

## مقدمة عن صناعة البلاستيك

دخلت صناعة اللدائن تقريبا كل بيت ومصنع ومكتب فالمقاعد والطاولات وأدوات المائدة والأسقف المعلقة وطلاء الجدران والسيارات والطائرات ومركبات الفضاء وأجهزة التلفزيون والمسجلات السمعية والبصرية وأعمدة الإنارة والملابس لا تخلو من أجزاء البلاستيكية في صنعها مما يجعل الاستغناء عنها أمرا صعبا لان الصناعات البلاستيكية هي صناعة العصر التي تستثمر فيها بلايين الدولارات في مختلف بلدان العالم الغنية والفقيرة على السواء لإنتاج المواد التخليقية والتي بدورها تستخدم في تصنيع مختلف الأشياء التي لم يكن يحلم بها أحد منذ سنوات قليلة .

لقد اصبح البلاستيك شيئا مقبولا في المجتمع الذي نعيشه مكونا حضارة كاملة بما يفرزه لنا من جديد التصميمات والأشكال كل يوم بما يجعلنا نقول بكل اطمئنان إننا نعيش عصر البلاستيك الذي هو راتنجات صناعية تنتج من تفاعلات كيميائية لمواد عضوية ، وترتبط صناعة البلاستيك ارتباطا وثيقا ببعض الصناعات الأساسية العصرية كتنطير البترول وصناعات الحديد والصلب والصناعات الكيميائية ، كما أنها تدخل مباشرة في صناعات أخرى لا حصر لها كالصناعات المعدنية والأخشاب وكابلات الكهرباء والإلكترونيات والأجهزة المنزلية وصناعات التغليف .. الخ .

واعتمدت صناعة البلاستيك في تطورها التاريخي بالصناعات الأخرى ثم تفوقت على تلك الصناعات في مدى قصير نسبيا وظهرت أول مادة بلاستيكية عام ١٨٦٨م يتم إنتاجها تجاريا وهي مادة (السيلولويد) والتي حصل عليها جون وسيلي هيات من تفاعل الكافور مع نترات السليلوز في تجربة كان يقصد بها استبدال العاج في كرات البلياردو بمادة أخرى إلا أن هذه المادة لم يكن بالإمكان صبها في قوالب لتشكيلها بالشكل المطلوب واقتصر الحصول عليها في شكل رقائق استخدمت في صناعة الهيكل الداخلي لنوافذ السيارات وأفلام الرسوم المتحركة .

ولما كانت نترات السليلوز من المواد سريعة الاشتعال وشديدة الانفجار فقد استبدلت فيما بعد بمواد بلاستيكية أخرى صعبة الاشتعال ، وظهرت ثاني مادة بلاستيكية في عام 1909م عندما أعلن (د. ليو بکلاند) عن راتنج جديد (الفينول فورمالدهيد) واطلق عليه اسم (باكلايت) الذي اصبح من اللدائن الرئيسية في هذه الصناعة نظرا لإمكانية صبه في قوالب ذات أشكال مختلفة تحت تأثير الحرارة والضغط لصنع منتجات ذات مقاومة عالية للحرارة كمقابض المقالي والبرادات وفيش الكهرباء .

وتعاقبت سنوات قليلة مر بها تطور سريع لعلم المواد المصنعة وتولدت تقنيات جديدة مصاحبة لاكتشافات علمية مكنت الكيميائيين من تقديم مواد بلاستيكية ذات خواص محسنة ومتنوعة ومتزايدة ، ففي عام ١٩٢٧م ظهرت خلاصات السليلوز التي امكن تشغيلها بطريقة قوالب الحقن اعقبها ظهور راتنجات الفينيل ثم البوليسترين والبولي ايثيلين في أشكال مختلفة مما أدى إلى إغراق السوق بأنواع جديدة ومتباينة في طرق التصنيع من المواد البلاستيكية والتي ساهمت يوما بعد يوم في سد جزء من احتياجاتنا اليومية ويمكن تقسيم صناعة البلاستيك إلى قسمين رئيسيين هما : تصنيع اللدائن والمنتج النهائي .

أما تصنيع اللدائن فيقصد بها عملية الحصول على المادة الرانجية من خاماتها الأولية (أساسا البترول) وتقوم بذلك شركات كبيرة ذات استثمارات طويلة الأجل تعتمد في عملها على مصانع البتروكيمياويات حيث تتوافر لها معامل أبحاث حديثة وعلماء متخصصين لإنتاج مختلف أنواع الراتنجات في أشكال قياسية كالمساحيق والحبيبات والعصي والسوائل والعجائن .

أما النوع الثاني من صناعة البلاستيك وهو المنتج النهائي فيقصد به عملية تشكيل الراتنجات في صورة المنتج النهائي الصالح للاستعمال الاستهلاكي اليومي وتعتمد المصانع في عملها على مكونين أساسيين هما مادة الراتنج وشكل القالب المطلوب إلى جانب عدد غير محدود من نوعيات ماكينات التشغيل التي تختلف في تصميمها حسب طريقة الإنتاج المستخدمة في التصنيع .

لذلك يتفاوت حجم المؤسسات العاملة في مجال الحصول على المنتج النهائي تفاوتا كبيرا فمنها مؤسسات ضخمة تقوم بصنع الماكينة والقالب (مثل أمريكا وألمانيا واليابان) وأخرى اصغر منها حجما تقوم بتصنيع القالب فقط في ورش خاصة بها كما يحدث في معظم مصانع البلاستيك في العالم الثالث كما توجد الكثير من الوحدات الإنتاجية (الورش) التي تقوم بتشغيل المنتج النهائي فيها بعد الحصول على الراتنج والآلة والقالب من مصادر خارجها ، وظهر في هذا المجال شركات تقوم بتأجير القالب المطلوب لفترة محدودة لتلك الورش الصغيرة .

## مزايا وعيوب البلاستيك

يوجد للمواد البلاستيكية مزايا وعيوب كأى 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 يتمتع كل منها بخاصية منفردة مميزة وهذا هو السبب في الانتشار الكبير لاستخدامات المنتجات البلاستيكية فمن 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. ومن المزايا أيضا تعدد الألوان الواسع وخاصية العزل للسخونة والبرودة والكهرباء ومقاومة التآكل وسهولة التشغيل ورخص التكاليف .

أما العيوب فهي صعوبة الإصلاح وإمكانية إعطاء رائحة غير مرغوب فيها وعدم احتمال درجات الحرارة العالية وعدم ثبات الأبعاد والتعرض للكسر والتلف إلى جانب التأثيرات البيئية الضارة في حالة إحراقها أو استخدامها كأواني وأكواب للطعام والشراب .

## معلومات أساسية

ومن المهم جدا للعاملين في صناعة البلاستيك التعرف الجيد على الخواص الكيميائية والفيزيائية للدائن ( الترموبلاستيك ) وهي مواد التلدن بالحرارة وبالتالي يمكنهم الاختيار الامثل لنوعية الاستخدام المطلوب ، لذلك يجب معرفة لماذا وكيف تشغل هذه المواد بالطرق المختلفة ، فالعلاقة بين خواص كل لدينة وتأثير هذه الخواص على الطريقة المستخدمة في تشكيلها وسبب اختيار لدينة معينة لمنتج ذي خواص مميزة تتناسب مع استخدامه العملية هي مفتاح فهم صناعة البلاستيك وينبغي تذكر العوامل الثلاثة التالية وهي الخواص المميزة للراتنج وكيف تحدد هذه الخواص طريقه تصنيعه ( حقن – بثق – نفخ ... الخ ) وملاءمة هذه الخواص للاستخدام العملي للمنتج المطلوب .

والنوع الثاني من منتجات اللدائن هي مواد ( الترموستينج ) وهي من المواد التي يتم فيها عملية البلمرة بالتصلد بالحرارة ففي حين تكون مواد الترموبلاستيك بطريقة البلمرة بالإضافة نجد أن مواد (الترموستينج) تتكون بطريقة البلمرة بالتكثيف مما يعطينا جزيئات ذات سلاسل طويلة شبكية متقاطعة تنتج بوليمرات متينة قوية لا تتصهر أي غير قابلة لإعادة التشكيل بالحرارة ، وبالتالي فان طرق تشغيلها محدودة بالمقارنة بطرق تشغيل مواد الترموبلاستيك كما أن العوادم الناتجة عن التشغيل لا يمكن إعادة استخدامها مرة أخرى ويستخدم الكيميائي مواد الحشو كمسحوق الخشب والألياف الزجاجية لتحسين خواص الترموستينج في الاستخدامات العملية .

## طرق تشكيل البلاستيك

### طريقة القولبة بالحقن

توجد اللدائن على شكل حبيبات بوردرة أو سوائل أو عصي أو أنابيب وبالتالي فان عملية تصنيعها للحصول على المنتج النهائي تختلف لتتناسب مع طبيعة الشكل الموجودة عليه .

ونلاحظ أن المواد الترموبلاستيكية ( مواد التلدن بالحرارة ) تكون قابلة للتصنيع بمعظم الطرق المعروفة بينما المواد الترموستينج ( مواد التصلد بالحرارة ) تحتاج إلى طرق أخرى للتشكيل ، وهذا يرجع إلى الخاصية المميزة للمواد الترموبلاستيكية بإمكانية إعادة تشكيلها بالتسخين دون حدوث تغير كيميائي في تركيبها في حين أن المواد الترموستينج يكون التفاعل الكيميائي لعملية البلمرة أثناء عملية صناعة المنتج النهائي منها بتأثير الحرارة والضغط والعوامل المنشطة ، وهذا المفهوم يجب تذكره دائما عند دراسة طرق تصنيع البلاستيك ونوع الراتنج المستخدم في عملية التصنيع .

### قوالب الحقن Injection moulds :

يمكن القول إن أسلوب تصنيع البلاستيك بطريقة قوالب الحقن هو الأسلوب الشائع الاستعمال في تشكيل المواد البلاستيكية وهو أيضا واحد من اقدم الأساليب في هذا المجال. ويمكن تلخيص أساسيات عملية الصب في قوالب بواسطة الحقن إلى الخطوات التالية -1 : يملأ القادوس بحبيبات الراتنج المستخدم. ٢- يسخن الراتنج إلى الدرجة التي تجعله ليئا وقابلا للتدفق. ٣- يدفع الراتنج المتدفق خلال الفونية إلى تجويف القالب ( أنثى القالب ). ٤- عندما يبرد القالب فيفصل نصفه متبايعين. ٥- يطرده المنتج النهائي من القالب .

وقد توجد خطوات اقل أو أكثر من هذه الخمسة الأساسية حسب نوع وطراز ماكينة الحقن المستخدمة إلا أنها ولا بد أن تتبع هذه الخطوات الأساسية ، ونجد في الصور المرفقة بعض ماكينات الحقن وأنواع المنتجات المختلفة منها. مكان الحقن في قوالب :

توجد مكان الحقن في أحجام وقدرات مختلفة وقد تكون يدوية التشغيل أو تعمل بالكهرباء أو آلية أو نصف اليه كما أن الأنواع الحديثة منها تخضع لبرمجة الكمبيوتر ، كما تختلف أنواعها حسب وزن المنتج النهائي وعزم المكبس الذي يقوم بربط نصف 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 -1 : قادوس التغذية. ٢- اسطوانة الحقن الساخنة. ٣- كباس الحقن أو النظام اللولبي. الوحدة الثانية : وحدة فتح وعلق نصف القالب وتتكون من طنبور ( صينية ) ثابت يوضع عليه نصف القالب وآخر متحرك هيدروليكي. وهناك تصميمات مختلفة لمكان الحقن إلا أنها تعتمد أساسا على أحد النوعين التاليين : ١- مكان تستخدم دافعة الحقن. ٢- مكان تستخدم الكباس اللولبي التبادلي .

والفرق بين النوعين هو في الطريقة التي يتم بها دفع المادة البلاستيكية الساخنة من داخل اسطوانة الحقن الساخنة عبر الفونية الى قالب .

ولما كان النوع الثاني هو الأكثر شيوعا واستخداما فهو ما سنعني به في هذا الكتاب وذلك للميزات التالية فيه :

1- سرعة المشوار . 2- انخفاض درجة حرارة الانصهار . 3- سهولة امتزاج الصهير .

وفي مكان القلاووظ (اللولب) التبادلي تتم عملية الحقن حسب الخطوات التالية: 1- توضع البودرة في القادوس لتسلك طريقها إلى اسطوانة الحقن خلال فتحة اتصال. 2- تتقدم البودرة إلى الأمام نتيجة للحركة اللولبية للكباس والتي تدفع بها تحت ضغط عال إلى الجدران الساخنة للأسطوانة كي تنصهر ومع تزايد الضغط وتراجع اللولب يتجمع مزيد من البودرة المنصهرة تمهيدا لبدء دفعة الحقن. 3- بانددفاع اللولب إلى الأمام هيدروليكيًا تحقن البودرة المنصهرة من خلال الفونية مروراً بعيون الصب والمجاري إلى تجاويف القالب المغلق. 4- يظل تأثير ضغط الاندفاع فترة قصيرة تسمح للصهير المحقون بالثبات في القالب. 5- يتراجع اللولب ويقل الضغط بينما يقوم الماء بتبريد القالب حيث تتماسك وتتصلب المادة المنصهرة بسرعة متخذة شكل القالب. 6- يفتح القالب ويترد المنتج النهائي من النصف المتحرك فيها ما بضغط الهواء أو بواسطة خابور طرد زبركي. 7- يغلق القالب مرة أخرى لبدء مشوار جديد .

## قوالب الحقن

يتكون القالب المستخدم في مكائن الحقن من نصفين أحدهما ثابت وملتصق بالصينية الثابتة للماكينة ويتصل مباشرة بالفونية أثناء التشغيل بينما النصف الآخر متحرك مع الصينية المتحركة ويتصل به عادة نظام طرد المنتج ( بضغط الهواء أو خوابير الطرد ).

