

تقنيات تصنيع البوليمرات Polymers processing techniques

مرحلة تصنيع البوليمرات من المراحل النهائية والأساسية في الصناعات لأنها تحدد الكثير من الصفات الحاجيات النهائية مثل القوة ، المتانة ، المرونة

هناك طرق عديدة لتصنيع البوليمرات على سبيل المثال طرق تصنيع الراتنجات الحرارية تختلف عن بقية الأصناف الغير القابلة للانصهار

طرق تصنيع البوليمر تحددها طبيعة الناتج المراد تصنيعه والهيكل الخارجي على سبيل المثال: طرق تصنيع البولي ايثيلين للأنايب البلاستيكية تختلف عن الطرق المستخدمة في إنتاج الرقائق(الافلام) وتختلف عنها في الطرق المتبعة في إنتاج القناني البلاستيكية او الالياف

طرق تصنيع البوليمر تتحدد بالخصائص الفيزيائية للبوليمر مثل التبلور ودرجة الانصهار البوليمرية ودرجة الانتقال الزجاجي والثبات الحراري

هناك على سبيل المثال البولي اكريلونتريل يتفكك منصهره والبعض الاخر تكون منصهراتها عالية جدا والتي ترتبط بشكل مباشر مع

الوزن الجزيئي للبوليمر لما لهو من اهمية بالغة في اختيار طريقة التصنيع المناسبة وذلك لارتباطها بلزوجة البوليمر لان لزوجة منصهر البوليمرات تعتمد اعتمادا كبيرا على الوزن الجزيئي للبوليمر وتوزيعه.

معامل السيولة او لزوجة المنصهر Melt index or melt viscosity

معامل السيولة او لزوجة المنصهر هو وصف لسلوك الانسياب لمنصهرات البوليمرات عند درجات حرارية وضغوط محددة فكلما زادت لزوجة المنصهر قل معامل السيولة والعكس صحيح.

وهو يعتمد على الكثير من العوامل منها الوزن الجزيئي وتوزيعه، درجة التشابك، درجة التفرع

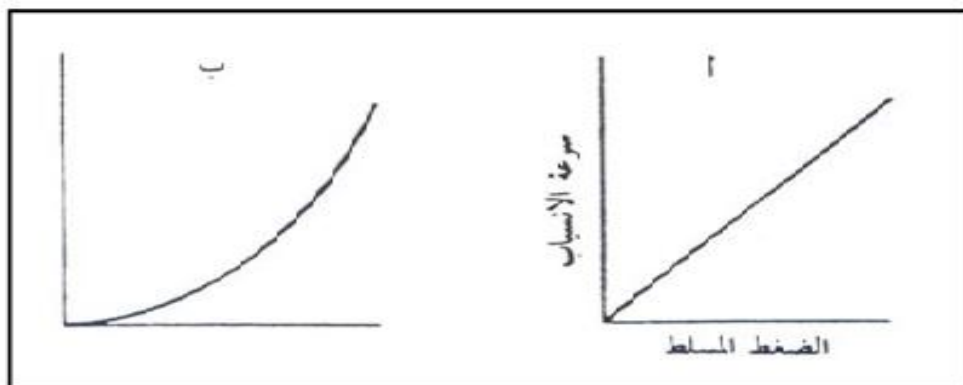
هذه الخاصية مهمة أساسية في تصنيع الكثير من الحاجيات مثل الرقائق (الأفلام) والأنابيب والحاويات والصفائح وغيرها.

هناك علم يتخصص بدراسة الصفات الانسيابية لمنصهرات البوليمرات يدعى علم الانسياب (Rheology)

الانسياب لمنصهرات البوليمرات يختلف عن الانسياب في السوائل الاعتيادية الذي يتناسب طردياً مع الضغط المسلط عليه وهذا ما يسمى السلوك النيوتوني

