

بحث بعنوان

تشكيل اللدائن و مواد البلاستيكية



اعداد :

شيرزاد حسين حسن

مهندس الميكانيك

٢٠١٢

هناك مواد هندسية أخرى عدا المعادن ذات أهمية خاصة في الصناعة والتي بدأت تحل محل المواد

المعدنية في الكثير من الصناعات كاللدائن والسيراميك والخزفيات، وتعتبر اللدائن من أهم المواد الهندسية غير المعدنية المستعملة بصورة واسعة صناعياً. وهي تنافس اليوم الكثير من المعادن والسبائك المعدنية في المجالات الصناعية المختلفة. يقصد باللدائن المواد المحضرة اصطناعياً من منتجات النفط والغاز الطبيعي بصورة رئيسية، ولكن من خامات كالفحم والجير (الكلس) والهواء والماء.. تشمل اللدائن مجموعة من المواد العضوية الطبيعية والاصطناعية التي تمتاز بمجموعة من الخواص تجعلها مؤهلة للاستعمال الواسع. وحيث أن جميع المواد الإصطناعية تكون في أي من مراحل معالجتها عند درجة حرارة تتراوح غالباً بين ٩٠ و ٢٠٠ م قابلة للتشكيل العجائني، أي في الحالة اللدنة، لذا فإنها تسمى أيضاً بالبلاستيك. ويمكن تقسيم صناعات البلاستيك إلى قسمين رئيسيين هما: تصنيع اللدائن : وهي عملية الحصول على المادة الراتنجية (كالمساحيق والحبيبات والعصى والسوائل والعجائن) من خاماتها الأولية (أساساً البترول) ثم الحصول على المنتج النهائي : وهي عملية تشكيل الراتنجات في صورة المنتج النهائي الصالح للاستعمال الاستهلاكي.

وحيث أن اللدائن توجد على شكل حبيبات، بودرة أو سوائل أو عصى أو أنابيب، وبالتالي فإن عملية تصنيعها للحصول على المنتج النهائي تختلف لتتناسب مع طبيعة الشكل الموجودة عليه. وهذا المفهوم يجب تذكره دائماً عند دراسة طرق تصنيع البلاستيك ونوع الراتنج المستخدم في عملية التصنيع.

أنواع اللدائن ومميزاتها:

كما تم ذكره سابقاً فاللدائن تطلق على المواد العضوية الاصطناعية. وتعني كلمة اصطناعية - أو تركيبية - أن اللدائن عبارة عن مركبات كيميائية من مواد أولية مختلفة، أما كلمة عضوية فتعني أن المواد المستخدمة في تركيب اللدائن أغلبها من مركبات الكربون، هذا ويشكل الكربون العنصر الأساسي في تركيب الكائنات الحية.

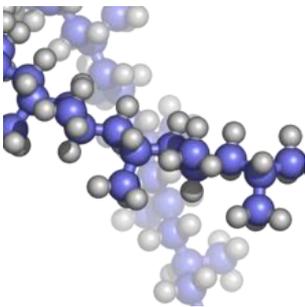
يبدأ تكوين اللدائن من المونومر Monomer وهو نقطة البداية لجميع اللدائن (البلاستيك). وهذه الكلمة تعني جزءاً واحداً اشتقاقاً من اليونانية ويقصد بها المادة المكونة من جزيئات صغيرة ذات حجم واحد، أي أنه مركب بسيط. وعندما يتفاعل هذا المركب البسيط تحت ظروف معينة فإنه يتحد مع بعضه في ترتيب معين ذي خواص مميزة معطياً جزيئات متعددة تسمى البوليمر Polymer وهذا ما يعنيه المقطع - Poly. والبوليمر هو مركب كيميائي أو مخلوط من المركبات الكيميائية تكونت بواسطة عملية البلمرة Polymerization وهي العملية التي يتم فيها اتحاد جزيئين أو أكثر لتكوين جزيء أكبر نتيجة تفاعل كيميائي تحت ظروف مناسبة من درجة الحرارة والضغط والعوامل المنشطة. وبوليمرات البلاستيك توجد على عدة أشكال مختلفة فيمكن الحصول عليها في شكل سائل أو بودرة أو حبيبات أو عجائن أو رقائق أو حبال أو ألواح حسب نوع الاستخدام المطلوبة له.

المونومرات تكون عادة إما غازات أو سوائل. ومن أبسط المونومرات الإيثيلين وهو غاز عديم اللون والرائحة صيغته الكيميائية C_2H_4 حيث ترتبط ذرتي الكربون برابطة مزدوجة يسهل كسرها لتعود الأربعة أذرع الكربونية إلى استقرارها الكيميائي وهذه هي الخطوة الأولى في تغيير المونومر وتجميعه إلى بوليمر وهو ما يسمى بعملية البلمرة. وبذلك يتبين لنا أن مونومر الإيثيلين قد أعيد ترتيب ذراته إلى وحدات أصغر (MER) تكون أذرعها أكثر ثباتاً كيميائياً ومستعدة للالتحام مع وحدات أخرى.

عملية البلمرة : Polymerization

علمنا أن اتحاد المونومرات في التفاعل الكيميائي تحت ظروف محددة لتكوين البوليمر هي عملية البلمرة، ورغم أن هذه العملية معقدة في المختبر الكيميائي إلا أنها سهلة الفهم نظرياً ويمكننا تعريف البلمرة بأنها ذلك التفاعل الكيميائي الذي يربط المونومرات ببعضها لتكوين جزيئات كبيرة ذات وزن جزيئي مضاعف لوزن المادة الأصلية. ونلاحظ أن التفاعل الكيميائي في البلمرة يتم تحت ظروف من الحرارة والضغط. والعوامل الكيميائية المنشطة (وهي مواد تساعد على إسرار التفاعل دون الدخول فيه).