وهناك آلاف الأشكال لقوالب الحقن ذات الأحجام المتباينة وبعضها هد يعطي وحدة واحدة من المنتج والبعض الآخر قد يعطي وحدات متركزة في المشوار الواحد (خاصة الوحدات الصغيرة الحجم) . حيث يقوم مصمم القالب بوضع عدة تجاويف فيه تحقن بالبلاستيك المنصهر في نفس المشوار وذلك يعمل مجاري في القالب تحمل الصهير من عنق الصب إلى كل تجويف على حدة عبر بوابة ذات فتحة اصغر من اتساع المجرى حتى تعطي امتلاء كامل ومنتظم للتجويف وفي نفس الوقت تسهل عملية فصل المنتج النهائي عن المجاري .

وتعرف المنتجات البلاستيكية المصنعة بمكائن الحقن من نقطة الحقن التي تظهر عليها وتكون غالباً عن خط الاتصال بين نصفي القالب أو في منتصف المنتجات الاسطوانية الشكل كالفانجين ... الخ .

وتتميز طريقة الحقن في قوالب بالإنتاجية العالية وهذا عامل رئيسي في خفض تكلفة الإنتاج حيث نجد أن سعر القالب والماكينة مرتفعان جداً بالمقارنة بسعر الخام المستخدم في احقن لذا يجب أن يكون الإنتاج غزيراً لتغطية هذه التكلفة العالية حين يبيعه بسعر رخيص في الأسواق .

ومعظم مكائن الحقن يمكنها إنتاج آلاف القطع البلاستيكية في الوردية الواحدة اعتماداً على وزن وحجم المنتج النهائي وزمن المشوار . ونلاحظ هنا انه يمكن لجميع المواد الترموبلاستيكية أن تصنع بطريقة الحقن .

## المعدات الثانوية المساعدة

1- **التلوين** : يتم تلوين حبيبات أو بودرة الراتنج في بر اميل للتغليب قبل وضعها في قادوس الماكينة وذلك بخلها بنسبة 1 – 5% صبغة مركزة باللون المطلوب .

2- **التجفيف** : بعض المواد الترموبلاستيكية (كانايلون) تمتص الرطوبة من الجو مما يؤدي إلى ظهور فقاعات مائية على سطح المنتج النهائي ، لذا فان الراتنج المستخدم يجب تسخينه الى ما قبل درجة انصهاره لطرده بخار الماء منه قبل إدخاله في القادوس ، ومعظم مكائن الحقن الحديثة مزودة بوحدة تجفيف ملحقة بقادوس الماكينة .

3- **التبريد** : لابد من استخدام نظام تبريد عبارة عن مواسير يجري بها تيار من الماء البارد المتجدد حول القالب لتبريده وامتصاص حرارة الصهير المحقون فيه ما يساعد على سرعة تماسك المنتج النهائي وبالتالي تقليل زمن المشوار .

4- **الكسارة** : لما كانت المواد الترموبلاستيكية يمكن إعادة استخدامها لذا فان النفايات الناتجة عن التشغيل كالقطع المعيبة أو الزوائد الناتجة عن التشذيب ( محل فتحة الصب أو بواسطة كشارة مثقبة يفضل اتصالها بالماكينة مباشرة (لمنع التلوث) حيث تقوم سكاكين التقطيع بقذف النفايات إلى الكسارة ثم تدفع الحبيبات الناتجة بالشفط إلى القادوس 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 .

## حقن مواد الترموست (مواد التصلد بالحرارة)

علمنا مما سبق أن مواد الترموست تحتاج إلى الحرارة وليس التبريد لكي تتم بلمرتها إلى مواد صلبة .

ويمكننا بإجراء بعض التعديلات في مكائن الحقن ذات اللولب التبادلي أن نستخدم طريقة القولبة بالحقن لإنتاج قطع بلاستيكية من مواد الترموست .

ولعمل ذلك فإننا نقوم بتسخين مادة الترموست في الاسطوانة إلى درجة حرارة تجعلها لينة ( من 65م إلى 110م ) ثم تحقن إلى القالب الساخن وتترك لتأخذ شكلها النهائي عند درجة حرارة ( من 162م إلى 204م ) وبعد تصلبها فإنها تترد من القالب ساخنة . **ملاحظة هامة** : إذا ظلت مادة الترموست في الاسطوانة فترة أطول

من اللازم أو إذا سخنت لفترة طويلة نسبيا فإنها تتصلب داخل الاسطوانة وتسبب انسداد واعاقة حركة الماكينة .

ويتم تسخين الاسطوانة لهذه الماكائن المخصوصة بإحاطتها بالماء أو الزيت الساخنين ، إما تسخين القالب فيتم بواسطة سخان كهربائي على شكل خرطوش يدخل في القالب للوصول به الى درجة الحرارة المناسبة لتصلب مادة الترموست داخله .

ومن اشهر مواد الترموست التي يتم حقنها بهذه الطريقة الميلايم واليوربا والفينولات .

وتتميز طريقة حقن مواد الترموست عن غيرها من طرق التصنيع ( كطريقة الضغط والنقل ) بأنها ذات مشوار زمني قصير وتتفادى عمليات التسخين والتشكيل المسبق للتصنيع .

ملاحظة هامة : نؤكد هنا ما سبق أن ذكرناه وهو إن نفايات مواد الترموست لا تصلح لإعادة الاستخدام بالتكسير .

## الحقن في قوالب مع التفاعل REACTION INJECTION MOULDING RIM

وتشمل هذه الطريقة دفع نوعين من مواد الترموست على شكل سائل داخل القالب حيث يتم تفاعلها واستكمال بلمرتها لإنتاج الشكل البلاستيكي النهائي .

يوضع تياران من نوعين من سائل راتنج البولي يوريثان المتفاعل حقنا تحت ضغط كبير ( 2500 رطل / بوصة مربعة ) في راس الخلط حيث يندفعا إلى تجاوبف القالب عبر بوابة ، وينزول خليط السائل إلى قاع القالب يطفو الهواء إلى أعلى خارجا من شق الاتصال بين نصفي القالب .

ويمر سائل اليوريثان بحالة هلامية قبل أن يتصلد ، وعندما يتم التصلد بدرجة كافية فإنه يزال باليد او بواسطة خوابير الطرد .

يستغرق مشوار التصنيع بهذه الطريقة بين دقيقتين إلى أربعة دقائق تقريبا ، ونلاحظ أن كمية السوائل الزائدة تطرد هي الأخرى خارجة من خطالانفصال في القالب ويجب إزالتها تماما من المنتج الخارج .

وتستخدم مادة خاصة لفصل القالب ترش بها جدرانها الداخلية قبل كل مشوار لتسهيل إزالة المنتج النهائي ولما كانت هذه المادة تسبب الانزلاق فيجب إزالتها من مسطح المنتج قبل تلويته ( عادة يحتاج الإنتاج بهذه الطريقة الى تلوين ) كأجزاء السيارات الخارجية والتي يجب إعطائها نفس لون السيارة .

وهذه الطريقة ذات مستقبل غير محدود لتصبح إحدى اكبر وسائل التقنية في صناعات البلاستيك نظرا لكبر حجم المنتج النهائي وقلة التكاليف مقارنة بالطرق الأخرى سواء في صناعة البلاستيك أو الصناعات المعدنية كما أنها تحتاج إلى كمية ضئيلة من الطاقة وتكلفة الماكائن المستخدمة فيها اقل من ماكائن الحقن التقليدية .

## طريقة البثق EXTRUSION

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

(1)الأشكال القياسية كالقضبان والأنابيب والألواح والأشكال ذات المقاطع الغير عادية. (2) الشرائط المفردة أو المتعددة الطبقات للاستخدام المباشر أو كطبقة تغطية للورق ، الملابس او أي سطح اخر. (3) عمل طبقة حماية وعزل حول الأسلاك والكابلات بالبثق .

ويختلف حجم المنتج حسب حجم الماكينة أو على الأصح باختلاف طول وسلك اللولب الدوار والذي يتراوح بين ٢٠ سم في الماكائن الكبيرة الى ٢ سم الماكائن الصغيرة .

### الأجزاء الرئيسية في ماكينة البثق :

1-إقادوس التغذية. ٢- اللولب الدوار ويوجد داخل ماسورة محاطة باسطوانة التسخين ، ويمكن تقسيم طول اللولب الى ٣ اجزاء هي :

أ- قسم التغذية وهو المتصل بالقادوس. ب- قسم الضغط وهو الجزء الأوسط الذي يندفع فيه البلاستيك اللدين الى الامام. ت- قسم القياس وهو الجزء الأخير من اللولب والمنتهي بمصفاة لمنع الشوائب من المرور للفونية ث- قسم الضغط وهو الجزء الأوسط الذي يندفع فيه البلاستيك اللدين الى الامام. ٣- اللقمة وهي قالب معدني قياسي الحجم حسب نوع المنتج .

وبخروج البلاستيك المنبثق من الماكينة يتم سحبه إلى وحدة اخرى ملحقة حيث يبرد متخذا شكله النهائي .

وتتلخص طريقة البثق في تغذية المادة الترموبلاستيكية وانتقالها عبر اللولب الدوار الساخن تحت ضغط عال خلال فتحة قياسية الحجم إلى (لقمة القالب) حيث يتم سحبها وتبريدها خارج الماكينة .

## عملية البثق :

1- يملأ القادوس بحبيبات المادة الترموبلاستيكية. ٢- تلتقط الحبيبات بواسطة اللولب الدوار المحاط ببطانة مصلدة لاسطوانة البثق وتدفع للأمام وعلى طول اللولب الدوار واندفاع حبيبات البلاستيك إلى امام فانها تسخن وتلين وتنعم بتأثير عاملين : أ- سخانات الخارجية المحيطة بماسورة اللولب. ب- الحرارة الناتجة من احتكاك الحبيبات مع جسم اللولب الدوار .

وفي أثناء حركة المواد الترموبلاستيكية على طول اللولب الدوار فإنها تمتزج في صهير متجانس ومتماسك مع بعضها أو مع المادة الملونة (في حالة إضافة لون إليها) وهذا التجانس يمنع حدوث تموجات سطحية أو عدم انتظام المقطع للمنتج النهائي .

3- تدفع المادة المنصهرة تحت ضغط عال عبر رصة ترشيح (تمنع مرور الشوائب) إلى لقمة القالب. ٤- يخرج القطاع البلاستيكي المنبثق من اللقمة إلى وحدة التبريد ليتصلب متخذا شكله النهائي بعد تقطيعه إلى الأطوال أو المساحات المطلوبة أو لفة على اسطوانات ذات إجمام وسعات معلومة .

## بثق الشرائط والألواح المسطحة :

يتم عادة بثق الألواح المسطحة حوالي ٦ سم بينما يطلق اسم الشرائط على منتجات البثق ذات السمك اقل من ٠.٢٥ سم .

ويستخدم نفس نظام البثق في القطاعات الأخرى ( كالقضبان والأنابيب ) في بثق الألواح والشرائط مع ملاحظة اختلاف لقمة القالب ومعدات الاستلام النهائي .

## بثق طبقة تغطية (الحماية) البلاستيكية على المواد المختلفة :

يمكن استخدام طريقة البثق في تغطية المواد المختلفة بعشاء بلاستيكي واقى ( او للتجميل ) وذلك بضغط شرائط البلاستيك المنبتقة الساخنة من الماكينة مع المادة المطلوب تغطيتها بين بكرتين ضاغطين بحيث تكون مادة البلاستيك اسفل المادة الأخرى . ولا تحتاج هذه العملية إلى إضافة مواد لاصقة حيث يكون الضغط الواقع على شريط البلاستيك الساخن كافيا لالتحامه بالمادة المطلوب لصقه عليها .

باستخدام شرائط ذات عرض قياس مناسب لسطح المادة المطلوب تغطيتها يمكننا تغليف مواد كالورق والملابس والرقائق المعدنية باستخدام طريقه البثق .

## الشرائط البلاستيكية متعددة الطبقات

يمكننا الحصول على شرائط بلاستيكية متعددة الطبقات (كل طبقة تختلف في مادتها عن الأخرى باستخدام عدة باثقات في الماكينة الواحدة نصب جميعها في لقمة القالب وتسمى هذه الطريقة بالبثق الاسهامي Coextrusion، وتستخدم الباثقات المتعددة لبثق عدة مواد بلاستيكية مختلفة أو ألوان مختلفة ( لمادة واحدة ) في لقمة القالب بواسطة نظام متنعب .

والتطبيق العملي لهذه الطريقة ينتج منه لفائف الأطعمة المانعة للرطوبة وأبخرة الغازات وكذلك شفاطات المشروبات ذات اللونين وزجاج السيارات الأمامي .

## شرائط البثق بالنفخ

تستخدم هذه الطريقة نفس التقنية المستخدمة في إنتاج الألواح إلا أن لقمة القالب تكون على شكل تجويف أنبوبي يندفع خلاله تيار هوائي يمدد الشريط على شكل اسطواني يسمى "الفقاعة" .

وأثناء تصلب الفقاعة فإنها تضغط من الجانبين بين بكرتين لتكوين شريط مزدوج السمك وقد وجد عمليا انه من الأفضل بثق واستلام القاعة من اسفل إلى أعلى ثم تسطيحها بين البكرتين وحملها إلى بكره اللف .

وتستخدم هذه الطريقة في عمل لفائف شرائط البلاستيك لاستخدامها في تغطية الأجسام كبيرة الجسم نسبيا كالمكانن والسيارات .. الخ ، ويمكن قطع الشرائط على مسافات قصيرة ولحامها من إحدى نهايتها لتعطي لنا الحقائق البلاستيكية الخفيفة .

## البثق لتغطية الأسلاك

من أهم التطبيقات العملية لطريقة البثق هو تغطية الأسلاك المعدنية والكابلات بمادة بلاستيكية عازلة للكهرباء ومقاومة للتآكل وعوامل الجو .

