل زيت السليكون ومسحوق ستيرات الخارصين وغيرها.