وهناك ثلاثة أنواع رئيسية لعمليات البلمرة هي :



أولاً: البلمرة بالإضافة / البلمرة التراكمية Addition Polymerization

وفيها يتم كسر الرابطة المزدوجة بين ذرتي الكربون لتصبح أذرعتها الأربعة حرة في جذب أذرة حرة لذرات أخرى، ولذا فإنه فور كسر الرابطة المزدوجة يتم ارتباط الذرات ببعضها في وضع أكثر استقراراً وراحة على شكل سلسلة طويلة. ويسمى البوليمر الناتج من هذه الطريقة بالثرموپلاستيك أي اللدن بالحرارة Thermoplastic (وهو البلاستيك الذي يتصلد بالتبريد ويلين بالحرارة إلا أن تركيبه الكيميائي يظل ثابتاً)

ثانياً: البلمرة بالتكثيف/البلمرة التكثيفية Condensation Polymerization

وهي تماثل عملية البلمرة بالإضافة إلا أنها تحدث في المونومر تغيير كيميائي نتيجة فقد ذرة من المونومر أثناء الربط بين الذرات المطلوبة مما يسمح لذرات سلسلة الجزيئات في جذب أذرة ذرات أخرى من السلسلة القريبة ، أما الذرات المفقودة فإنها تكوّن جزيئات منفصلة وغالباً جزيئات الماء H₂O أو أي مركب آخر والذي يتكثف خارجاً من التشكيل البلاستيكي المتبلر. ويسمى البوليمر الناتج من هذه الطريقة بالثرموستينج THERMOSETTING (وهو البلاستيك الذي يتغير كيميائياً بتأثير الحرارة إلا أنه يظل ثابت الشكل) وتتميز بوليمرات هذه الشبكة المتقاطعة بأنها قوية وجاسئة.

ثالثاً: البلمرة بالتجميع/البلمرة الإسهامية Copolymerization

يمكن لعدة مونومرات مختلفة أن تتحد مع بعضها بعملية بلمرة، لتكون بوليمر تساهمياً حيث يمكن الحصول على الصفات المميزة المرغوبة لنوع معين من البلاستيك وذلك بإعادة ترتيب المجموعات الكيميائية الفعالة في المونومرات MERS ولتوضيح ذلك فإننا نفترض أنه لدينا المونومر A والمونومر B فتجد أن إمكانية اتحادها في ترتيب مختلفة قد تكون تبادلياً أو عشوائياً أو تكتلياً وبالتالي فهناك الآن الإمكانيات لإعادة ترتيب جزيئات اللدائن لتكوين بوليمرات مختلفة اعتماداً على كيفية الترتيب، حجم الجزيئي والعناصر المكونة له للحصول على خواص مختلفة ودرجات متباينة من النقاء والقابلية للكسر والملمس الشمعي والتبلر ومقاومة الكيماويات ... إلخ ونذكر الآن أمثلة لبعض المونومرات الشائعة الاستخدام في تكوين مختلف البوليمرات المستخدمة تجارياً بإضافة ذرة عنصر آخر وجزيئي مركب آخر إلى السلسلة الكربونية الفخرية كما يلي:

- ١ - الميثان CH_4 : غاز عديم اللون والرائحة يدخل في تكوين راتنجات الفينولات والملامين واليوريا والإكريليك والتترافلور وإيثلين.
- ٢ - الإيثلين C_2H_4 غاز عديم اللون والطعم يدخل في تكوين راتنجات الفينيل والرايون والبوليستر والبولى فينيليدين والبولى إيثلين.
- ٣ - البروبلين C_2H_6 غاز عديم اللون والطعم يدخل في تكوين راتنجات الإيبوكسي والبولى برويلين والإلكيد والسيليلوز.
- ٤ - البنزين C_6H_6 سائل أروماتي (عطري) نقي يدخل في تكوين راتنجات السيترين والبولى يورثان والنيلون والإكريلونتريل - بيوتادين إسيترين المعروف بـ ABS

Thermoplastic and Thermosetting المواد التي تتلدن بالحرارة والتي تتصلد بالحرارة

كما تم ذكره سابقاً عن طرق البلمرة نلاحظ أن المواد الناتجة من طريقة البلمرة بالإضافة تسمى مواد ثرموبلاستيكية وهي الأكثر انتشاراً في لدائن البلاستيك وتتميز بتصلدها بالتبريد وتلينها بالحرارة دون تغيير في تركيبها الكيميائي وهذا يعطينا الفرصة لإعادة تشكيلها مرات ومرات كما سنرى في طرق قوالب الحقن والبتق حيث تجمع النفايات البلاستيكية والمنتج غير الصالح ويعاد تكسيدها ثم تشكل مرة أخرى. وترجع هذه الخاصية إلى ضعف قوى الربط بين جزئيات البوليمر المتكون ونلاحظ أن بعض مواد الثرموبلاستيك (مواد التلدن بالحرارة) تشتعل عند تعرضها للنار بينما البعض الآخر لا يساعد على الاشتعال.

أما مواد الثرموستينج (مواد التصلد بالحرارة) فهي المواد الناتجة من طريقة البلمرة بالتكثيف وتتميز بتغير تركيبها الكيميائي تحت تأثير الحرارة والضغط مخالفة بذلك المواد الثرموبلاستيك وذلك بسبب التفاعل غير الانعكاسي الذي تتكون بواسطته في عملية البلمرة لتعطي كتلة جاسئة صلبة غير قابلة للصهر وقابلة للكسر حيث تمنع قوة الرابطة الكيميائية بين وحداتها أي انزلاق بين جزئيات السلسلة الكربونية الفقرية في البوليمر الناتج. وهذه الرابطة الكيميائية القوية هي سبب مقاومتها الحرارية العالية وعدم تليدها بالحرارة وإنما تتفحم وتتكسر.