Newtonian flow والسوائل تسمى السوائل النيوتونية Newtonian fluid

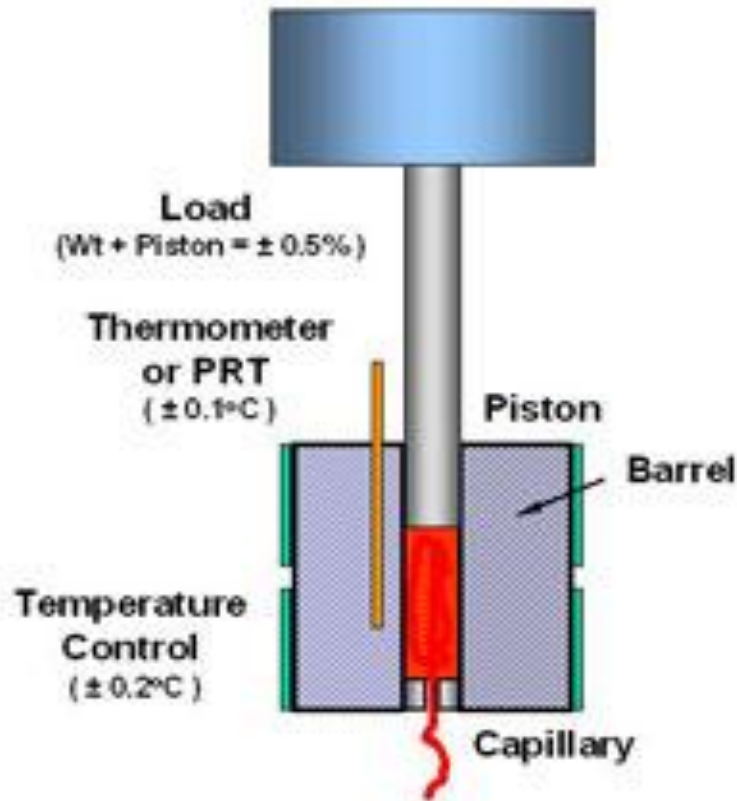
أما الانسياب بالبوليمرات فتأخذ شكل منحنى وتزداد سرعة الانسياب بتعجيل أكثر من الضغط المسلط عليه وهنا سلوك الانسياب يعتمد اعتماد كبير على ظروف التصنيع من ضغط ودرجة الحرارة وهو يختلف من بوليمر الى آخر وحتى يختلف لنفس البوليمر ولكن مختلفين بالوزن الجزيئي او التفرع او غيرها من الاختلافات.



شكل ١ : العلاقة بين سرعة الانسياب والضغط المسلط

(i) سوائل نيوتونية (ب) غير نيوتونية.

يقاس معامل السيولة بواسطة اجهزة خاصة تسمى مقياس معامل السيولة MFI وتتضمن الطريقة قياس كمية منصهر البوليمر التي تخرج من فتحة قياسية تحت تأثير حرارات وضغوط محددة حسب نوع البوليمر وبزمن 10 دقائق (gm/10min).



طرق تصنيع البوليمرات :

1- القولية بالكبس Compression molding

وهي من الطرق الأساسية في تصنيع الراتنجات المتصلبة حرارياً Thermoset وتستخدم على نطاق ضيق لتصنيع بعض البلاستيكات البسيطة والمطاط.