وهي تماثل عمليا طريقة بثق الأنابيب لشاقة في لقمة القالب تستبدل بدليل متدرج) بالتناقص) يمر من خلاله السلك المعدني المراد تغطيته وأثناء مرور المادة البلاستيكية الساخنة عبر لقمة القالب فإنها تحيط بالسلك المعدني الساخن (تكون درجة حرارته كدرجة انصهار المادة البلاستيكية) ويحرر الاثنان كوحدة واحدة من لقمة القالب حيث يبردا ويلف السلك أو الكابل على بكرات ذات إجمام وأطوال قياسية .

ومن الراتنجات الشائع استخدامها في تغطية الأسلاك والكوابل راتنج البولي ايثيلين وكلوريد البولي فينيل والنايلون كما يستخدم أحيانا راتنج السيليكون للكابلات ذات المقاومة العالية للحرارة .

## البثق لعمل الحبيبات والمركبات

تستخدم تقنيات البثق في مصانع إنتاج المركبات الراتنجية وذلك لخلط وتلوين وتشكيل الحبيبات الراتنجية التي تباع الى مصانع إنتاج المنتج البلاستيكي النهائي .

وغالبا تحتاج الراتنجات الأساسية إلى مواد مضافة لتناسب تطبيقات عملية محددة ذات مواصفات خاصة أو قد تحتاج إلى التلوين بلون مطلوب أو يكون الإنتاج المطلوب على شكل عصي أو حبيبات أو ... الخ ، وتضاف المواد الإضافية أو الألوان إلى الراتنج وتخلط جيدا لتكوين مزيج متجانس في الحبيبات الناتجة وبالطبع فإن لقمة القالب تصمم بحيث يخرج الراتنج منها على شكل حبال يتم تقطيعها إلى قطع صغيرة حبيبية الشكل لا يتجاوز طولها ٢-٣ مم ثم تعبأ في أكياس ( عبوته ٥٠ كجم عادة ) وبذلك تكون جاهزة للتشغيل والتصنيع. ويجدر الإشارة هنا إلى أن الاصطلاح المستخدم للدلالة على ملونات اللدائن هو Master batch بينما يطلق على مواد الإضافة التي تكسب الراتنج صفات مرغوبة , Additives وتحتكر تقنية تصنيع هذه المواد شركات عالمية معدودة .

ويختلف شكل الحبيبات من الاسطواني الى المكعب او الكرات الصغيرة البيضاء أو الملونة حسب الطلب وتؤكد هنا ما سبق ذكره عن إمكانية إعادة استخدام الراتنجات البلاستيكية المستخدمة في طرق البثق حيث أنها مواد ثرموبلاستيكية .

## قوالب الضغط والنقل COMPRESSION AND TRANSFER MOULD

### أولا : القولية بالضغط Compression Moulding

وتتلخص هذه الطريقة في وضع كمية محسوبة من الراتنج في القالب الذي يسخن صم يدفع مكبس على العجينة المنصهرة فتملأ الفراغات داخل القالب حيث يرفع الضغط بعد أن يأخذ الراتنج شكل التجاويف التي ملأها 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 سبابة التشكيل متصلة ببعضها وذات أوزان محسوبة لا تسمح إلا بكميات ضئيلة زائدة (فائد) عند كبسها داخل القالب (والطبع يجب قطع هذه الزيادة عند تشطيب المنتج النهائي قبل اكتمال تصلبه .)

وتتراوح درجة حرارة القالب المسخن بين ٩٣م و ٢٠٥م بينما يتراوح الضغط في المكبس بين ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ رطل / بوصة مربعة وتكتمل عملية بلمرة الراتنج في زمن ما بين ٣ و ٢٠ دقيقة .

ويمكن احتواء القالب الواحد على تجويف أو أكثر حسب حجم المنتج ويصنع عادة من مادة الفولاذ ذات الأسطح العالية الصقل لتعطي إنتاج ذو مظهر جيد .

ويتم تثبيت نصفي القالب بصينية المكبس الهيدروليكي العلوي والسفلي وذلك حتى يكون قفلهما وفتحهما هيدروليكيًا أثناء دورة التشغيل .

وفي المكنن اليدوية فإن العامل يقوم بوزن كمية الراتنج المطلوبة وضعها داخل القالب الساخن ودفع ذراع المكبس يدويا ثم إخراج الناتج من القالب وقطع الزائد منه قبل تمام تصلبه , بينما نجد في المكنن الآلية كمية الراتنج المحسوبة تغذي القالب وتضغط ويفتح القالب بعد فترة زمنية قياسية ويتردد الناتج آليا إلا في حالة إذا كان هناك أجزاء معدنية يراد إدخالها في المنتج النهائي فتلك توضع بواسطة العاملة يدويا في القالب المفتوح ثم تكمل الدورة آليا .

### ثانيا : القولية بالنقل TRANSFER MOULDING :

تعتمد طريقة القولية بالنقل على نفس أساسيات طريقة الضغط السالفة إلا أن الاختلاف البين بينهما هو في كيفية ملء 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 تماما عملية الحقن في المواد الثرموبلاستيكية .

وفي الحالات التي تحتاج إنتاج كبير وسريع فتستخدم طريقة القولية الدافعة Plunger molding مع استخدام كباس نقل إضافي منفصل ليدفع بالبلاستيك خلال المجاري ثم إلى التجاويف ، وهنا نجد أن الضغط التحويلي مضبوط لاستقلاله عن الضغط المستخدم في ربط نصفي القالب .

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 انه لا يمكن عمل سوى دفعة 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 المنتج النهائي تعتبر نفايات لأنه من المعلوم أن مواد الثرموسيتنج لا يمكن إعادة تصنيعها .

وتتميز طريقة قوالب النقل عن قوالب الضغط في عدم وجود زوائد في المنتج النهائي مما يجعلها بسيطة التشطيب كما انه يمكن بها إنتاج عدة وحدات متكررة باستخدام أسلوب المجاري خاصة في إنتاج الأشكال الصغيرة الحجم ذات التركيب المعقد والتي من الصعب تصنيعها بطريقة الضغط .

## الصقل CALENDERING

يقصد بعملية الصقل ضغط عجينة البلاستيك من المواد الترموبلاستيكية اللينة (المنصهرة) بين بكرتين أو أكثر لتكوين شريط متصل .

وهذه العملية مشابهة تماما لما يحدث في صناعة المطاط وهي الطريقة المثلى لتصنيع شرائط وألواح البلاستيك :

وتستخدم عادة مادة كلوريد البولي فينيل المرنة في هذه العملية إلا انه يمكن أيضا استخدام مواد الايه بي سي ، السليلوزات ، البولي ايثيلين والبوليسترين .

ويمكن خلط الراتنج الترموبلاستيكي مع بعض المواد الأخرى كعوامل مساعدة على التثبيت والتلدن والتزييت والتلوين .

وأثناء الخلط فان العجينة تسخن حتى تصبح مطاطية التكوين أشبه بالفخار الأملس الساخن ثم تغذى إلى بكرات الصقل الساخنة حيث تنضغط إلى السمك والاتساع المطلوبين أثناء مرورها بين البكرات ، ومن ثم تمرر على بكرات التبريد ثم تقطع بالاتساع المطلوب على اله القطع ثم تلف على بكرات التسليم .

ويتم التحكم في سمك اللوح المصقول حسب المسافة بين البكرتين النهائيتين .

مكائن الصقل :

تتكون ماكينة الصقل من اربعة وحدات رئيسية هي : ١- خلاط : يقوم بمزج المكونات المطلوبة من الراتنج والعوامل المساعدة وذلك بغرض عمل مزيج متجانس منها جاهز للتشغيل . ٢- الوحدة الرئيسية : وهي ماكينة الصقل وتقوم بضغط ولف (تبطيط) العجينة الساخنة بين البكرات إلى شرائط أو ألواح مسطحة . ٣- وحدة التشطيب : وتشمل بكرات التبريد وآلة القطع والتشذيب . ٤- بكرات اللف التي يلف عليها المنتج النهائي بكميات قياسية .

ونلاحظ أن البكرات تظل دائما ساخنة لحفظ حرارة التكوين كما ان التحكم في سمك البلاستيك الناتج يتم بواسطة تضيق المسافة تدريجيا بين كل بكرتين ، ويمكننا استخدام بكرات مزخرفة لإنتاج لفائف البلاستيك النسيجي او المزخرف .

### عملية التغطية COATING PROCESS :

يمكن استخدام تقنية الصقل لتغطية بعض المواد كالورق والقماش بطبقة بلاستيكية ، وهذه العملية تشبه عملية الصقل إلا انه توضع المادة المراد تغطيتها بين البكرات أثناء تكوين لفائف البلاستيك .

ويتم أثناء ذلك الالتحام التام بين المادة البلاستيكية والورق أو القماش المستخدم ويخرجان من البكرة النهائية قطعة واحدة .

وتنتج هذه العملية في إنتاج أقمشة التنجيد البلاستيكية للأثاث والمقاعد والملابس والأحذية والحقائب وحقائب اليد من رقائق البولي فينيل المرنة كغطاء فوق القماش .

أما كلوريد البولي فينيل المرن فيستخدم في صناعة ستائر الحمامات ، ملابس المطر ، حبال تخطيط حمامات السباحة ، الجلد الصناعي وواقيات الاصطدام في السيارات وكذلك الهارد توب .

ويستخدم كلوريد البولي فينيل الجاسى Rigid pvc في صناعة أكياس النفايات ، بطاقات البنوك ، أشرطة التسجيل الصوتية ، وسائل الإضاءة وأكياس حفظ الحبوب .

## مواد ألواح التشكيل الحراري THERMO FORMING SHEET MATERIAL

تعتبر عمليات التشكيل الحراري لألواح البلاستيك واحدة من العمليات الرئيسية في صناعة البلاستيك كما أنها واحدة من أقدم العمليات في هذه الصناعة

ومع بداية القرن العشرين جرت محاولات مبدئية في تشكيل الرقائق السليلوزية ثم تطورات العملية بسرعة في سنوات قليلة نتيجة الاختراعات المتوالية في مكائن التشغيل والتطورات التي أدخلت على خواص المواد المستخدمة بغرض تحسين خواصها مما يساعد على سهولة تشكيلها مما أوجد لدينا الآن نوعيات مختلفة من الرقائق اللدنة ذات الأشكال المتباينة .

وأساس عملية التشكيل الحراري هو تسخين رقائق البلاستيك لتصبح في حالة قابلة للطي ثم دفعها حول حدود القالب باستخدام الضغط إما بتيار هوائي أو الضغط الميكانيكي لإحداث الدفع مع الاستعانة بالتسخين والحنى (اللي أو التني .).

وهناك ثلاثة أنواع رئيسية لعمليات التشكيل الحراري مع بعض الاختلافات العديدة بين كلا منها وهي : (١) التشكيل المطابق للقالب . (٢) التشكيل بالتفريغ . (٣) التشكيل بالضغط .

وتخضع كثير من رقائق البلاستيك لعمليات التشكيل الحراري ويعتمد اختيار المادة المستخدمة بحسب الخواص المطلوبة في المنتج كالوضوح ، مقاومة التآكل ، المتانة ، المرونة ، اللون .. الخ .

وبناء على ما سبق يتم اختيار طريقة التشكيل المناسبة للمادة والمنتج المطلوب (1) . التشكيل المطابق للقالب MATCHED MOLD FORMING :

تعطي طريقة التشكيل الحراري المطابق للقالب (Matched-die moulding) وتسمى كذلك بالقولبة في قالب متوائم) لرقائق البلاستيك نتائج دقيقة وصحيحة وذلك باستخدام نصفي قالب يقفلان جيدا مع بعضهما وتوضع المادة الترموبلاستيكية في أحد النصفين بعد تسخينها إلى درجة الليونة ثم تشكل بضغط ميكانيكي يؤثر بين نصفي القالب ، ولما كان نصفي القالب يلامسان سطحي رقيقة البلاستيك اللينة الموضوعة بينهما لذا يجب أن يكونا مصقولين جيدا حتى يكون المنتج أملس السطح. وتصنع القوالب عادة من الألومنيوم أو الصلب وتثبت على مكبس مائي أو غازي ، وتسخن رقائق البلاستيك ثم توضع بين نصفي القالب ويغلق المكبس ، ويستخدم التبريد المائي في تبريد القالب والتحكم في درجة حرارته .

وهذه الطريقة مناسبة للحصول على منتجات ذات أبعاد ممتازة وتفاصيل دقيقة .

(2)التشكيل بالتفريغ VACUUM FORMING :



من اسهل طرق التشكيل الحراري طريقة التشكيل بالتفريغ وتشمل تسخين رقائق البلاستيك داخل إطار محدود حتى نقطة الليونة لتصبح مرنة فيوضع تحتها مباشرة القالب وبتأثير ضغط بسيط ينساب البلاستيك على الحافة العلوية للقالب ثم بتفريغ الهواء خلال ثقب صغيرة في تجايف القالب فان الضغط الجوي العادي يدفع الرقائق اللينة على حدود جدران القالب وبالتبريد يتصلب الناتج ثم يزال القالب بعد أن اخذ الراتنج شكل جدرانه الداخلية .

عملية التشكيل FORMING PROCESS



تطورت عملية التشكيل بالتفريغ لإعطاء منتج ذو سمك جداري منتظم وحواف محددة خاصة في حالات منتجات السحب العميق .

طريقة تشكيل القضمة الارتجاعية Snap-back Forming ومن الوسائل المتطورة في هذا المجال استخدام طريقة التشكيل بالتفريغ ، وفي هذه الطريقة يتم تفريغ المنطقة اسفل الصفيحة المنصهرة من الراتنج وفي نفس الوقت يقوم نصف القالب الذكر بالضغط عليها من أعلى إلى اسفل ، وعند وقف التفريغ تأخذ الصفيحة المنصهرة شكل حواف القالب الذكر ، وهذه الطريقة تتميز باستخدام حجم صغير من الصفيحة البلاستيكية المطلوبة تشكيلها وتساعد على توزيع اللدنة المنصهرة كما تقلل من علامات الفققة على المنتج النهائي .