ويمكن التعبير عن المواد الثلاموبلاستيكية بأنها لدائن حرارية باعتبار أن مفهوم كلمة لدينة هي المواد القابلة للمط والتشكيل بينما نعبر عن المواد الثرموستينج بأنها المواد الثابتة الشكل (أي غير قابلة للتشكيل بالحرارة). وكما لاحظنا من خواص المواد الثرموبلاستيك ومواد الثرموستينج فأنا نجد أن المواد الأكثر شيوعاً واستخداماً هي الأولى لما تتمتع به من خاصية التشكيل.

أمثلة مختارة لمواد التلدن بالحرارة (الثرموبلاستيك) و مواد التصلد بالحرارة (الثرموسيتنج)

جدول - ١ - مواد التلدن بالحرارة (الثرموبلاستيك)

وجه المقارنة المثال	التعريف	الخواص	الاستخدام
كلوريد البولي فينيل PVC	أكبر وأهم بوليمرات مجموعة الفينيل المتباينة الخواص من المنتجات المتينة والصلبة إلى المنتجات اللينة المرنة	قوة التحمل - مقاومة ممتاز للماء والكيمائيات - التلويين - غير قابل للاحتراق - مقاوم للعوامل الجوية والخدش وعازل للكهرباء	الصلب في صناعة أنابيب البلاستيك اللين المرن في صناعة رقائق الجلد الصناعي المستخدمة في تغطية المقاعد في السيارات والمكاتب - ستائر الحمام - أقمشة التجديد - تغطية أسلاك الكهرباء وخزانات المواد الكيميائية - التغليف - القوارير
البولي إيثيلين	هو المركب الرئيسي للمركبات الكيميائية العضوية المسماة الأوليفينات وهو واحد من أكثر البوليمرات الثرموبلاستيكية استخداماً في الصناعة	عازل كهربائي - مقاوم للتآكل الكيميائي - عديم الطعم والرائحة - سهل التلويين بمواد شفافة - نصف شفافة - معتمة	مواد العزل الكهربائي والأدوات المنزلية - ألعاب الأطفال والحقائب والأكياس والقوارير ومواد التغليف
البولي بروبيلين	هو الراتنج الثاني في مجموعة الأوليفينات	عازل كهربائي ممتاز حتى في درجات الحرارة العالية - ذو أبعاد ثابتة - مرنة ومتانة عالية - عالي المقاومة للماء والكيمائيات - قابل للتعقيم	حقائب السفر - الملفات - علب الماكياج - معدات المستشفيات - خيوط السجاد - الأجزاء الإلكترونية ومعدات الطيران وصناعات التغليف
البولي أميد (النايلون)	مجموعة بوليمرات تتكون أساساً من الأحماض الأمينية وأحماض أخرى ذات تركيب معقد في سلاسل طويلة	مقاومة عالية للتآكل - عازل مائي - مقاوم للحرارة والكيمائيات ويتأثر بالأحماض القوية - عالي المتانة وسهل التشكيل والتشغيل	صناعة المنسوجات - وشباك الصيد - أغطية اللمبات الداخلية للسيارات لشفافيته - الأمشاط

جدول ٢- مواد التصلد بالحرارة (الثرموسيننج)

وجه المقارنة	التعريف	الخواص	الاستخدام
المثال			
البوليستر	بوليمر قوي ومتين ومعروف بامتزاجه مع حصائر الزجاج منتجاً ما يسمى بالألياف الزجاجية	عازل كهربائي - تحمل الحرارة حتى ٢٦٠م - سهل التلوين - مقاوم كيميائي يتحمل العوامل الجوية	ألواح الفيبرجلاس الرقائقية المستخدمة في هياكل القوالب - الحقائق الثمينة - براميل الغسيل - أجزاء التوصيل في السيارات
الفينول فورمالدهيد	مواد صلبة متينة مقاومة للحرارة ما لم تخش ومن النادر استخدامها بدون حشوات تحسن صفات الجمود منها	رخص تكلفتها - ثابتة الأبعاد ضعف امتصاصها للرطوبة - مقاومة حرارية عالية حتى ٢٦٠م	تستخدم في صناعة الهاتف (راس الموزع ، نهايات الملفات) قماشات الفرامل المشبعة - تغطية الأسطح وأجزاء جسم السيارات .
الإيبوكسي	أكثر استخدامها نتيجة إمكانية تشغيلها في أشكال مختلفة	مقاومة كيميائية عالية - خواص كهربائية جيدة - تحمل حرارة حتى ١٥٠م وبمواد الحشو حتى ٢٦٠م متانة ممتازة	عمليات التغطية لمقاومة التآكل والصدأ في الحاويات وخطوط الأنابيب والخزانات مواد لاصقة للمعادن والزجاج والسيراميك

مزايا و عيوب اللدائن (البلاستيك):

يوجد للمواد البلاستيكية مزايا و عيوب كأي مادة أخرى يستخدمها الإنسان إلا أن أهم ما يميز البلاستيك عن غيره من المواد الطبيعية الأخرى هو اجتماع الخواص المتعددة في المادة البلاستيكية الواحدة ، بينما المواد الأخرى تتمتع كلاً منها بخاصية منفردة مميزة ، وهذا هو السبب الرئيسي في الانتشار المذهل لاستخدامات المنتجات البلاستيكية في حياتنا فمثلاً من الممكن أن تجتمع صفات القوة والمرونة والصلابة وخفة الوزن والشفافية في أن واحد في مادة بلاستيكية واحدة مما يجعلها صالحة لعدة استخدامات متباينة ، بينما المواد الأخرى بخاصيتها المنفردة لا يمكن أن تصلح لذلك.