من الراتنجات التي يتم تصنيعها بهذا النوع من القولية

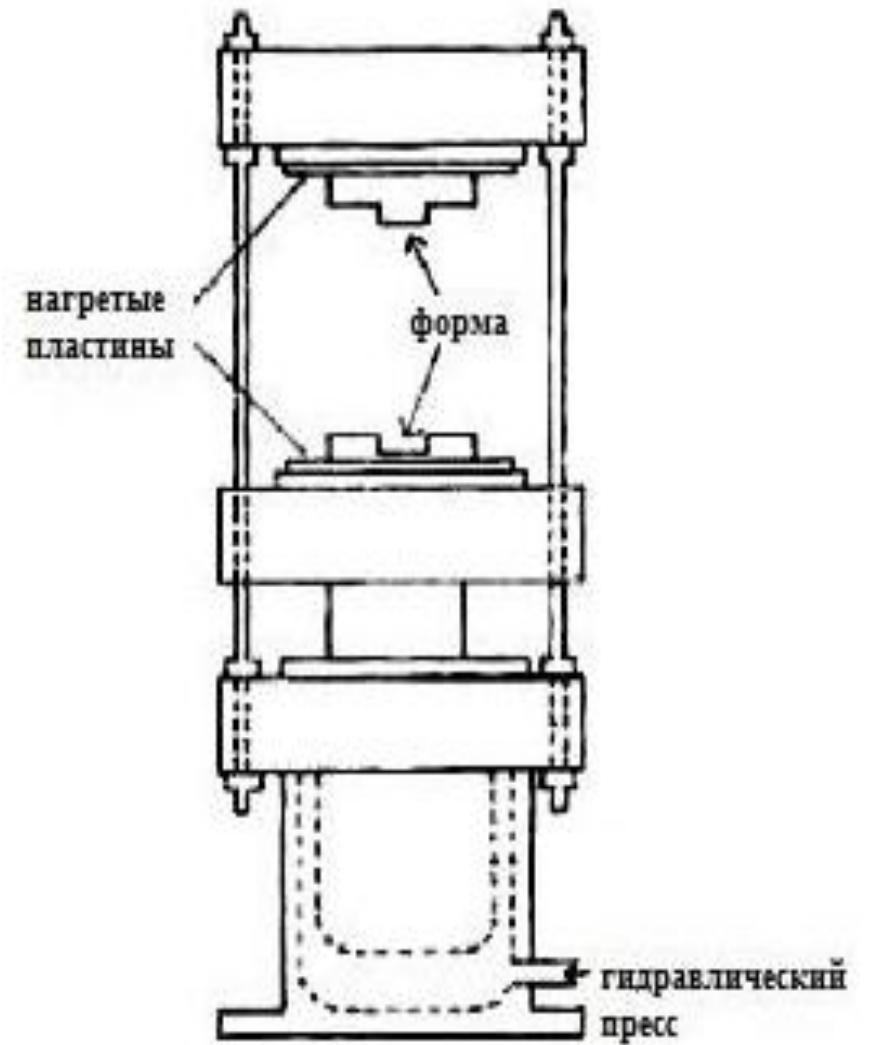
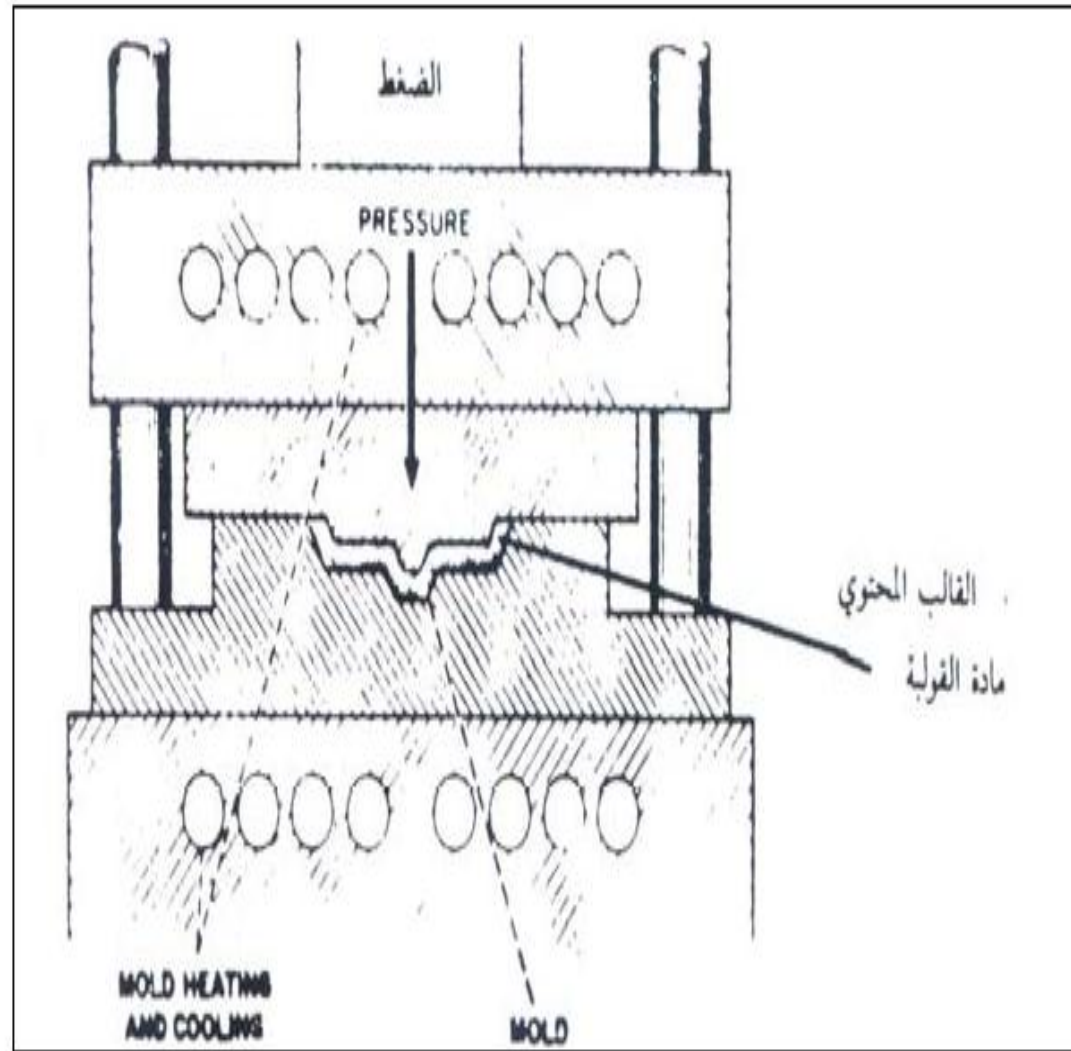
راتنجات الفينول فورمالديهايد، اليوريا فورمالديهايد، الميلامين فورمالديهايد، بعض راتنجات الالكيدات، راتنجات الايبوكسي وبعض بوليمرات السليكون.