طريقة التشكيل بالثني Drape Forming : ويستخدم فيها قالب ذكر وإطار قمط (يثبت فيه لوح اللدنة) ذو حركة ميكانيكية فعند تلبين اللوح بالتسخين يتم إنزال الإطار فوق القالب الذكر والذي يفرد الصفيحة متخذة شكل القالب الخارجي ثم يسلط تفريغ ساحبا الصفيحة بقوة حول حواف القالب. وهناك وسائل أخرى متطورة للتشكيل التفريغي لعمليات مخصوصة كإنتاج عبوة ذات سمك مضبوط ومنتظم باستخدام طريقة (التشكيل بالقضمة الارتجاعية العارمة Billow Snap-back Forming) وطريقة استخدام الماسكات ذات العجلات المنزلة لدفع صفيحة غطاء سداة وهذه الطريقة تنتج أجزاء قوية ذات جدران ثقيلة وسميكة .

خطوات التشغيل في عمليات التشكيل بالتفريغ : ١- تقطع الصفيحة اللدنة المطلوب تشكيلها حراريا إلى الحجم المناسب وتثبت في إطار القمط بإحكام . ٢- تسخن الصفيحة إلى الحرارة المناسبة والصحيحة للتشكيل (حسب نوع الراتنج) ويدفع القالب في المكان المناسب لإجراء عملية التفريغ. ٣- تترك الصفيحة المنصهرة فترة



زمنية مناسبة للتماسك والتصلب ثم يزال المنتج من القالب. ٤- يقطع المنتج المطلوب من بقية جسم الصفيحة إما بالشق أو النشر أو الطبع. ونظرا لسهولة إجراء عمليات التشكيل بالتفريغ فإنها منتشرة لإنتاج عدد كبير من المنتجات خاصة ذات الحجم الكبير جدا وكذلك القطع الصغيرة ذات الكميات الكبيرة كتغليف الأدوات المختلفة وذلك باستخدام ماكينة تقوم بالتشكيل التفريغي أليا ، ويستفاد من هذه الطريقة لتغليف الأطعمة حيث تعطى نوعية جيدة من العزل خاصة في اللدائن الرغوية .

### 3)التشكيل بالضغط PRESSURE FORMING



وهي الطريقة الرئيسية الثالثة في عمليات التشكيل الحراري وتسمى أحيانا بـ "نفخ الهواء" ويجب الحذر في استخدام هذا الاسم لعدم الخلط بينها وبين طريقة التصنيع بقالب النفخ حيث أن مقصودنا هنا هو تشكيل الرقائق البلاستيكية وليس الحبيبات او البودرة .

وهناك طريقتان أساسيتان للتشكيل بالضغط هما : ١- التشكيل بالضغط المستقيم : وتحتوي على قالب أنثى مثبت عليه صفيحة المادة الثرموبلاستيكية وبسليط أشعة حرارية على الصفيحة يتم صهرها فيوضع غطاء بسرعة على الصفيحة المنصهرة ومن خلال تقوب في هذا الغطاء يندفع تيار من الهواء الساخن الذي يضغط بدوره على صهير الصفيحة إلى حواف القالب متخذة شكله بينما يتم تسريب أي فقاع هوائية محصورة بين الصفيحة وجدران القالب خلال فتحات في القالب نفسه وبعد التبريد يتم إزالة الجزء المشكل ويقطع من الزوائد كما في عملية التشكيل بالتفريغ. ٢- النفخ الحر : ويتم ذلك بوضع صفيحة بلاستيكية ساخنة فوق صندوق ضغط وتثبت داخل إطار ذو فتحات فوق الصفيحة وتكون الفتحات ذات شكل مربع أو دائري أو بيضاوي أو أي شكل آخر معين ومطلوب ، وبدفع الهواء من صندوق الضغط نحو الصفيحة الساخنة يجعلها تكون فقاعة ملساء ويستمر تطبيق الضغط والحرارة حتى الارتفاع المطلوب للفقاعة. وتستخدم عمليا في إنتاج صفائح اكريليك ذات شفافية ضوئية جيدة تصلح لأسقف الطائرات المقاتلة وجدران المباني .

### 4)تشكيل البشرة والتغليف القشري Blister Forming and Skin-packaging :

تستخدم صناعة التغليف برقائق البلاستيك تقنية من وسائل التشكيل التفريغي تسمى تشكيل البثرة Blister Forming وفي هذه الطريقة توضع صفيحة بلاستيكية فوق القالب في ماكينة التشكيل حيث تسخن الصفيحة حتى درجة الانصهار على سطح القالب ويطبق التفريغ ثم تبرد وتؤخذ الصفيحة المشكلة من الماكينة حيث تقطع الزوائد ويسمى الشكل الناتج للصفيحة "بثرة Blister."

وهناك طريقة أخرى مشابهة لتلك إلا انه لا يستخدم فيها قالب حيث يتم تغليف الأجسام المراد تغطيتها بغشاء بلاستيكي شفاف يعطي حماية للجسم وعبوة رخيصة مع إمكانية رؤيته بوضوح وتسمى تلك الطريقة بالتغليف القشري "Skin-Packaging" وتجري بتسخين صفيحة بلاستيكية رقيقة من راتنج شفاف إلى درجة الانصهار ثم إنزالها فوق الجسم المراد تغطيته مع تطبيق التفريغ فتأخذ شكل الجسم وتبدو كقشرة سطحية عالية وعادة يتم لحام القشرة البلاستيكية مع الكرتون الموضوع عليه الجسم بمادة لاصقة .

ونلاحظ في هذه الطريقة عدم حاجتنا إلى قالب يلزم صهر الصفيحة عليه .

## اللدائن المصبوبة CASTING PLASTICS

الصب هو عملية سكب سائل بلاستيكي في قالب مناسب ، وقد يكون البلاستيك على شكل مونمر يستكمل بلمرته بعد صبه او سائل راتنجي مضاف إليه عامل مساعد (منشط) قبل السكب

أما القالب فقد يكون معقد التركيب أو بسيط جدا حتى يمكن استخدامه في الورشة المنزلية وعموما فان القوالب المستخدمة في عمليات الصب غير مكلفة حيث تصنع عادة من الخشب أو الزجاج أو الطين الصلصالي أو المعادن إلى جانب إمكانية أن تكون مادة القالب من نوع آخر من البلاستيك .

ويمكن أن تصب الراتنجات المستخدمة على الساخن أو على البارد ثم تترك لتتصلب من خلال عملية بلمرة متقدمة ، وغالبا ما يتم حشو الراتنجات لتقويتها ، ويمكن تلوينها باللون المطلوب حيث تترأح من راتنجات راتجة الى معتمة .

ويستخدم في عمليات الصب سائل راتنجية متعددة مثل : ١- الاكريليك : ويستخدم في إنتاج الألواح والقضبان والمواسير والمجوهرات والمقلدة وكرات البلياردو والرخام الصناعي. ٢- البوليستر : ويستخدم في تطين العينات وأشغال الهوايات ، الألواح المصبوبة وأيضا أجزاء بعض أنواع الأثاث والمجوهرات. ٣- الايبوكسي : يتم خلط راتنج الايبوكسي مع بعض مساحيق المعادن ويستخدم على نطاق واسع في صناعة السيارات والطائرات لإنتاج القوالب البلاستيكية وادوات الهز ولقمة القالب 4- (Die) البولي يوريثان : ويستخدم في إنتاج الأجسام الجاسنة ذات المرونة كأجزاء الأثاثات وصدادات السيارات والأجهزة المنزلية. ٥- السيليكون : يستفاد من مرونة راتنجات السيليكون في صناعة قوالب الصب والتي تصب فيها سائل راتنجية أخرى لإعطاء منتج ذو تفاصيل دقيقة ويسهل إزالته

من القالب ٦- النايلون : يستخدم في إنتاج جلب الخدمة الشاقة ، التروس ، رفاصات القوارب والأحواض المقاومة للكيمويات .

عمليات الصب : CASTING PROCESSES :



1) صب الاكريليك : يعتبر إنتاج ألواح الاكريليك الشفافة او الملونة احد عمليات الصب الرئيسية وفيها يسكب سائل سميك من مخلوط مونمر الاكريليك سابق التجهيز بين لوحين من الزجاج المصقول ويترك ليتجمد ويتماسك مستكملا بلمرته ، وبعد انتهاء الصب فان الألواح الناتجة تسخن لإزالة أي انضغاطات على اللوح وتقطع إلى الحجم المطلوب ثم تغطى بورق لحماية السطح المصقول من الخدوش. وفي إنتاج قضبان الاكريليك تستخدم نفس التقنية تماما مع تغيير شكل الزجاج .

2) صب البوليستر :

ومن عمليات الصب الأخرى عملية صب راتنج البوليستر والتي يتم فيها خلط الراتنج مع العامل المساعد (المنشط) داخل وحدة رش بطريقة آلية وبذلك يصبح سائل البوليستر جاهزا لصب متواصل منتجا أجزاء للأثاث مشابهة تماما للخشب .

3) صب السليكون :

يرجع استخدام راتنج السيليكون في صناعة قوالب الصب لسكب راتنج أخرى فيها إلى مرونة هذا الراتنج وتحمله لدرجات حرارة عالية (حتى ٣١٦°م) مما يجعله صالحا حتى لصب الرصاص فيه ، ويمكن استخدام القالب المصنوع من السيليكون من ١٠٠-٢٠٠ مرة حسب نوع الراتنج المسكوب فيه .

4) صب النايلون :

وفي راتنج النايلون يصب المونمر في قالب ذو قطعة واحدة أو قطعتين ويترك ليتماسك حتى تكون البوليستر ، وتعطى راتنج النايلون منتجا ذو قوة عالية ومقاومة ملحوظة للتآكل ، ونجد أن حجم وسمك المنتج يتحدد حسب حجم القالب مما يسهل لنا الحصول على منتجات النايلون بالحجم المطلوب بهذه الطريقة خاصة وان الحجم يعتبر عائقا هاما في عملية إنتاج مواد النايلون بطريقة الحقن .

5) دفن المواد والأجسام :

تستخدم تقنية الصب في دفن المواد والأجسام المختلفة داخل المادة البلاستيكية الشفافة كالبوليستر أو الاكريليك لحمايتها من الرطوبة والبكتريا والصدمات والحرارة المباشرة مثل الأشياء الثمينة والعينات البيولوجية .. الخ .  
وتتم عملية الدفن على مرحلتين تشمل الأولى منها وضع طبقة من الراتنج الممتزج مع العامل المنشط في القالب وتركها حتى تتماسك جزئيا ثم تأتي المرحلة الثانية حيث يوضع الجسم المراد دفنه فوق الطبقة المتماكة ثم تصب الطبقة الثانية من الراتنج لتحيط بالجسم وتلتحم مع الطبقة الأولى السفلية .

## طريقة القولية بالبلاستيكزول PLASTISOL MOULDING

البلاستيكزول هو معلق من مخلوط راتنج كلوريد البولي فينيل والعوامل المنشطة للتلدن (وهي المواد الكيميائية المضافة لتحسين التشغيل وتقليل التقصف) ، وهذا المخلوط يمكن تشكيله في قوالب ، صبه أو تحويله إلى شرائط تحت تأثير الحرارة .



البلاستيكزولات سوائلا يتراوح قوامها بين قوام الماء وقوام السوائل الثقيلة في درجة حرارة الغرفة (٢٥ - ٣٠°م) ، وبتأثير الحرارة فان حبيبات الراتنج الدقيقة تتصهر وتتفاعل مع العوامل المنشطة للتلدن لتكوين مادة صلبة متينة ومرنة عند حوالي درجة 176°م ، ويمكن تحويل البلاستيكزول من سائل إلى صلب دون تأثير الضغط حيث يتلاءم مع عمليات التشكيل في قوالب أو عمليات التكبسية باستخدام معدات بسيطة التكاليف .

ولما كانت معظم البلاستيكزول هي مواد صلبة فان الفاقد في وزنها أثناء الانصهار قليل ، ويمكن تشكيلها بالصب أو بالرش على الأسطح كما يمكن دفعها في قوالب أو غمس القالب في سائل بلاستيكزولي .

والبلاستيكيولات مواد ذات مدى واسع من الألوان ودرجات متعددة من المرونة .

### القولبة بالغمس DIP MOULDING :

تستخدم هذه التقنية في تكسية الأجسام المختلفة أو جزء منها بطبقة ذات سمك معين من البلاستيك ، ويتم ذلك بغمس قالب ذكر ساخن في سائل البلاستيكيول حيث ينصهر البلاستيك على سطح القالب المنغمس متخذا شكله وبعد ذلك ينزع المنتج من القالب ، ويمكن الاستغناء عن القالب واستخدام الجسم نفسه إذا كان المراد تكسيته كله بالبلاستيك كما في شمعات الاحتراق (البواجي) ألعاب الأطفال ، الأحذية ، محافظ النظارات ، مقابض الأدوات المختلفة ، صمامات تشغيل الآلات ومطبيقات تجفيف الصحون .

وفي حالات الإنتاج الوفير كما في الصناعة فإن خط الإنتاج يشمل ظلمية تدفع بالسائل البلاستيكيولي إلى خزان ساخن يتم فيه غمس القالب أو الأشياء المطلوب تكسيته بالبلاستيك ثم منطقة تبريد تتبعها محطة لنزع المنتج عن القالب الذكر إذا كان مطلوب إعادة تشغيله ، ويسخن القالب عادة إلى درجة حوالي ١٥٠م ليعطي سمك جداري 0.15 – 0.3 سم ويغمس القالب في خزان البلاستيكيول الساخن فترة ما بين ٣ – ٥ دقائق ثم يرفع ببطء ثم يوضع في فرن درجة حرارته ١٥٠م لاستكمال صهر البلاستيكيول لمدة تتراوح بين ٥ – ١٥ دقيقة ثم ينقل إلى منطقة التبريد حيث يرش بالماء العادي ثم ينزع المنتج عن القالب (في حالة استخدام قالب معدني) أما إذا كان المنتج يغطي كامل الجسم المنغمس فتعتبر منطقة التبريد هي نهاية المطاف له .