فمن مزايا اللدائن (البلاستيك) ما يلي:

- ١ - تعدد الألوان الواسع: حيث يمكن تلوينها ولا تحتاج إلى دهانها.
 - ٢ - عازل للسخونة والبرودة: حيث تعتبر موصلات رديئة للحرارة وتستخدم كمواد عازلة للسخونة والبرودة.
 - ٣ - عازل للكهرباء: غير موصلة للتيار الكهربائي وتستخدم كمواد عازلة للكهرباء.
 - ٤ - مقاومة التآكل: لها مقاومة ممتازة للعديد من المواد الكيميائية.
 - ٥ - خفة الوزن: لها كثافة صغيرة حيث تقل عن كثافة الألمونيوم (راجع الجدول ١ - ١).
 - ٦ - سهولة التشكيل: يمكن تشكيلها بسهولة وسرعة، إذ أنه يمكن إنتاج مختلف الأشكال منها بواسطة الحقن والكبس والبتق أو النفخ.
 - ٧ - رخص التكاليف: تصنع من خامات أولية رخيصة سهلة الاستخلاص.
 - ٨ - عازل للماء والغاز: لا تنفذ أسطحها الماء والغازات.
- أما عيوب اللدائن (البلاستيك) فيمكن إيجازها كما يلي:

- ١ - صعوبة الإصلاح.
- ٢ - قد يعطي رائحة غير مرغوبة.
- ٣ - عدم احتمال درجات الحرارة العالية.
- ٤ - عدم ثبات الأبعاد.
- ٥ - التعرض للكسر والتلف.

تشكيل اللدائن بالحقن

يمكن القول أن أسلوب تصنيع البلاستيك بطريقة قوالب الحقن هو الأسلوب الشائع الاستعمال في تشكيل المواد البلاستيكية وهو أيضاً واحد من أقدم الأساليب في هذا المجال. ويمكن تلخيص أساسيات عملية الصب في قوالب بواسطة الحقن إلى الخطوات التالية:

- ١ - يملأ القادوس (القمع) بحبيبات الراتنج المستخدم.
- ٢ - يسخن الراتنج إلى الدرجة التي تجعله ليناً وقابلاً للتدفق.
- ٣ - يدفع الراتنج المتدفق خلال الفوهة إلى تجويف القالب.
- ٤ - عندما يبرد القالب فينفصل نصفه متباعدين.
- ٥ - يطرد المنتج النهائي من القالب.

مكائن الحقن في قوالب

توجد مكائن الحقن في أحجام وقدرات مختلفة وقد تكون يدوية التشغيل أو تعمل بالكهرباء أو آلية أو نصف آلية كما أن الأنواع الحديثة منها تخضع لبرمجة الكمبيوتر، كما تختلف أنواعها حسب وزن المنتج النهائي وعزم المكبس الذي يقوم بربط نصفي القالب أثناء الحقن. ويتراوح وزن المنتج النهائي بين عدة جرامات إلى أكثر من عشرة كيلو جرام كما يصل عزم الربط بين نصفي القالب إلى أكثر من ٢٧٠٠ طن.

وتتكون ماكينة الحقن من وحدتين أساسيتين هما:

الوحدة الأولى: وحدة حقن البلاستيك الساخن وفيها:

- ١ - قادوس (قمع) التغذية.
- ٢ - أسطوانة الحقن الساخنة.
- ٣ - كباس الحقن أو النظام اللولبي.

الوحدة الثانية: وحدة فتح وإغلاق نصفي القالب وتتكون من صينية ثابتة يوضع عليها نصفي القالب وآخر متحرك هيدروليكيًا.

المعدات الثانوية المساعدة في مكائن الحقن:

معظم مكائن الحقن الحديثة يتم تزويدها ببعض المعدات المساعدة كما يلي:

١ - التلوين:

يتم تلوين حبيبات أو بودرة الراتنج في براميل للتقليب قبل وضعها في قادوس (قمع) الماكينة وذلك بخلطها بنسبة ١ - ٥% صبغة مركزة باللون المطلوب .

٢ - التجفيف:

بعض المواد الثرموبلاستيكية (كالنايلون) تمتص الرطوبة من الجو مما يؤدي إلى ظهور فقاعات مائية على سطح المنتج النهائي ، لذا فإن الراتنج المستخدم يجب تسخينه إلى ما قبل درجة انصهاره لطرد بخار الماء منه قبل إدخاله في القادوس (القمع) ، ومعظم مكائن الحقن الحديثة مزودة بوحدة تجفيف ملحقة بقادوس (قمع) الماكينة.

٣ - التبريد:

لابد من استخدام نظام تبريد عبارة عن مواسير بها تيار من الماء البارد المتجدد حول القالب لتبريده وامتصاص حرارة المصهور المحقون فيه مما يساعد على سرعة تماسك المنتج النهائي وبالتالي تقليل زمن المشوار.

٤ - الكسارة:

لما كانت المواد الثرموبلاستيكية يمكن إعادة استخدامها لذا فإن النفايات الناتجة عن التشغيل كالتقطع المعيبة أو الزوائد الناتجة عن التشذيب (محل فتحة الصب بواسطة كسارة مثقبية يفضل اتصالها بالماكينة مباشرة (لمنع التلوث) حيث تقوم سكاكين التقطيع بقذف النفايات إلى الكسارة ثم تدفع الحبيبات الناتجة بالشفط إلى القادوس (القمع) لتختلط بالحبيبات الجديدة متجهة جميعها إلى وحدة الحقن . ويمكن تغذية الكسارة يدوياً بواسطة العامل حيث توضع بجانب ماكينة الحقن إلا أن المشكلة الأساسية في الأسلوب اليدوي هو تلوث واتساخ الحبيبات الناتجة أثناء النقل.

آلة تشكيل الحقن تسمى ضاغط الحقن أو آلة تشكيل حقن البلاستيك، تكون آلة لتصنيع المنتجات البلاستيكية من خلال عملية تشكيل الحقن. مثل آلة تشكيل الحقن الهيدروليكية وآلة تشكيل الحقن الكهربائي. عادة تتكون من نظام الحقن، نظام جمع القوالب، نظام النقل الهيدروليكي، نظام التحكم الكهربائي، نظام التسخيم، نظام التبريد والتسخين، نظام تفتيش السلامة الخ.