المعدات المستخدمة:

قالب يتكون من جزئين ومعدات تسخين القالب ومعدات ضغط

طريقة التصنيع:

يوضع مسحوق البوليمر في الجزء السفلي من القالب ويسخن الى ان يصبح ليناً ليتخذ شكل القالب بعدها يطبق عليه الجزء العلوي الساخن من القالب ويبقى تحت تأثير ضغط يبلغ حوالي 10 كغم/سم² لفترة من الزمن يعتمد على نوع البوليمر وطبيعة التفاعلات التشابكية او تفاعلات التقسية.



شكل ٢: مخطط لتصنيع بواسطة القولية بالكبس

متطلبات التصنيع بالقولبة بالكبس :

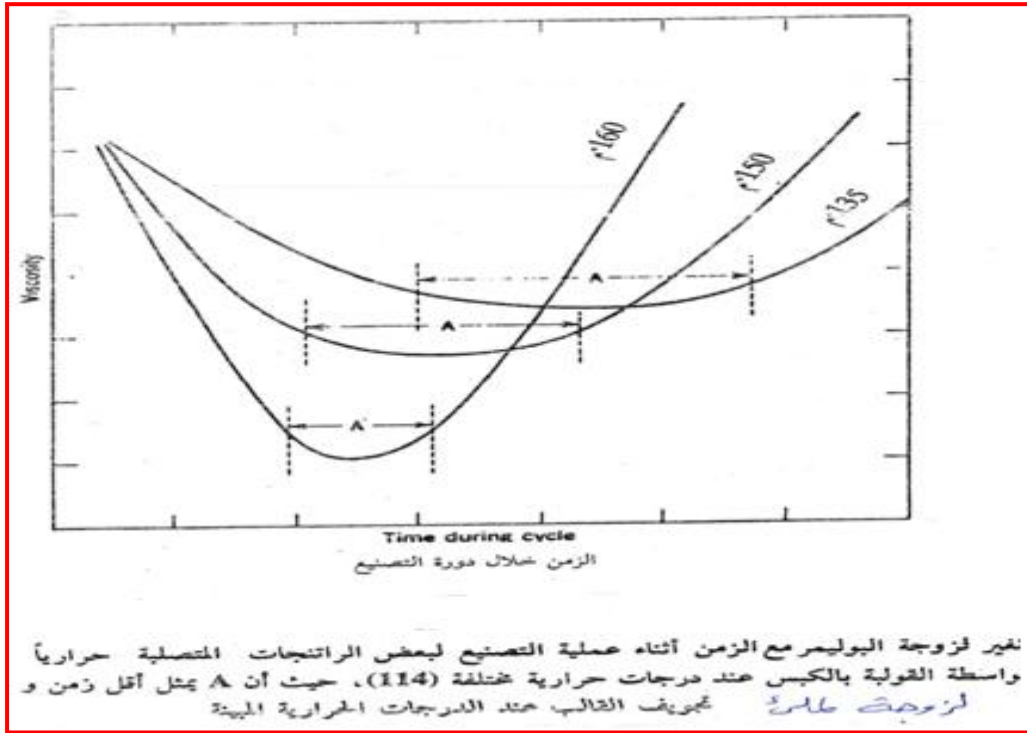
هناك خمسة عناصر رئيسية في العملية التصنيعية وهي:

- أ- تصميم الحاجة المصنعة: عند تصميم الحاجة التي يجري تصنيعها بواسطة القولبة بالكبس يجب التمعن في طبيعة الراتنجات المستخدمة في التصنيع وقوة المادة عند تقسيثها. ويجب أن تكون الحاجة ذات سمك مناسب وخالية من الزوايا الحادة وبسيطة الشكل. يجب أن تكون الحاجة المصنوعة قوية لكي يسمح بإخراجها من القالب دون أن تنكسر أو تتشوه.
- ب- اختيار المادة: يجب بذل العناية الفائقة في اختيار الراتنجات المناسبة للتصنيع بهذه الطريقة، فإن للراتنجات المختلفة خواص انسيابية متباينة، وتحتاج إلى أوقات محددة للتقسية (Curing times) عند درجات حرارية مختلفة، ذات مواصفات ميكانيكية وكيميائية وكهر بائية مناسبة لطبيعة استخدام الحاجة المصنوعة.
- ج- تصميم القالب: بالرغم من أن الشكل العام للقالب يتبع شكل الحاجة المراد تصنيعها إلا أن هنالك عدد آخر من العوامل التي تؤثر على تصميم القالب وبنائه، وهي:
 - ١- يجب أن يكون القالب قوياً ومتميناً يتحمل الضغط المسلط عليه عند درجة حرارة القولبة.
 - ٢- يجب أن يحتوي القالب على نتوءات خاصة متحركة تسهل إخراج الحاجة من القالب.
 - ٣- يجب أن تكون السطوح الداخلية للقالب ملساء لتسهيل عملية إخراج الحاجة من القالب ويجب أن يكون مقاوماً للتعرية (Erosion) نتيجة للاستخدام المتواصل.
 - ٤- يجب أن يكون القالب مصمماً بحيث يمكن تسخينه وتبريده بشكل متجانس.
- د- مكائن التصنيع: هنالك أنواع متعددة من مكائن التصنيع. فمنها السريعة ومنها البطيئة ومنها الكبيرة ومنها الصغيرة، والآلية واليدوية. وإن اختيار النوع المناسب من مكائن التصنيع مهم جداً ويعتمد على طبيعة الراتنج وعلى حجم الحاجة المراد تصنيعها.
- هـ- المشغل: نظراً لحدوث بعض القساخات الكيميائية أثناء عملية تصنيع بعض الراتنجات بهذه الطريقة ولتعدد المتغيرات التي يجب السيطرة عليها مثل درجة الحرارة وزمن التقسية والضغط اللازم لذلك يجب أن يكون المشغل ذو ممارسة جيدة ومتمرن على هذه العمليات.

العوامل المؤثرة على القولية بالكبس

أ- مواد القولية

الخاصية المهمة لكل المواد هو تغير صفات اللزوجة-الزمن فمعظم مواد القولية تكون حبيبات او مساحيق تتحول الى سوائل عند تعرضها للحرارة وتقل لزوجتها مع استمرار التسخين تبدأ تفاعلات التشابك وتبدأ اللزوجة بالارتفاع ثانية الى أن تتصلب المادة



من المنحنيات يلاحظ:

1- هناك درجة حرارة مناسبة وزمن مناسب للقولية واكتمال حالة التصلب

صلب ← سائل ← صلب

2- تنخفض لزوجة المادة عند زمن معين من التسخين وتبقى اللزوجة واطئة لفترة زمنية محددة (يجب استغلالها لتسليط ضغط على المنصهر لينتشر الى جميع اجزاء القالب ضمن هذه الفترة الزمنية)

3- الزيادة بدرجة الحرارة خفضت اللزوجة (أي يمكن الانسياب تحت ضغط واطئ) بنفس الوقت درجة الحرارة العالية لا تسمح لجميع اجزاء المادة لبلوغ اللزوجة الواطئة في نفس الحقبة الزمنية بسبب التشابك.