الغمس على البارد : يمكن تكسية الأجسام المختلفة بطبقة من البلاستيكيول على البارد خاصة إذا كانت نوعية هذه الأجسام لا تتحمل الحرارة أو تتأثر بها تأثير سلبي وفي هذه الحالة لا تحتاج إلى فرن لاستكمال عملية التكبسية ويتكفي بتيار هوائي جاف .

### التكبسية بالرش SPRAY COATING

يستخدم رشاش البلاستيكيول وذلك لعزل المواد ، عزل الصوت ، عمل طبقة حماية على الاجسام المعدنية ... الخ .

وتستخدم معدات للخدمات الشاقة خاصة لعملية الرش بالبلاستيكيول ثم يدفع تيار من الهواء الساخن الجاف لاستكمال عملية تماسك وتصلب البلاستيكيول على السطح المكسي .

وهذه الطريقة تصلح لتغطية السطوح الكبيرة مثل جدران خزانات قاطرات السكك الحديدية والجسم الخارجي لسيارات الركوب والتي تغطي بطبقة من بلاستيكيول كلوريد البولي فينيل لعمل طبقة حامية ضد الصدا والخدش .

### القولبة بالتسييل SLUSH MOULDING

هي إحدى وسائل تشكيل اللوالب اعتمادا على خاصية قدرة البلاستيكيولات على التصلب الفوري بتأثير حراري .

ويستخدم لذلك قالب ألومنيوم مجوف ساخن يملأ بالسائل البلاستيكيولي الذي يتخذ شكلا هلاميا فور ملامسته لجدران القالب ، ويبقى البلاستيكيول داخل القالب الساخن فترة بين 5 – 3 دقائق حيث تتراكم مكونة السمك الجداري المطلوب ثم يفرغ القالب من سائل البلاستيكيول الزائد قبل ان يتصلب ، ثم يوضع القالب في فرن تتراوح حرارته بين ١٧٧° 205 - م لبضع دقائق حتى ينصهر الجدار البلاستيكيولي المتكون على سطح القالب الداخلي ثم يبرد بالماء ويفتح القالب لإخراج المنتج .

ويتم التحكم في سمك جدار المنتج حسب درجة حرارة القالب والمدة التي يمكثها السائل البلاستيكيولي داخل القالب .

وتستخدم تقنية القولبة بالتسييل في صناعة الأجزاء المجوفة لعرائس الأطفال ، بصليات الحقن الطبية وكذلك ألعاب الاطفال المجوفة المرنة .

### القولبة الدورانية :

وتشبه طريقة القولبة الدورانية إلا أننا نستخدم هنا سائل البلاستيكيول بديلا عن المسحوق الراتنجي في ملء القالب مما يجعل المنتج مرنا .  
وتستخدم هذه التقنية في صناعة كرات القدم والسلة ومساند الأذرع في السيارات وألعاب الأطفال وبعض الأجزاء الصناعية التي نحتاج فيها إلى مرونة وصلابة المنتج .

## اللادائن الرقائنية LAMINATED PLASTICS

تصنع رقائق البلاستيك بلصق طبقتين أو أكثر من المواد الراتنجية لتكوين وحدة مفردة أو لوح ذي سمك من البلاستيك .

ويعتبر الخشب الرقائقي (بلاي وود) مثال نموذجي لفهم هذا النوع من الإنتاج حيث تلتصق طبقات متعددة من قشرة الخشب لتكون لوح سميك صلب ، وهو نفس الأسلوب الذي يستخدم في صناعة اللادائن الرقائنية .

ولا تقتصر المواد الداخلة في عملية التصنيع على البلاستيك فقط فيمكن أن تكون الطبقات من مواد كالخشب والورق والخيوط مع طبقة من البلاستيك أو قد تكون جميع الطبقات بلاستيكية بحيث تعطي في المنتج النهائي وحدة واحدة يصعب فصل طبقاتها .

وتستخدم أساليب مختلفة في عملية لصق الطبقات ببعضها فأحيانا تستخدم مواد لاصقة قوية وأحيانا أخرى تصهر الطبقات البلاستيكية مع بعضها وفي طريقة أخرى من طرق صنع الرقائق فإن الطبقات البلاستيكية تشبع براتنج تخليقي والذي يقوم بلصق الطبقات ببعضها ، كما يمكن استخدام الضغط لأعلى من ١٠٠٠ رطل /

بوصة مربعة لتكوين رقائق تسمى رقائق الضغط العالي ومن أشهر أمثلتها ألواح الفورمايكا المستخدمة في تغطية أخشاب المطابخ والطاولات والمقاعد ، أما الرقائق المنتجة بالضغط لأقل من ١٠٠٠ رطل / بوصة مربعة فتسمى رقائق الضغط المنخفض ومن أمثلتها بطاقات التعريف .

### عملية تصنيع الرقائق The Laminating Process

تستخدم المكابس الهيدروليكية في إنتاج معظم اللدائن الرقائقية ، ويتم ذلك بتشريب الرقائق البلاستيكية براتنجات مواد الترموسيتنج (مواد التصلد بالحرارة) وتترك لتجف ثم ترتب الرقائق فوق بعضها حتى السمك المطلوب ثم توضع على قاعدة مكبس بين صفيحتين مصقولتين تماما ، وتؤثر الحرارة والضغط ينتشر الراتنج خلال طبقات المادة مكونا كتلة رقائقية صلبة .

وتستخدم راتنجات الفينولات ، الميلامين ، السيليكون ، الايبوكسي والبوليستر في عمليات التصنيع وتتراوح درجة حرارة المكبس بين ١٥٠ ، ١٧٧°م بينما يختلف الضغط بين 1000 ، 2000 رطل/بوصة مربعة وتستغرق عملية الكبس دقائق معدودة خاصة عند استخدام راتنجات الترموسيتنج كما يمكن للعامل الفني اذا اتم الكبس بعناية ان يرفعها من المكبس وهي ساخنة لتبرد خارجة . أما إذا كانت الراتنجات المستخدمة من مواد الترموبلاستيكية فانه يلزم تبريد صفيحة المكبس قبل إزالة المنتج وذلك بطول دورة التشغيل لضرورة إعادة تسخينها قبل البدء في إنتاج رقائق أخرى .

### منتجات الرقائق Laminated Products



يعتبر ورق الحائط وألواح الفورمايكا أكثر الرقائق إنتاجا واستهلاكا وينتج الورق المشبع الميلامين ولب ورق الكرافت المشبع بالفينولات وذلك بغمس بكرات الورق في حوض مملوء براتنج مومر الفينول السائل حيث يتشرب به حتى التشبع ثم ترفع منه وتترك لتجف ثم تقطع إلى الحجم المطلوب كبسه ، وفي الورق الخفيف الوزن الذي يشبع بالميلامين تتبع نفس الخطوات ثم ترص كل الرقائق المطلوبة مع بعضها وتغطي بلوح شفاف من الميلامين لحمايتها ثم يرص فوقها عدة رقائق من ورق الكرافت ثم تغطي الرصة بطبقة من ورق الإزالة ثم صفيحة من الصلب المصقول مع إمكانية وضع عدة رصات داخل المكبس في نفس الوقت ، وبعد فترة التماسك والتصلب تزال الرقائق وهي ساخنة وتقطع إلى الحجم المطلوب .

ويرجع شيوع استخدام الورق لرخص ثمنه وصلابته وإمكانية الطبع عليه بمختلف الرسومات والأشكال ، والى جانب ورق الحائط وألواح الفورمايكا تستخدم أيضا خيوط النسيج كالكانفاه والقطن مع راتنجات الايبوكسي والفينول لتكوين الألواح الرقائقية ذات العزم العالي مما يجعلها مناسبة للاستخدام في صناعة أجزاء العزل الكهربائي ، صناديق المصهرات (الفيزوات) ، لوحات التوزيع الكهربائية ، وبعض الألواح يمكن تثقيبها أو إخضاعها لعمليات ميكانيكية لإنتاج التروس والكامات .

### الأساليب المختلفة في تصنيع الفيبيرجلاس

تستخدم الراتنجات البلاستيكية مع نسيج المادة المقوية في عمليات إنتاج البلاستيك المقوى ، وعادة تشبع مادة التقوية بالراتنج قبل صبها في القوالب بعدة طرق فنية مختلفة حسب نوع المنتج وحجمه ونوع مادة الراتنج والمادة المستخدمة للتقوية .

ويستخدم تعبير الألياف الزجاجية (الفيبرجلاس) غالبا للدلالة على القوالب المقواة أيا كان نوع المادة المستخدمة في التقوية رغم أن هذا التعبير يشير إلى الإنتاج الذي تستخدم فيه الألياف الزجاجية في عملية التقوية ، ويبدو أن ذلك يرجع إلى شيوع استخدام الألياف الزجاجية في معظم المنتجات المقواة مقارنة بغيرها من مواد التقوية .

ومن المنتجات البلاستيكية المقواة هياكل السيارات ، حشوات الأسطح والجدران ، العصي المستخدمة في رياضة القفز بالزانة ، مقاطع الطائرات ، خوذات السلامة والقوارب .

### الراتنجات المستخدمة في قوالب التقوية

تستخدم راتنجات الترموسيتنج أساسا في عملية تقوية اللدائن ، ويعتبر راتنج البوليستر أهم الراتنجات المستخدمة في هذا المجال وذلك لما يتمتع به من قوة العزم

ورخص التكاليف إلى جانب خاصيته في التماسك في درجة حرارة الغرفة (٢٥م) ، ويستخدم في حشوات المباني والقوارب وأجزاء السيارات .

## تذير هام

يجب ملاحظة أن مادة العامل المنشط أو عامل التصلب المستخدمة عادة لتقوية الألياف الزجاجية مع راتنجات البوليستر هي مادة غاية في الخطورة ، إذا دخلت قطرة واحدة من هذه المادة في العين فإنها تسبب تلف نسيج العين بالتالي العمى إذا لم تغسل بالماء خلال ٤ ثوان على الأكثر من وقت الإصابة وإذا لم يتم ذلك فليس هناك علاج معروف حتى الآن لوقف تلف نسيج العين .

والى جانب البوليستررات راتنجات الداى أليل فيثالات ، السيليكون ، الفينولات ، الايبوكسي والميلامين اخذين في الاعتبار الخواص المميزة لكلا منها وملاءمة تلك الخواص للمنتج المطلوب .

## مواد التقوية:

كما أسلفنا أن أكثر المواد استخداما في تقوية الدائن هي الألياف الزجاجية (الفيرجلاس) حتى أنها تطلق عليه جميع منتجاته عموما إلا انه يمكن استخدام خيوط النسيج والبلاستيك والورق والاسبتوس والجرافيت لنفس أغراض التقوية في حالات خاصة تتطلب درجات حرارة عالية مع القوة وخواص العزل الجيدة .

أما الألياف الزجاجية فتتوافر على شكل حصائر منسوجة ذات درجات متعددة م السمك ونوعيات مختلفة من النسيج فقد تنظم الألياف في جميع الاتجاهات مما يجعلها سهلة التشكل ف يتجاوز قالب ذات الحدود الضيقة والدقيقة أو قد تتخذ الألياف اتجاهها معيناً داخل النسيج يخدم غرض مطلوب في الاستخدام .

وهناك الألياف الزجاجية المفرومة التي تستخدم في القوالب سابقة التجهيز حيث تختلط مع الراتنج مكونة عجينة يعاد خلطها مع سائل الراتنج ويرش بها سطح القالب .

## قالب البلاستيك المقوى

يستخدم الصلب عادة في صناعة القوالب المغلفة المتوائمة والتي تستخدم في إنتاج كميات كبيرة من المنتج ويتميز إنتاج هذه القوالب بالأسطح المصقولة من الجانبين .

أما القوالب المفتوحة فتصنع من مواد كالجبس ، البلاستيك ، الصفائح المعدنية ، الخرسانة والخشب ونلاحظ أن المنتج منها ذو سطح مصقول من جانب واحد .

ويختلف نوع القالب ومادة تصنيعه حسب كمية الإنتاج المطلوب والتقنية المستخدمة في الإنتاج وكذلك نوع الراتنج المستخدم .

وعادة تثبت هذه القوالب على الصينية العلوية أو السفلية لمكبس هيدروليكي ذي حجم مناسب .

## الاسفنج الصناعي

### تصنيع الإسفنج الصناعي و أنواعه

يطلب اسم على البلاستيك الرغوي ( وقد يسمى أيضا البلاستيك الخلوي أو البلاستيك المنتفخ) ويمكن الحصول على هذا النوع بإضافة الهواء أو أي غاز إلى راتنج البلاستيك لتكوين تلك المادة الإسفنجية .

وقد اعتبرت طرق تصنيع البلاستيك الرغوي أحد التقنيات الرئيسية في صناعة البلاستيك بعد التطورات السريعة التي شهدتها صناعة قوالب البلاستيك الرغوي خاصة فيما يتعلق بصناعات التغليف والحفظ والوقاية من الصدمات .

ويصنع البلاستيك الخلوي من راتنجات البوليسترين ، البولي يوريثان ، البولي إيثيلين ، خلاص السليلوز ، الايبوكسي ، السيليكون والفينولات .

وتختلف نوعيات البلاستيك الرغوي حسب نوع الراتنج المستخدم ، التركيب الخلوي ، الكثافة والجسوة .

وهناك نوعين أساسيين من البلاستيك الرغوي تبعاً لخاصية الجسوة هما : ١- النوع الجاسي : وهو مقاوم للصدمات بدرجة عالية. ٢- النوع القابل للانثناء : وهو صنف سهل التحطيم ويصنع عادة على أشكال صغيرة الحجم .

ونقصد بالتركيب الخلوي للإسفنجة الصناعي هو عدد وحجم الفتحات المتكونة في رغوة البلاستيك نتيجة مرور الغاز في الراتنج

## الرغوي الخلوية STRUCTURAL FOAMS

تتماثل هذه الطريقة مع عملية حقن الراتنج الترموبلاستيكية الصلبة في قوالب ، ويحصل على الرغوة بإدخال غاز حامل (النتروجين عادة) مباشرة في الصهير أو يخلط مادة كيميائية تقوم كعامل نفخ مع الراتنج قبل حقنه .