آلة تشكيل الحقن من نوع SE

تستخدم قوة الدفع من المسمار (أو مكبس الدعامة) لحقن البلاستيك الذائب إلى تجويف القالب. وتم تعالج عن طريق عملية التصلب. من الممكن أن تشكل المنتجات البلاستيكية المعقدة الشكل الدقيقة الحجم بخطوة واحدة. ويوجد آلة تشكيل الحقن العمودية وآلة تشكيل الحقن الأفقية. إنها واسعة في التطبيقات.



آلة تشكيل الحقن ذات اللوحين

آلة تشكيل الحقن العمودية وآلة تشكيل الحقن الأفقية تستطيع استخدام في إنتاج تكييف الهواء والتلفزيون والأجهزة الكهربائية والهواتف المحمولة والهواتف المنزلية والكراسي وصناديق القمامة وأنايبب والأكمام ولوحة تفتيش المركبة والمصد وقطع غيار السيارات وغيرها من المنتجات البلاستيكية.



منتجات مختلفة بواسطة آلة تشكيل الحقن



تشكيل اللدائن بالبثق

عملية البثق هي الطريقة المثالية لتصنيع أشكال بلاستيكية ذات أحجام قياسية كالقضبان والأنابيب والشرائط والألواح ، وهي تصلح للمواد الثرموبلاستيكية فقط ، ويمكن تلخيص أنواع المنتجات التي نحصل عليها بهذه الطريقة إلى :

- ١ - الأشكال القياسية كالقضبان والألواح والأشكال ذات المقاطع غير العادية
 - ٢ - الشرائط المفردة أو المتعددة الطبقات للاستخدام المباشر أو كطبقة تغطية للورق، الملابس أو أي سطح آخر.
 - ٣ - عمل طبقة حماية وعزل حول الأسلاك والكابلات بالبثق.
- ويختلف حجم المنتج حسب حجم الماكينة أو على الأصح باختلاف طول وسمك اللولب الدوار والذي يتراوح بين ٢٠ سم في المكائن الكبيرة إلى ٢ سم في المكائن الصغيرة.

الأجزاء الرئيسية في ماكينة البثق وهي :

- ١ - قادوس (قمع) التغذية.
- ٢ - اللولب الدوار ويوجد داخل ماسورة محاطة بأسطوانة التسخين ، ويمكن تقسيم طول اللولب إلى ٣ أجزاء هي:
 - أ - قسم التغذية وهو المتصل بالقادوس (القمع).
 - ب - قسم الضغط وهو الجزء الأوسط الذي يندفع فيه البلاستيك اللين إلى الأمام.
 - ج - قسم القياس وهو الجزء الأخير من اللولب والمنهي بمصفاة لمنع الشوائب من المرور للفوهة.
- ٣ - اللقمة وهي قالب معدني قياسي الحجم حسب نوع المنتج. وبخروج البلاستيك المنبثق من الماكينة يتم سحبه إلى وحدة أخرى ملحقة حيث يبرد متخذاً شكله النهائي.

وتتلخص طريقة عمل مكائن البثق فيما يلي:

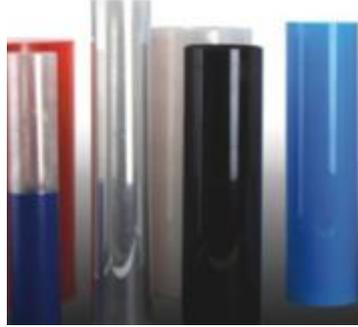
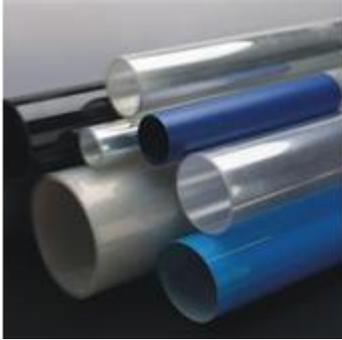
- ١ - يملأ القادوس (القمع) بحبيبات المادة الثرموبلاستيكية.
- ٢ - تلتقط الحبيبات بواسطة اللولب الدوار المحاط ببطانة مصلدة لأسطوانة البثق وتدفع للأمام وعلى طول اللولب الدوار واندفاع حبيبات البلاستيك إلى أمام فإنها تسخن وتلين وتنعم بتأثير عاملين:
 - أ - السخانات الخارجية المحيطة بهاسورة اللولب.
 - ب - الحرارة الناتجة من احتكاك الحبيبات مع جسم اللولب الدوار.
- ٣ - تدفع المادة المنصهرة تحت ضغط عال عبر فلتر ترشيح (يمنع مرور الشوائب) إلى لقمة القالب.
- ٤ - يخرج القطاع البلاستيكي المنبثق من اللقمة إلى وحدة التبريد ليتصلب متخذاً شكله النهائي بعد تقطيعه إلى الأطوال أو المساحات المطلوبة أو لفة على أسطوانات ذات أحجام وسمات معلومة.

منتجات عملية البثق

- ١ - بثق الشرائط والألواح المسطحة:
- ٢ - بثق طبقة تغطية (الحماية) البلاستيكية على المواد المختلفة:
- ٣ - الشرائط البلاستيكية متعددة الطبقات:
- ٤ - شرائط البثق بالنفخ:
- ٥ - البثقة لتغطية الأسلاك :
- ٦ - البثق لعمل الحبيبات والمركبات :



ماكينة بثق البلاستيك تستخدم عادة لانتاج الصفائح البلاستيكية PE، HIPS و PP، و التي تستعمل بشكل واسع لانتاج كل من القرطاسية البلاستيكية، اللاصق السريع اللصق المقاوم للتآكل و غيرها العديد



تشكيل اللدائن بالنفخ

تعتبر طريقة تصنيع البلاستيك بالنفخ واحدة من العمليات الرئيسية في صناعة البلاستيك وبالتالي في الأسواق العالمية مما نلمسه يومياً من إنتاج غير محدود للقوارير والزجاجات التي نستخدمها في حياتنا اليومية . وقد استخدم هذا الأسلوب أساساً بغرض تصنيع القوارير الأسطوانية البسيطة ومع التقدم التقني السريع وتصميم ماكينات ذات مواصفات متميزة تطورت عمليات النفخ لينتج منها مختلف الأشكال بكميات وفيرة حيث تأخذ دورة الإنتاج زمناً قصيراً ، كما أمكن إنتاج نوعيات ذات أشكال معقدة . وفي الواقع العملي فإنه يمكننا الآن إنتاج أي جسم مفرغ تقريباً باستخدام تقنية النفخ سواء كانت مقاعد وظهور كراسي السيارات أو مساند الرأس والأذرع وكذلك الزجاج الأمامي .