ب- درجة الحرارة

أن لدرجة الحرارة تأثير كبير جداً على الراتنجات المتصلبة حرارياً والتي تعاني من تفاعلات تشابكية عند مدى حراري معين

درجات الحرارة العالية تسبب تصلبها قبل ان تملئ جميع اجزاء القالب وبالمقابل الدرجات الحرارية الواطئة تحتاج لفترة زمنية اطول لاكمال التقسية، لذلك هناك لكل نوع من البوليمرات وحرارة مثلى يمكن الاعتماد عليها عند التصنيع.

عادة التسخين بهذه النوع من القولية يتم كهربائياً او بواسطة البخار اوامرار سواىل مسخنة في شبكة انابيب موجودة بتركيب القالب.

ج- الزمن

ترافق تفاعلات التشابك عادةً تحرر غازات ولكي لا تؤثر هذه الغازات على نوعية الحاجة المصنعة يجب ابقائها تحت الضغط لحين اكتمال تفاعلات التقسية او التشابك

طول زمن التقسية هو احدى نقاط الضعف في هذه الطريقة ولتقليل الزمن تسخن المواد البوليمرية مسبقاً قبل ادخالها القالب باستخدام عدة طرق منها مثلاً المصابيح الاشعة تحت الحمراء او بواسطة الهواء او تسخينها بافران كهربائية خاصة لهذا الغرض

عندما يكون زمن التقسية قصيراً أي اخراج المادة المصنوعة قبل الفترة الزمنية المحددة لها فان هذه الغازات المحصورة داخل المادة تخرج منها تاركة عيوب بالحاجة على شكل انتفاخ او تمزق.

تم تطوير هذه الطريقة وذلك بفتح القالب لفترة زمنية محددة تسمى:

زمن التنفيس Breath time وهو زمن فتح قالب الكبس للتخلص من الغازات المضغوطة ثم اعادة اغلاقة قبل اكتمال تفاعلات التشابك. وبالتالي تقليل زمن التشابك او التقسية التي تحدث بسرعة اكبر في حالة غياب الغازات المتحررة والتي تكون بحالة توازن مع البوليمر المتشابك.

د- الضغط

استخدام الضغط لهذا النوع من القوالب مهم لسببين:

- الأول- ضمان ملئ جميع تجاويف القالب بالبوليمر وبالتالي تمنع جميع الغازات الموجودة من تكوين فقاعات أي إن جميع أجزاء الحاجة المصنوعة متجانسة.
- الثاني- زيادة الضغط تسبب زيادة سرعة التسخين لان زيادة الضغط تزيد من قابلية التوصيل الحراري للقالب. من جانب آخر الزيادة المفرطة بالضغط قد تسبب بتشوه أجزاء القالب.

مساوي ومزايا القوالب بالكبس:

يمكن تلخيص المزايا بالنقاط التالية:

- 1- تحتاج الطريقة الى معدات بسيطة ورخيصة الثمن مقارنةً مع الطرق الأخرى
- 2- النماذج المصنعة تكون خالية من اي توتر ولذلك تفضل في تحضير نماذج الفحوصات المختبرية.

اما المساوي التي تحد من استخدام تصنيع البوليمرات بهذه الطريقة:

- أ- الطاقة الانتاجية للتصنيع بهذه الطريقة واطئة نسبياً مقارنة بالطرق الأخرى للتصنيع والسبب يعود الى الفترة الزمنية الطويلة للكرة الواحدة (cycle).
- ب- يجب ان تكون السيطرة على التصنيع دقيقة ومضبوطة لتجنب تكون الفقاعات الهوائية على النموذج نتيجة عدم كفاية الضغط المسلط او عدم الاحتفاظ بالضغط عند التبريد.
- ج- التكاليف الاقتصادية التي تحتاجها العملية من معدات تسخين وتبريد وضغط.