ونلاحظ ان الراتنج الساخن يساعد على انتشار الغاز في الصهير ويدفع الخليط الى القالب فان الغاز يتمدد مكونا تراكيب خلوية ذات جدار صلب متين .

والرغوي الخلوية ذات سطح دوامي الشكل مما يجعلها في حاجة الى تلوين للتعطية .

ويمكن إنتاج الأجسام الكبيرة حتى وزن ٤٥ كجم في آلات خاصة مجهزة بمراكم تقوم بتخزين خليط الراتنج المنصهر وعامل النفخ القادم اليها من الباتق ويحفظ الخليط في المرجم تحت ضغط لمنع التمدد ، وعند امتلاء المرجم بالكمية المطلوبة والمحسوبة من الراتنج يفتح صمام المرجم ويدفع الخليط بواسطة كباس الى تجاويف القالب .

وتستخدم راتنجات البوليسترين والبولي ايثيلين لانتاج الرغوي الخلوية حيث تستغل في صناعة أكياس القمامة ، إطارات الصور ، أجزاء الأثاث وبعض منتجات الخشب الحبيبي .

أما الراتنجات الهندسية كالبولي كربونات ، ايه بي اس ، البوليستر الثرموبلاستيكي فتستخدم حينما يكون مطلوباً في المنتج خواص القوة والصلابة السطحية الجيدة كما في المقاعد ، أجزاء هياكل السيارات ومغلفات الآلات ومعدات المكاتب .

وتتميز منتجات قوالب الرغوي الخلوية عن منتجات قوالب الحقن العادية أو القوالب المقواة بامكانية إنتاج أجسام كبيرة خلال دورات زمنية قصيرة نسبياً كما أن التركيب الخلوي يعطي قوة إضافية للجسم بالمقارنة مع وزنه مما يمثل خفضاً ملموساً في استهلاك المواد .

ويمكن نكسية الأجسام المعدنية متعددة الأجزاء كوحدة واحدة بهذه العملية والعيب الرئيسي لهذه الطريقة هو الاستثمار الكبير في الآلات

## رغوي الصب

تنتج الرغوي عامة بخلط الراتنج السائل مع عامل منشط وعامل النفخ الكيميائي وعندما يأخذ التفاعل الكيميائي مجراه فان الخليط يتمدد مكوناً تركيباً خلويًا ، ومن الراتنجات المستخدمة في هذه الطريقة عموماً راتنجات البولي ايثيلين الرغوية وبلاستيكول كلوريد البولي فينيل .

وتمثل عملية صب الرغوي عملية صب أي راتنج سائل فيها قالب ذو جزأين مصنوع من الألومنيوم وله فتحة علوية لاستيعاب التمدد الحاصل في الرغوة المتكونة ويتم دهان نصف القالب بمادة مزيلة (ورنيش أو غيره) ويخلط مكونات الراتنج والعامل المساعد بنسبة صحيحة ثم تصب في النصف الأسفل من القالب ثم يغلق بسرعة ويربط جيداً بينما يتمدد الراتنج الرغوي لملء تجاويف القالب .

ونلاحظ في هذه الطريقة ندرة استخدام قالب مفتوح في الصب نظراً لعدم حاجتنا إلى ضغط في تصنيع المنتج كما أن تمدد الراتنج الرغوي فيه يكون بلا ضابط .

وتصنع ألعاب الأطفال ، أطواق النجاة من الغرق ، الحوامات المائية وشراك البط بهذه الطريقة .

كما تستخدم الراتنجات السائلة المحتوية عوامل منشطة أو عوامل نفخ كيميائية في عمليات تصنيع الرغوي المصبوبة فيما يسمى بعملية الصب في محل (Forming in Place) وتشبه هذه العملية مثلتها في صب الراتنجات السائلة إلا أن القالب هنا هو نفس الجسم المراد صب الرغوة البلاستيكية فيه كأبواب الثلاجات مثلاً حيث تتكون رغوي الراتنج داخل تجاويف الباب ، والراتنج الأمثل للاستخدام في عمليات الصب في محله هو راتنج البولي يوريثان في حالتيه المرنة والجاسئة .

ويتم التنفيذ على نطاق تجاري باستخدام مضخات توزيع تقوم بخلط مكونات البولي يوريثان ثم ضخ الرغوة الناتجة إلى التجاويف الداخلية لجسم حيث تتمدد ثم تتصلب ، وتزال الأجزاء الكبيرة يدوياً ثم تقطع الزوائد .

والى جانب أبواب الثلاجات يمكن إنتاج مقاعد ، الجدران العازلة لبرادات قاطرات السكك الحديدية ، مساند الأذرع وتابلوه السيارة الأمامي وحجرات الطوف في القوارب .

وتتميز طريقة الصب في محله بعدم حاجتنا إلى قالب للصب كما إنها يسرت إمكانية الحصول على عزل أو تنجيد للتجاويف الدقيقة في الجسم .

## الرغوي المتمددة

يستخدم راتنج البوليسترين كراتنج أساسي في صناعة خرزات التمدد حيث تحتوي كل خرزة على غاز في تجويفها وعند التسخين فان تمدد الغاز داخلها يسبب بالتالي تمددها كما ان الجدار الخارجي للبوليسترين ينعم مما يسمح للخرزات أن تنفجر في النهاية كبالونات صغيرة .

وعند وضع كمية كافية من الخرزات داخل قالب محصور وتعرضت لتأثير حراري فإنها سوف تتمدد لتملأ القالب منتجة ضغطاً كافياً للحام الخرزات مع بعضها مكونة رغوة صلبة ذات تركيب خلوي مغلق ويطلق عليها الرغوة المتمددة (Expanded Foam)

وتتوافر خرزات البوليسترين القابلة للتمدد في أحجام قياسية مختلفة حيث تستخدم الخرزات الكبيرة في إنتاج عبوات التغليف وكتل القوالب بينما تستخدم الخرزات الصغيرة في صناعة أكواب الشرب .

وتصنع قوالب هذه الطريقة من الألومنيوم أو الصلب وتثبت على مكابس تفتح وتغلق حسب دورات التحميل والصر .

والتتابع المثالي في التصنيع بهذه التقنية هو ملء القالب بالخرزات الجاهزة للتمدد ، تعريض القالب للحرارة ، التبريد ثم فتح القالب وإخراج المنتج .

ويتم إنتاج الخرزات الجاهزة للتمدد بتعريض الخرزات إلى بخار ، سخان إشعاعي ، ماء ساخن أو فرن حراري وهذا يصل بالخرزات إلى كثافة المنتج النهائي كما يمكن ضبط الكثافة المطلوبة في الإنتاج التجاري لإعطاء كثافة حتى ٢٠ رطل/بوصة مكعبة .

وتنقل الخرزات سابقة التمدد من وعاء التجهيز إلى القالب إما بتأثير السقوط بالجاذبية أو بدفع تيار هوائي مضغوط لئلا تملأ القالب تماماً ثم يسخن القالب اما بدفع بخار

ساخن مضغوط خلال ثقب في قالب او داخل القالب جيدا او بوضع القالب في اوتوكلاف (وعاء ذو بخار ساخن مضغوط) ، ويتسخن القالب نحصل الى مرحلة التمدد النهائية وانصهار الخرزة ثم يبرد بتيار مائي يمر عبر انابيب محيطه بالقالب وبرش الماء البارد على القالب المغلق ، ويتم إخراج المنتج من القالب اما بدفعه من هواء مضغوط او بتجهيز القالب بخوابير للطرذ او الواح انتزاع .

والاستخدام الشائع لمنتجات البوليسترين المصنعة بهذه التقنية يكون في اغراض العزل او التغليف للأجسام سهلة الكسر ، ويظهر ذلك بوضوح في البوليسترين القابل للتمدد والذي يأخذ شكل المكرونة الاسباجتي او الدنتيلا والمستخدم في تغليف الفازات البورسلان او الخزف او الكريستال حيث ان هذه الخاصية تجعله مناسباً لامتصاص الصدمات .

## التطبيقات العملية لاستخدام الرغوي البلاستيكية

نلخص فيما يلي التطبيقات العملية الرئيسية لاستخدامات البلاستيك الرغوي والتي عرضنا لبعضها أثناء شرحنا لأساليب التصنيع والتي ترجع أساسا الى خواصه المميزة وهي :

### 1-الطفو

تعتبر خاصية الطفو للرغوي البلاستيكية ذات التركيب الخلوي المغلق ميزة هامة يستفاد منها في صناعة اطواق النجاة من الغرق وعوامات القوارب والطائرات والشمندورات المستخدمة في ارشاد السفن .

وتتميز الاطواق المصنوعة من الرغوي البلاستيكية عن مثيلاتها المصنوعة من المطاط بعدم امكانية ثقبها وذلك نظرا لخاصيتها ذات التركيب الخلوي المغلق الذي يمنع نفاذ الماء داخله كما انه عادة يكون من البلاستيك ذو النوع الجاسئ .

### 2-التغليف

ترجع الاستخدامات الكثيرة للبلاستيك الرغوي سواء الجاسئ او المرن في عمليات التعبئة او التغليف لكثير من المنتجات الغذائية او المعدات الصناعية او الادوات والاجهزة المنزلية لخواص متعددة اهمها خفة وزنه وتحمله العالي للصدمات الى جانب سهولة الحصول عليه في اشكال متعددة وتكوينات مختلفة تلائم شكل وحجم الجسم المراد تعبئته او تغليفه .

### 3-التنجيد

حلت الرغوي البلاستيكية محل كثير من المواد المستخدمة في التنجيد كالقطن واللباد وغيرها وهذا ما نلمسه بوضوح في مقاعد السيارات والوسائد ومساند الراس والاذرع والمراتب وصدمات السيارات الامامية والخلفية وكذلك المشابيات .

### 4-العزل

يستخدم البلاستيك الرغوي ذو التركيب الخلوي المغلق من النوع الجاسئ في اعمال العزل الحراري لخاصيته المميزة في هذا المجال حيث نلاحظ ان اكواب القهوة المصنوعة من البوليسترين الرغوي يسهل الامساك بها دون انتقال حرارة القهوة الى اليد .

وتستغل هذه الخاصية في صناعة بطانات البرادات والفريزرات وصناديق حفظ الاطعمة كمبردات الرحلات وكذلك في حشوات جدران البنايات وقاطرات نقل المبردات .

### 5-التركيب

يقصد بالتركيب امكانية بناء الجسم البلاستيكي الرغوي بمسك يصل الى 6-12 سم ويكون لب هذا التركيب خلوي الشكل ذو كثافة عالية مما يعطيه قوة عزم تتناسب مع وزن التركيب الناتج ويتضح ذلك عند استخدامه في صناعة اغلفة الاجهزة الكهربائية المنزلية والالات المختلفة وكذلك حصار السفن العملاقة .

## زخرفة وتشطيب البلاستيك

تشمل الزخرفة والتشطيب للمنتجات البلاستيكية على عدد لا يحصى من العمليات والتي يتم فيها دهان ، تغطية ، تلوين المنتج مضييفا له التصاميم الرائعة واتلقت النظر وتثير انتباه الزبائن حاملة وموصلة للغرض الذي من اجله صنعت سواء كان المنتج اكياس الحساء او المغلفات المزركشة .

وفي صناعة البلاستيك تتم معظم عمليات الزخرفة والتشطيب اثناء انتاج القالب او بعد صبه مباشرة وقبل تجميع وتركيب الاجزاء .

### تغطية البلاستيك بالمعدن

من التشطيبات المرغوبة لكثير من المنتجات البلاستيكية تغطيتها بطبقة معدنية رقيقة لامعة وذلك بطريقة تعرف بالمعدنة بالتفريغ (الترسيب المعدني تحت التفريغ Vacuum Metallising) وفيها يغطى السطح البلاستيكي بطبقة من المعدن يعطيه مظهر معدني براق وجذاب الى جانب ان هذه الطبقة تعطيه مقاومة معقولة ضد التآكل .

ويمكن تغطية معظم انواع البلاستيك بطبقة معدنية بالتفريغ ولكن اكثر الانواع تطبيقا لهذه العملية راتنجات البوليسترين ، البوليستر ، البولي كربونات ، الفينولات والايه بي اس مع ملاحظة ان بعض البوليمرات تحتاج الى معالجة خاصة للسطح قبل تغطيته بالمعدن .

ويتطلب انجاز عملية التغطية بالمعدن سلسلة من الخطوات البسيطة نسبيا تتلخص فيما يلي : ١- يغمس السطح او يرش بطبقة اساس من اللاكيه (الجملكة) وذلك لتسوية

السطح من أي عيوب غير ظاهرة ولكن تبدو واضحة بعد تغطيته بالمعدن اللامع. ٢- يجفف المنتج داخل فرن. ٣- يوضع المنتج على رف دوار لحمالة نقالي. ٤- ويلاحظ ان الحمالة تحتوي على اسلاك تنجستن خيطية تسخن كهربائيا ومثبت بها قطع صغيرة من اسلاك الالومنيوم. ٥- توضع الحمالة في غرفة تفرغ ويغلق بابها جيدا ثم تشغل مضخة تفرغ لسحب اكبر كمية ممكنة من المواد داخل الغرفة. ٦- يوصل التيار الكهربائي الى الحمالة لتسخين خيوط التنجستن والتي تسبب تبخر شرائح الالومنيوم فيتجه بخار الالومنيوم الى التكتف على السطح البلاستيكي البارد ويلاحظ ان الرف الموضوع عليه المنتج البلاستيكي يتحرك دائريا حتى يسمح لبخار الالومنيوم المتكثف بتغطية جميع الاسطح بانتظام. ٧- يخرج المنتج بعد تغطيته بالمعدن ويرش بطبقة حامية من الجمركة نظرا لان السطح الالومنيومي سهل الخدش. ويبلغ سمك الطبقة المعدنية المغطية للسطح البلاستيكي ٥ اجزاء من المليون في البوصة المربعة مما يجعل الغرض منه زخرفي وليس لمقاومة التآكل او الوقاية منه .