ويمكن حصر تقنية النفخ في ثلاث مراحل أساسية :

أولاً : تليين الراتنج بالتسخين وذلك باستخدام باثق لتسخين اللدينة إلى حالة الانصهار ودفمها إلى رأس لقمة القالب (وهذه المرحلة مشابهة تماماً لعملية البثق) .

ثانياً : تكوين الأسطوانة الباريسون حتى تكون جاهزة للدخول بين نصفي القالب .

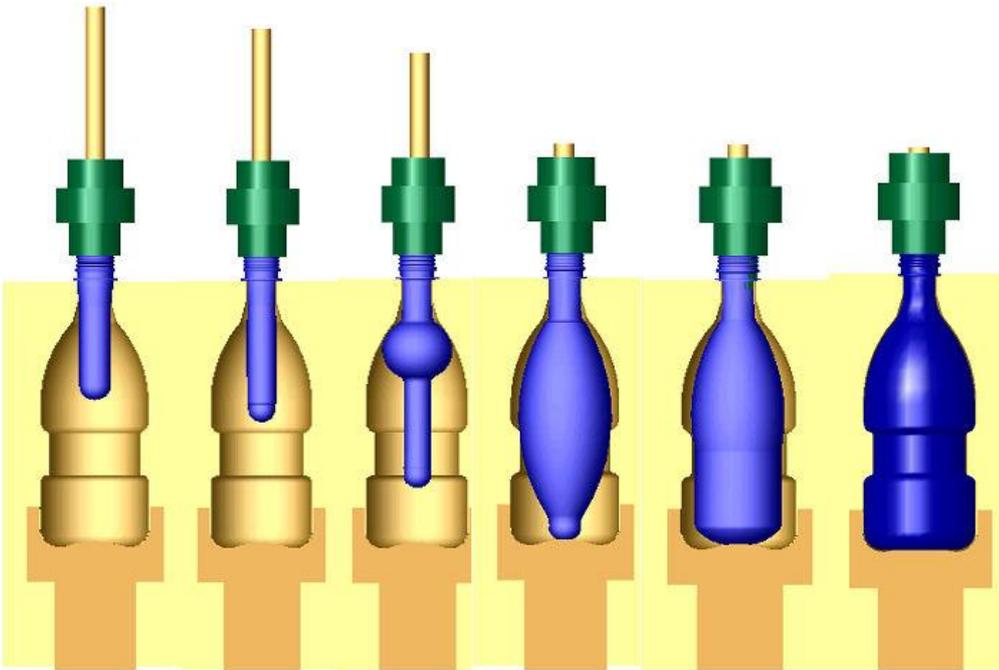
ثالثاً : نفخ الأسطوانة داخل القالب بواسطة هواء مضغوط يقوم بفرد مادة الباريسون المنصهرة على جدران تجاوبف القالب متخذة شكله (زجاجة مثلاً) علماً بأنه عند إغلاق نصفي القالب فإن الضغط الهيدروليكي المستخدم في الإغلاق يقوم بثني نهايتي أسطوانة الباريسون .

عملية النفخ مع الحقن :

تختلف هذه العملية عن عملية النفخ العادية في أن الباريسون يتم إنتاجه بواسطة الحقن. ويتم تشكيل الباريسون في قالب حول خابور في الوسط ثم ينقل إلى قالب النفخ حيث يشد بين نصفيه، وفي تلك المرحلة يدفع هواء مضغوط خلال الخابور الأوسط لفرد الباريسون الساخن على تجايف القالب

وتتميز هذه العملية بأن المنتج النهائي لا يحتاج إلى قطع الزوائد حيث إنه لم يتم تشيية أصلاً قبل دخوله القالب كما تعطي سطحاً أملس متجانس وكذلك شكل العنق يكون مضبوطاً مما يعطي الفرصة لتصنيع الحاويات ذات الأشكال الغير تقليدية بهذه الطريقة إلا أن تكلفة مكائن النفخ مع الحقن تكون أعلى من تكلفة مكائن النفخ التقليدية (مع البثق) وذلك لضرورة وجود قالبين وكذلك محطتين للقوالب فيها كما أن زمن المشوار فيها أطول من المكائن العادية كما توجد بعض القيود على حجم وشكل القالب المستخدم .

العملية تتمثل في دمج تقنيتين هما القولية بالحقن وتقنية النفخ. يتم حقن المادة في قالب مشكل يعطي للمادة هيئتها النهائية. للقالب فتحة على طرفه تسمح بتمرير في الغالب هواء مضغوط الذي سيضغط بدوره على المادة لدفعها إلى أطراف القالب.



تشكيل اللدائن بالضغط والنقل

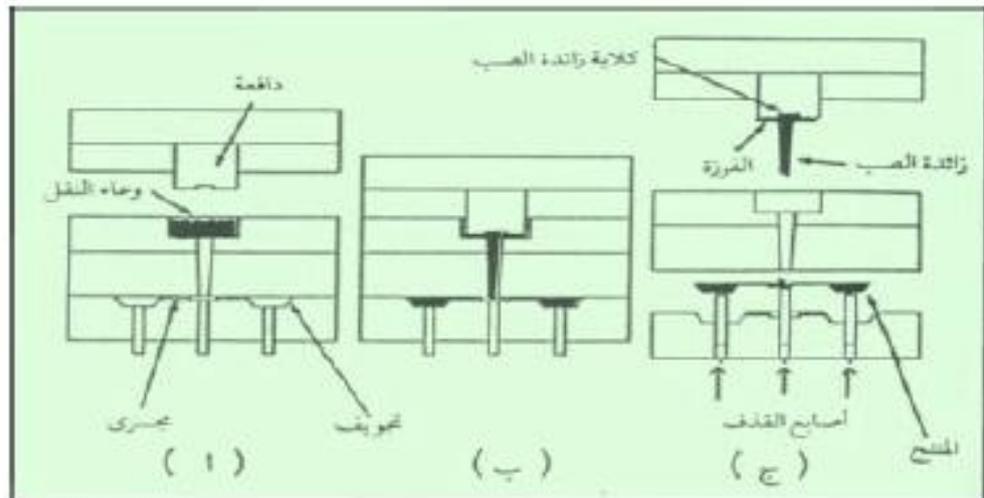
تصلح هذه العمليات في تصنيع مواد الثرموسيتنج (مواد التصلد بالحرارة) كراتنجات الفينولات والالكيد واليوريا والميلامين والتي لا تصلح الطرق السابقة في تصنيعها.

أولاً : التشكيل بالضغط

وتتلخص هذه الطريقة في وضع كمية محسوبة من الراتنج في القالب الذي يسخن ثم يدفع مكبس على العجينة المنصهرة فتملأ الفراغات داخل القالب حيث يرفع الضغط بعد أن يأخذ الراتنج شكل التجاويف التي تم ملؤها ثم يترك ليتصلب بتأثير التفاعلات الكيميائية التي تتم عملية البلمرة كما هو معلوم في مواد الثرموسيتنج . وتوجد مواد الثرموسيتنج على شكل مسحوق أو حبيبات أو صفائح أو حبال وفي بعض الأحيان يتم تشكيلها على هيئة أقراص سابقة التشكيل متصلة ببعضها وذات أوزان محسوبة لا تسمح إلا بكميات ضئيلة زائدة (فاقد) عند كبسها داخل القالب (وبالطبع يجب قطع هذه الزيادة عند تشطيب المنتج النهائي قبل اكتمال تصلبه) . وتتراوح درجة حرارة القالب المسخن بين ٩٢م ، ٢٠٥م بينما يتراوح الضغط في المكبس بين ١٠٠٠ ، ١٠٠٠٠ رطل / بوصة مربعة وتكتمل عملية بلورة الراتنج في زمن ما بين ٢ ، ٢٠ دقيقة . ويمكن احتواء القالب الواحد على تجويف أو أكثر حسب حجم المنتج ويصنع عادة من مادة الفولاذ ذات الأسطح العالية الصقل لتعطي إنتاجاً ذا مظهر جيد . ويتم تثبيت نصفي القالب بصينية المكبس الهيدروليكي العلوي والسفلي وذلك حتى يكون قفلها وفتحها هيدروليكياً أثناء دورة التشغيل . وفي المكائن اليدوية فإن العامل يقوم بوزن كمية الراتنج المطلوبة وضعها داخل القالب الساخن ودفع ذراع المكبس يدوياً ثم إخراج الناتج من القالب وقطع الزائد منه قبل تمام تصلبه ، بينما نجد في المكائن الآلية كمية الراتنج المحسوبة تغذي القالب وتضغط ويفتح القالب بعد فترة زمنية قياسية ويطرده الناتج آلياً إلا إذا كان هناك أجزاء معدنية يراد إدخالها في المنتج النهائي فتلك توضح بواسطة العامل يدوياً في القالب المفتوح ثم تكمل الدورة آلياً .

ثانياً : التشكيل بالنقل

تعتمد طريقة القولية بالنقل على نفس أساسيات طريقة الضغط السالفة إلا أن الاختلاف البين بينهما هو في كيفية ملاء فراغات القالب بالراتنج المنصهر ، ففي عملية النقل لا يصب الراتنج مباشرة في تجاويف القالب ولكن يتم تسخينه في غرفة منفصلة تحت ضغط كباس حتى ينصهر ثم يزداد الضغط على الكباس (٦٠٠٠ - ١٢٠٠٠ رطل / بوصة مربعة) فيدفع الراتنج المنصهر إلى مجاري الإمداد والبوابات المؤدية إلى فراغات القالب ، وهذا الجزء من العملية يشبه تماماً عملية الحقن في المواد الثرموبلاستيكية وفي الحالات التي تحتاج إنتاج كبير وسريع فتستخدم طريقة القولية الدافعة مع استخدام كباس نقلي إضافي منفصل ليدفع بالبلاستيك خلال المجاري ثم إلى التجاويف ، وهنا نجد أن الضغط التحويلي مضبوط لاستقلاله عن الضغط المستخدم في ربط نصفي القالب (شكل ١٧ - ٤) . وعادة يعمل الكباس الإضافي من أعلى لأسفل حيث يوجد في أعلى المكبس ويتحرك مع الصينية العلوية ويتم تسخين الراتنج قبل صبه لتقليل زمن دورة القالب حيث إنه لا يمكن عمل سوى دفقة واحدة من الراتنج (محسوبة الوزن بالطبع) في كل دورة ، ومن ثم فإن جميع المواد المتبلمرة والفرزة والمجاري والمنتج يجب إزالتها قبل بدء دورة جديدة ونلاحظ أن جميع الأجزاء الداخلة في طريقة القولية ما عدا الثرموسيتنج لا يمكن إعادة تصنيعها . وتتميز طريقة قوالب الضغط في عدم وجود زوائد في المنتج النهائي مما يجعلها بسيطة التشغيل كما أنه يمكن بها إنتاج عدة وحدات متكررة باستخدام أسلوب المجاري خاصة في إنتاج الأشكال الصغيرة الحجم ذات التركيب المعقد والتي من الصعب تصنيعها بطريقة الضغط.