ويمكن تغطية الشرائط البلاستيكية المستخدمة في لف الهدايا والتغليف بطبقة معدنة وذلك باستخدام بكرات في العملية بديلا عن الارفف الدوارة .

## الطلاء الكهربى

من المعروف ان البلاستيك عازل للكهرباء ، لذا فانه يجب معالجة سطحه او لا بتسيب مادة معدنية عليه ليتمكن طلائه بالكهرباء بعد ذلك .

وتستخدم معدات مماثلة تماما للمعدات العادية المستخدمة في الطلاء بالكهرباء العادية ونجد مميزات عديدة للطلاء الكهربائي المعدني للمواد البلاستيكية حيث يحتفظ المنتج بالخواص المميزة للبلاستيك مع امكانية استخدامه كبديل للمعدن وهذا ما نلاحظه بوضوح في الادوات الصحية والاجهزة الصغيرة وكثير من الاجزاء المعدنية التي يمكن استبدالها ببلاستيك خفيف الوزن مطلي كهربائيا بالمعدن ليؤدي نفس الغرض الذي تؤديه كما في الادوات المنزلية ، اجزاء السيارات خاصة الفوانيس الخلفية والشبكة الامامية ومقابض الابواب ولوحات كتابة الاسماء .

وهذه الاجسام جميعها تتميز بخواص البلاستيك من خفة وزن ومقاومة عالية للتآكل الى جانب مميزات المعدن من بريق لامع وتحمل الاستهلاك الطويل .

ويتم الطلاء الكهربى بالمعادن للمنتجات البلاستيكية تجاريا بطريقتين :

الاولى : استعمال شريط موصل كهربى كالفضة المغمورة في محلول نترات الفضة ثم يغمر الجسم المراد طلائه في الحوض مع استخدام مصعد كهربى من مادة النحاس فيطلى الجسم بالنحاس نتيجة فرق الجهد الكهربى ويرفع المصعد النحاس ويستبدل بمصعد من الكروم او النيكل لتغطيته بطبقة تشطيب نهائى .

الثانية: وتشمل غمس الجسم البلاستيكي في محلول معدني ثم في محلول ملح نحاس او نيكل ثم يطلى كهربائيا بالكروم او النيكل .

وتسمى هذه الطريقة الطلاء الغير كهربى وهى تعطي طلاء نحاس على سطح الجسم بطريقة اسرع واقل تكلفة من الطريقة الاولى .

ومن المواد البلاستيكية الشائع طلاؤها كهربيا بالمعادن راتنجات البولي كربونات والايه بي اس ، الاسيتال الفينولات واليوربا.

## الختم على الساخن Hot Stamping

رغم قدم استعمال طرق الطبع على الساخن في الزخرفة ووضع العلامات المميزة على البلاستيك نجد ان التقدم الحديث في معدات الطبع ورقائق الختم على الساخن جعلها من اكثر عمليات الزخرفة الفنية شيوعا في الصناعة .

واساس عملية الختم على الساخن هو نقل تصميم او نموذج معين من البوليستر الرقيق او سنارة من شريط السلفون (يطلق عليه عادة البطانة) على المنتج البلاستيكي .

ويتم ذلك بتأثير الضغط والحرارة معا على البطانة مما يجعل التصميم يثبت على البلاستيك وتختلف معدات الختم على الساخن من الوحدات ذات الانتاجية العالية التي تعمل اليها الى مكابس يدوية بسيطة .

وتستعمل ادوات تثبيت مع قوالب مناسبة في الماكينة تجعل من الممكن الختم على أي سطح بلاستيكي .

وتتكون البطانات المستعملة في عملية الختم من طبقة خاصة مصبوغة او مطلية بالمعدن على الشريط الحامل ، ويلاحظ ان الصيغ او الطلاء المعدني يجب ان يكون متوافقا مع البلاستيك المراد طبعه حيث انه سينصهر ويلتصق بسطح البلاستيك .

وينتج صانعي البطانات تركيبات متعددة منها لكل نوع من الراتنجات البلاستيكية .

وتختلف في خواص مقاومة التآكل ومقاومة الكيماويات والالوان .

كذلك يمكن انتاج بطانات خاصة ذات مواصفات معينة .

## قوالب الختم على الساخن HOT STAMPING DIES

تصنع القوالب المعدنية المستخدمة في الختم على الساخن عادة من معادن الصلب ، الماغنسيوم ، النحاس او الزنك .

وتستعمل قوالب الزنك والماغنسيوم في عمليات الحفر على المعادن ذات الاستخدام القصير بينما تستخدم قوالب الصلب والنحاس في العمليات طويلة المدى وذلك بعد



حفرها بالتصميم المطلوب .

ويمكن تصنيع الوالب من راتنج السيليكون وتتميز بمرونتها ورخص تكلفتها مما يجعلها شائعة الاستعمال حتى في السطوح الغير منتظمة ، وتستخدم كدواسة مسطحة في الختم على الساخن للحروف البارزة والتصاميم المختلفة والحواشي .

وتستخدم القوالب ذات النسيج المنبسط او على شكل بكرات في الختم المتكرر للتصميم اما الختم على السطوح الكبيرة المساحة فيمكن استخدام عدة بكرات من السيليكون الساخن كما في الختم على صندوق التليفزيون .

وتصنع حديثا قوالب تجمع مميزات الصلب والسيليكون وتسمى قوالب ساندوتش ذات خواص مميزة من الصلابة ومقاومة التآكل والمرونة .

## عملية الختم على الساخن HOT STAMPING PROCESS

تشتمل عملية الختم على الساخن وضع الجسم المراد زخرفته في ماكينة الختم وتثبيتها بماسكات وتوضع البطانة المصبوغة باللون المناسب بين الجسم والقالب الساخن ويفضل استخدام بطانة ملفوفة على بكره تتقدم بعد كل دورة ختم لتعرض جزء غير مستعمل تحت القالب وذلك لكسب الوقت وبانزال القالب الساخن لكبس البطانة على الجسم البلاستيكي لمدة زمنية محددة تنصهر خلالها البطانة فوق الجسم ناقلة تصميم القالب واللون الذي عليه الى الجسم وبعد رفع القالب يزال جزء البطانة المستعمل وتكرر الدورة على جسم اخر .... وهكذا .

ونفس الطريقة سواء كانت اليه او يدوية هي المستخدمة في الختم على الساخن اعظم المنتجات البلاستيكية .

## الطبع بالسلك سكرين SILK SCREEN PRINTING

تستعمل طريقة الطبع بالسلك سكرين بنجاح تام لزخرفة السطوح الصغيرة وكتابة الاسماء والعناوين معطية انتاج ذو مقاومة عالية للاهتراء ورخيص التكاليف خاصة في حالات الخطوط الدقيقة والطباعة الفاخرة .

وتشمل عملية الطبع بالسلك سكرين نقل حبر او صبغ خلال ساتر ذو ثقوب دقيقة شبكية الى سطح المنتج ويستخدم ضغط يدوي او الي لدفع الحبر خلال التصميم الموجود على الساتر .

ورغم ان هذه العملية تسمى بالطبع بواسطة الساتر الحريري الا انه يمكن صناعة الساتر من المعدن او البلاستيك (خصوصا النايلون) .

ويغطي الساتر بطبقة من الماء او مذيب كيميائي ويستخدم قلم الاستنسل لعمل التصميم المطلوب عليه ويفضل استخدام الاستنسل التصويري لايضاح الخطوط الدقيقة .

وسواء كان الطبع يدويا او اليا فان الجسم المراد طبعه يثبت اسفل الساتر بحوالي 3 مم ويضغط الحبر او الصبغ خلال الساتر فينتقل التصميم الى الجسم الذي يزال ويثبت غيره لتكرار العملية بينما يجرى تثبيت الحبر او الصبغ على الجسم بتجفيفه داخل فرن لمدة قصيرة جدا .

وهناك عدة انواع من الاحبار والاصباغ تصلح للطبع على جميع انواع البلاستيك ويساعد على تثبيتها والتصاقها بالجسم البلاستيكي تاثير المذيب ، ونلاحظ ان الاحبار التي تثبت اثناء عملية بلمره تعطي سطح اكثر جموده واعلى مقاومة للخدش .

وتصمم الات الطبع بالسلك سكرين لملاءمة جميع اشكال المنتجات البلاستيكية سواء كانت مسطحة او متعرجة او على شكل زجاجات او شرائط ... الخ .

## الزخرفة داخل القالب IN-MOULD DECORATION

يمكن الكثير من المنتجات البلاستيكية الناتجة من عمليات القولبة المختلفة ان تزخرف داخل القالب قبل اخراجها منه وذلك بوضع شريط مطلي من البلاستيك المطبوع داخل القالب قبل التشكيل النهائي للمنتج ، فينصهر الشريط المزخرف داخل القالب ويصبح جزء متكامل مع المنتج المشكل ، وهذا الاسلوب في الزخرفة يعطينا زخرفة ثابتة ومتينة .

وتنتج عملية الزخرفة داخل القالب في عمليات القولبة بالضغط لمواد راتنجات الثرموسيتنج وكذلك عمليات قوالب الحقن للمواد الثرموبلاستيكية .

وتشتمل زخرفة مواد الثرموسيتنج على تعبئة واغلاق القالب بالطريقة التقليدية وعند تماسك الراتنج جزئيا يفتح القالب ويوضع فيه شريط الزخرفة البلاستيكي ثم يغلق القالب وتستكمل عملية التشكيل كالعادة حتى نحصل على المنتج النهائي مطبوعا .

ويصنع شريط الطلي من صفائح السليلوز المطبوع المغطاء بشريط من الميلامين الناضج جزئيا ، وبعد اكتمال القولبة يكون شريط الميلامين رابطة متكاملة مع المنتج .

اما زخرفة المواد الثرموبلاستيكية الناتجة من عمليات الحقن في قوالب فتنتج نفس الاسلوب المذكور الا انها تتم في خطوة واحدة حيث يوضع شريط الطلي البلاستيكي داخل القالب قبل حقن الراتنج لذا فيجب ان تصنع مادة الشريط الطابع من نفس البوليمر المستخدم في الحقن وذلك للحصول على نتيجة ارتباط جيدة في المنتج النهائي .

ولمنع زحزحة الشريط الطابع من مكانه داخل القالب اثناء عملية الحقن فان الشريط يشحن بكهرباء استاتيكية .

## طلاء اللدائن PAINTING OF PLASTICS

لا تقتصر الافادة من طلاء اللدائن المقولبة على اكسابها مظهرا براقا وانما يمكن بالطلاء تحسين الخواص الكهربائية ، مقاومة الماء والمذيبات والمواد الكيميائية على سطح المنتج ، وعلى الرغم من امكانية تشكيل المنتجات البلاستيكية داخل القالب بالوان مختلفة الا اننا نجد غالبا احتياجنا لطلانه للحصول على التأثير الزخرفي المطلوب للمنتج

خاصة اذا كان المطلوب على المنتج الواحد لونين او اكثر .

ويمكن طلاء جميع انواع البلاستيك ولكن هناك بعض الارتفاعات التي لا تعطي جاذبية التصاق جيدة على السطح والضرورية لاعطاء نتائج مستديمة .

ومن اهم الاعتبارات التي يجب ان تراعى عن طلاء البلاستيك هو ملائمة المادة المذيبة في الطلاء مع السطح البلاستيكي المراد صبغه ، جاذبية الالتصاق مع شراء الطلاء ومقاومة الكيماويات والتاكل .

ومن المنتجات الشهيرة والتي تحتاج الى طلاء صنابير التليفزيون والراديو ، العاب الاطفال تابلوهات السيارات والاجهزة المنزلية .

ومن التقنيات المستخدمة في دهان كثير من المنتجات البلاستيكية طريقة الملاء (FILL-IN) والتي فيها يملأ الطلاء تصميم مشكل على السطح .

ويمكن استخدام الرش او الطلاء باليد في حالات استخدام طلاء ذي قوام متماسك ويحتوي مادة مذيبة ملائمة .

وهذه الطريقة ذات فعالية خاصة على المقابض وميناء الساعة حيث لا يؤدي اهتراء السطح الى محو التصميم .

وقد اصبح الان الدهان بالرش عملية مفيدة في زخرفة البلاستيك فنجد ان بعض منتجات القوالب تشطب بالكامل بواسطة الرش اليدوي .

كما يستخدم الرش الالي في حالات الانتاج المكثف ، ومعظم الاجهزة المستخدمة في الرش مزودة بقناع يغطي الاجزاء الغير مراد طلاؤها بالرش ، ويصنع القناع عادة من مادة معدنية تثبت على حواف الاجزاء التي لن تطل بالرش وتنقل الاجسام المراد صبغها من القالب الى الات رش الطلاء الالية حيث تعلق في مثبتات ترتفع بها لتغطية الاجزاء الغير مراد رشها ثم تدخل الى وحدة الرش وبعد اخراجها تجفف في الهواء او داخل فرن .

وهناك طريقة اخرى للطلاء يستخدم فيها بكرات كبيرة من المطاط الناعم تغذي دوما بتيار من الطلاء ويتدويرها ينتشر الطلاء بانتظام على سطح البكرات ثم يثبت الجسم المراد طلاؤها على حامل ويمرر على البكرات .

وهذه الطريقة تصلح للاجسام المستوية فقط وذات الاحجام الكبيرة

## الحفر على البلاستيك ENGRAVING PLASTICS

من الطرق التي تعطي زخرفة مستديمة للبلاستيك هي الحفر الميكانيكي على الواح البلاستيك الصفائحية .

وتستخدم هذه الطريقة بكثرة في حفر لوحات الاسماء ، المقاييس ، بطاقات الاسعار ، العلامات التجارية .

وتتوافر الالواح الصفائحية في السوق بالوان وسماكات مختلفة ولوح الحفر عبارة عن لوحان رقيقان متماثلان من مادة البلي في سي عادة يحصران بينهما لوح رقيق ثالث ذو لون مختلف عنهما ، وبحفر احمد الوجهين يظهر اللون المختلف للوح الاوسط معطيا اعلانا ذو وضوح تام .

وتستخدم هذه الالواح بكثرة على السفن وفي المصانع الكيماوية لتمييزها بمقاومة التاكل مع سهولة تنظيفها علاوة على استخدامها الشائع في المكاتب والمدارس وغيرها . باستخدام ماكينة الحفر والتي تتبع اثار نموذج معدني .

يمكن الحفر على السطح العلوي للوح فنظهر الصفيحة السفلية ذات اللون المختلف مبينة شكل الحرف او التصميم المناظر .

## ملاح تصميم المنتجات البلاستيكية

ان الوظيفة الكلية للتصميم الجيد هي الاستخدام الامثل للمواد والعمليات المستخدمة في تشكيل وتكوين المنتج ، ويعتبر التصميم في مجال البلاستيك لانجاز هذه الاهداف علم او فن معقد بسبب تعدد البوليمرات المستخدمة وتغيرها في صفاتها وخواصها المختلفة بالإضافة الى عوامل اخرى تتدخل في عملية التصميم مثل نسبة انكماش المواد ... بل واكثر من ذلك .. فان التوتر والانفعال الناتج عن عملية التشكيل يجب السيطرة عليها ... هذا بالإضافة الى متغيرات العملية كلها يجب اخذها في الاعتبار مثل مراعاة تأثير الجو المحيط ودرجات الحرارة المتغيرة ووجود المنتج تحت احمال دائمة او متقطعة وظروف الرطوبة النسبية

ويعتبر انسياب المواد من النقاط الهامة ذات الاعتبار اثناء وضع المواصفات والتصميم وتجاهل هذه الحقائق والاحتياجات يؤدي الى تعديلات وتحويلات غير مقنعة ومكلفة ويمكن ان تعصف باقتصاديات العمل . ان التطوير والابحاث والخبرة تعتبر ضروريات لتجنب العثرات بين افتراضات المنتج الجديد والانتاج الناجح ومن النقاط الهامة في اعتبارات التصميم مناقشة الاجزاء التي سيتم تشكيلها مع صاحب المنتج او مع قسم الانتاج في المراحل المبكرة من التصميم من اجل تجنب وازالة أي اخطاء في التصميم وانتاج قالب اقتصادي .

## ويمكن ان تشمل المناقشة النقاط الاتية

• ارخص نوع من خامات التشكيل يمكن استخدامها ومدى مطابقتها للاستخدام

• يجب ان تكون جدران المنتج ذات سمك متجانس على قدر الامكان حيث ان المقاطع السميكة تستلزم زمن تسوية اكبر وبالتالي تستلزم دورة تشكيل ذات زمن كبير نسبيا ، ويمكن تقليل زمن التسوية في هذه الحالة عن طريق اختزال المقاطع السميكة الثقيلة مثل ادخال ثقوب او شكل مستدير في المكان السميك ، وكذلك

التحكم في سماكة الاجزاء وعلى سبيل المثال في المنتجات الصغيرة الحجم يمكن ان تكون الجدران بسك ٣ مم وتدرج في المنتجات المختلفة حتى ٦ مم كما في حالة قواعد السويتشات • يمكن استخدام الخامة بلونها الطبيعي الغامق لاعتبارات اقتصادية.

• ان القالب يعتبر معيار مستقبلي للمدخلات Inserts وكلا منهما يجب ان يصنع الى اقرب تجاوز ، ويفضل ان تكون المدخلات Inserts مصنوعة من النحاس او الصلب حتى توفر مطالب الصناعات الكهربائية ويراعى على قدر الامكان ان تكون تلك المدخلات مسدودة أي لات تكون ذات طرف مستدق (مسلوب) او مثقوبة بطولها حيث انها تسبب مشاكل في تشغيلها بسبب زحف الرايش الى الثقوب.

• لا تتوقع نفس الدقة في الابعاد من مواد البلاستيك المشكلة مثل تلك الاجزاء المصنوعة من المعدن ، حيث ان استخدام البلاستيك يحتاج الى المزيد من المهارة في التصميم.

• حاول ان تسمح باقصى تجاوز ممكن يمكن وضعه في القطعة المراد تشكيلها حيث ان التجاوزات الواسعة تعني رقابة جيدة على الجودة ، والتجاوزات المحكمة تعني رقابة جيدة على الجودة . والتجاوزات المحكمة تعني الفحص والتفتيش بنسبة ١٠٠% وينتج عنها معدل عال من المرفوضات والحوالك

• يجب الاخذ في الاعتبار الفهم الكامل لمحدودية البلاستيك اذا اردنا الحصول على افضل تصميمات

• يجب مراعاة نسبة الانكماش فالمادة تنكمش ككل اثناء عملية التشكيل وكلما زاد معدل الانكماش كلما كانت قيمة التسامح مقبولة نظريا.

• ان التشكيل الجيد للقالب يعطي منتج جيد وسهل التنفيذ والانتاج يجب الاخذ في الاعتبار ان الاشكال المجوفة الغير منتظمة تعتبر غير مناسبة حيث انها ستتشوه وتعوج اثناء الانكماش وذلك كنتيجة لقوى الشد التي تنشأ .

تجنب المناطق ذات سمك الجدران الرقيقة ملاصقة لتلك ذات المقاطع السمكة حيث ان المقاطع السمكة تدفع الى تكوين شد وامكانية تكون الشروخ ، قم بتصميم انصاف الاقطار واسعة على قدر الامكان . • ان وجود المناطق المستدقة الطرف (مسلوبة او على شكل مخروط) لتسهيل خروج المنتج . ويوصى بان يكون المسلوب في حدود درجة واحدة كحد ادنى للجزء الذكر وان يكون درجتين كحد ادنى للجزء النثاية .

• عمل على تكبير انصاف الاقطار في الاركان على قدر الامكان لتساعد في انسياب المادة وتجنب الاجهاد في اركان الجزء النثاية من القالب . من الممكن ان يكون الاجهاد نتيجة المعاملة الحرارية.

• قم بعمل ترتيب لازالة الرايش بسهولة لو كان الرايش غير حرج وفي المناطق المتوافقة في كل نصف من القالب تستخدم خطوة التشكيل لازالة عدم الارتباط.

• ان القوالب تتحرك في اتجاهات متضادة بصورة طبيعية وتكون عمودية على شق الانشقاق والثقوب الجانبية المائلة تعطي تعقيدات ، وتكون اخص في تكلفتها عن طريق تشغيلها ميكانيكيا بعد التشكيل.

• لا تضع ثقوب بالقرب من الحافة او وجه الشكل حيث ان المقاطع الرقيقة القريبة من الثقوب سوف تعطي فقاعات وانتفاخات او شقوق.

• لا تقم بعمل ثقوب جانبية طويلة بدون استعداد للتدعيم ويمكن تشكيلها بطريقة التحويل او الحقن ولكن مع البنوز الاسطوانية الطويلة سوف تنعكس تحت ضغط الحقن. ولو كانت البنوز صلبة جدا فمن الممكن ان تنكسر واذا لم تكن قاسية وصلدة بدرجة كافية فانها تمكن ان تنحني.

• لا يوصى باستخدام راس مسمار برمة في التشكيل حيث يسبب كسر المنتج

• لا تقم بتصميم سن قلاووظ ذكر على طول الطريقة اسفل وجه التشكيل حيث ستسبب مشاكل مستمرة

• تعتبر اسنان القلاووظ المشكلة داخل المواد ذات الموالي النسيجية عديمة الفائدة ، والموالي النسيجية تستخدم لتغذية المادة لن تمنع الانسياب الى داخل القلاووظ ولكن يحدث ان يجبر الراتنج على الدخول وتبعاً لذلك فان القلاووظ سوف يكون ضعيفا • تجنب الحفر عند المنحنيات الغير منتظمة ويتم الحفر بماكينه البانتو جراف واذا لم يكن حفر القطعة بطريقة حسابية فانها تحتاج لاعادة صف كل حرف مرة ثانية.

• لو اردنا عمل سن قلاووظ داخلي فيفضل عمل مسلوب بعد الانتهاء من التشكيل وفي القلاووظ الصغير يجب ان يكون طول القلاووظ لا يزيد عن ضعف القطر.

• استخدم الحروف البارزة على قدر الامكان حيث انها سهلة الحفر في القالب

• يجب مراعاة التمدد الحراري للمدخلات "الاجسام المحشورة" البلاستيك والمعدن

• لا تضع مدخلات اجسام محشورة ذات شكل سداسي او غير منتظم في الالة وخاصة اذا كانت بارزة من سطح التشكيل الثقب المتقبل للجسم الغير منتظم الشكل يكون من الصعب تشغيله بدقة وخاصة اذا كان هذا الثقب عميق لاسفل.

• تجنب وضع الجسم المدخل بحيث يكون قريبا جدا من حافة الجسم المراد تشكيله ، حيث ان المقطع الصلب يمكن ان يكون رقيقا جدا ويحتمل تعرضه للكسر اثناء تصدخ خامة التشكيل او بتاثير الاجهاد عند التشكيل.

• ان سمك المادة فوق جسم المدخل "المحشور" يجب ان يكون وافيا باعرض ليقاوم ضغط الانكماش ، فلو كان هذا السمك رقيقا جدا فسيعطي منتج به انتفاخات

وشروح.

• لو كانت الاجسام المدخلة ستحتاج الى عمليات تشغيل بالورش بعد عمليات التشكيل فيجب مراعاة ان ذلك الجزء سيتعرض لتأثيرات التسخين وما يتبعه من اختلاف معاملات التمدد الحراري وكذلك الاجتهادات المختلفة في عمليات التشغيل وكل هذه العوامل سوف تنتقل الى التشكيل وتسبب ظهور شروح في المنتج .

## التسخين المبدي Pre heating

ان تسوية المواد المتصلدة بالحرارة تتأثر بالتفاعل الكيميائي الذي تتخذ من خلاله جزيئات الراتنج ذات الوزن الجزيئي المنخفض وذات الروابط القصيرة نسبيا لتعطي تركيب ثلاثي الابعاد غير قابل للصره وذات وزن جزيئي لا نهائي كما ذكرنا من قبل .

والتسوية حسب المواصفات القياسية البريطانية BS-1755 هي عملية تصلد مادة مستقرة بالحرارة تحت تأثير الحرارة وعملية التسوية في القالب تتكون من مرحلتين: مرحلة تسخين المادة بالتوصيل من سطح القالب الساخن ثم مرحلة التفاعل الكيميائي لتكوين الرابطة الصليبية والعملية الاخيرة تعتبر ذاتية العوامل المساعدة .

ويزداد معدل التفاعل بزيادة درجة الحرارة ، وحيث ان طبيعة التفاعل طاردة للحرارة لذا فانها تساعد التفاعل في هذا الاتجاه ولهذا السبب يعتبر صعبا للغاية ان تحسب النسبة المثوية لزمان التسوية الكلي وهل يرجع ذلك الى تسخين المادة الى درجات الحرارة البادئة بالتسوية ام لا . ولكن على ايه حال فقد وجد ان عملية التسخين المبدي تؤدي الى توفير في زمن دورة التشكيل (بمعنى تسخين المادة قبل ادخالها في القالب) وهذا التوفير في الوقت يعتمد على سمك القطعة المراد تشكيلها وعلى درجة الحرارة التي يتم التسخين اليها وكذلك على طريقة واسلوب التسخين المبدي .

ويمكن تسخين مواد البلاستيك فوق درجة 60م بدرجة امنة بدون خوف من حدوث تفاعل يؤدي الى تصلد المادة قبل البدء في التشكيل. امثلة: نوع التفاعل : اضافة نوع البوليمر : بولي استر نوع التسوية (المصلد) ستيرين

## التجانس بين أنواع البلاستيك المختلفة

من أهم العوامل المؤثرة على خصائص أنواع البلاستيك المختلط هو درجة التجانس بين مكونات المخلوط، وحيث أن مواد البلاستيك عبارة عن أنواع مختلفة، فإن التزاوج والتجانس بينهم له عوامله التي تؤثر عليه .

فجدد المواد البلاستيكية المستقطبة ( البولوي استرات مثلا ) تنسجم وتتجانس مع بعضها بنسب متفاوتة، كذلك المواد البلاستيك غير المستقطب ( كالبولي أوليفينات –بولي ايثيلين، بولي بروبيلين ....) ينسجم مع بعضها، ولكي ينسجم البلاستيك غير المستقطب مع البلاستيك المستقطب، مثلا البولي ايثيلين تيريفثالات PET ، بوليمر شبه قطبي بينما البولي ايثيلين PE فهو غير قطبي، لذلك فإن التجانس بينهما ضعيف .

وطبعاً توجد طرق مختلف لإحداث هذا التجانس في المخلوط، و أنواع عديدة من الإضافات التي تعمل على زيادة نسبة التجانس بينهما، ومنها إضافة مادة تسمى Compatibilizer في عملية تسمى in situ compatibilization وذلك لزيادة الترابط والانتشار بين أطوار البوليمرات وبعضها، وتتلخص هذه العملية في إضافة نسبة من 5 % إلى 10 % من مواد ذات مجموعات فعالة مناسبة ( مثل أنهيدريد، كربوكسيل، إيبوكسي ... الخ ) ومن أمثال تلك المواد ( ماليك أنهيدريد Maleic anhydride، حمض الأكريليك Acrylic acid ، جليسيديل ميثا أكريلات ) Glycidyl methacrylate تقوم بالترابط مع مجموعات الكربوكسيل للـ PET في المنطقه بين سطحي أطوار البلاستيك PE/PET- INTERFACE وتقلل من التوتر السطحي بين أطوار البوليمر وتزيد من قوى التلاصق بينهم فيظهر وكأنهم طور واحد .

تضاف هذه الإضافات إلى مصهور البلاستيك في عمليات البثق Extruding مثلاً، وتسمى هذه العملية بالبثق النشط أو الفعالي Reactive extruding أو Reactive compatibilization، وينتج عن ذلك تكون مواد بلاستيكية مطعمة بمواد أخرى، وتحمل المواد الناتجة مزيج من صفات المواد المكونة للمخلوط مع اختلاف بسيط .