رسم تخطيطي لدورة القولية بالنقل.

- أ - يفتح القالب ويوضع الراتنج في وعاء النقل. ب - تقوم الدافعة بدفع الراتنج المنصهر خلال زائدة الصب إلى تجويف القالب. ج - مع فتح القالب تنفك وتنفك الفرزة وزائدة الصب ويترد المنتج بواسطة أصابع القذف.

بعض الاختبارات التي تجرى على المواد البلاستيكية:

أولا/اختبار الحرق

في هذا الاختبار يتم حرق عينة بلاستيك ويتم ملاحظة التالي:

- ١ . قابلية الاشتعال هل هو سريع أو بطيء أو لا يشتعل.
- ٢ . الانطفاء الذاتي هل تنطفئ الشعلة عند إبعاد مصدر النار.
- ٣ . طبيعة الشعلة ولونها وهل يوجد دخان وما لونه.
- ٤ . سلوك المادة تذوب أو تنقط أو تلين أو فقاعات أو تنتفخ.

ويتم مقارنة هذه الملاحظات بالجدول الخاص بذلك لتحديد نوع البلاستيك.

ثانيا/جهاز اختبار الشد:
يستخدم لقياس الاستطالة والشد.

ثالثا/جهاز اختبار الصدم:
وتكون عينة الاختبار صفائح (الواح).

رابعا / جهاز الصلادة:
لمعرفة صلادة البلاستيك وشكل عينة الاختبار صفائح.

خامسا/جهاز اختبار السماكة:
لتحديد سماكة الفلم وتكون عينة الاختبار على شكل رقائق

تدوير البلاستيك

إعادة تدوير هي عملية إعادة تصنيع واستخدام المخلفات، سواء المنزلية أم الصناعية أم الزراعية، وذلك لتقليل تأثير هذه المخلفات وتراكمها على البيئة .

وإعادة تدوير البلاستيك يقصد منها إعادة استعمال المخلفات البلاستيكية المنزلية والتجارية والصناعية التي تصل نسبة المخلفات البلاستيكية فيها إلى ما يقرب من ١٠ % حيث يتم إعادة استعمالها كمواد أولية.

أنواع البلاستيك التي يتم تدويرها

- PET البولي إيثيلين ترفتاليت : ويدخل في صناعة قارورات الماء وعلب البلاستيك.
- PEHD البولي إيثيلين عالي الكثافة: ويستخدم في صناعة علب الشامبو والمنظفات.
- PVC البولي فينيل كلورايد
- LDPE البولي إيثيلين منخفض الكثافة:و يستعمل في صناعة علب السيديات وأكياس التسوق.
- PP البولي بروبيلين.:يستعمل في صناعة الصحون وحوافظ الطعام وعلب الدواء وهو من أفضل أنواع البلاستيك.

خطوات إعادة تدوير البلاستيك

١. الجمع

تتم عملية جمع مخلفات البلاستيك بالعديد من الطرق أهمها: تجميعها بالمنزل والمحلات التجارية والفنادق وبيعها لأقرب محل خردة، أو لمشتري الخردة المتجولين بالشوارع، أو جمعها من قبل النباشين في مقابل القمامة.

٢. الفرز



وهو أهم مرحلة في إعادة تدوير البلاستيك، وهو جوهر التدوير فالحصول على نوعية جيدة من البلاستيك يتطلب فرزًا جيدًا للمخلفات البلاستيكية، حيث أنّ البلاستيك يفقد خواصه في حال وجود عناصر أخرى معه، ويتطلب الفرز عمالة كبيرة، بما يخلق فرص عمل كثيرة. ويتم ذلك بفصل مخلفات البلاستيك عن باقي الشوائب مثل إزالة الورق الملصق على قارورات المياه البلاستيكية، كما يتم فصل كل نوع بلاستيكي عن الآخر.

٣. الغسل

وتتم عملية غسل مخلفات البلاستيك بإدخالها في أحواض كبيرة تحتوي على الماء الساخن ويضاف إليه مادة الصودا الكاوية، أو الصابون السائل المركز، فإعادة تدوير البلاستيك تتطلب أن تكون المادة البلاستيكية خالية من الدهون والزيوت والأجسام الغريبة.

٤. التجفيف



بعد غسل مخلفات البلاستيك تأتي عملية التجفيف حيث يتم نقل المخلفات من أحواض الغسيل إلى أحواض التجفيف وتركها المدة اللازمة لتجف تماما من الماء.

٥. التقطيع



يتم تكسير مخلفات البلاستيك في ماكينة تكسير، وذلك بمرور المخلفات البلاستيكية بين الأسلحة الدوارة الثابتة ليتم طحنها، ويتحكم في حجم التكسير سلك ذو فتحات محددة لتحديد حجم القطع (الحبيبات) المنتجة، ثم يعاد غسل هذه الحبيبات. بعد ذلك تنقل هذه الحبيبات لتوضع في ماكينة التخزين التي تحولها قطع البلاستيك لتصبح "مادة خام" يمكن الاستفادة منها لصنع منتجات بلاستيكية جديدة.

٦. التشكيل

و في هذه المرحلة يتم تشكيل البلاستيك إلى منتجات قابلة للاستعمال ويتم ذلك بعدة طرق كما ذكرنا وذلك حسب المنتج المراد الحصول عليه.

المصادر

- ❖ موسوعة اللدائن – محمد زهير الحمصي.
- ❖ تكنولوجيا هندسة الانتاج – محمد نصر الدين دمير.
- ❖ مبادئ عمليات الانتاج – قحطان الخزرجي و عادل حسن.
- ❖ انترنت www.iraqpf.com