المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

ميكانيكا إنتاج

تقنية تشكيل

٢١١ميك

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " تقنية تشكيل " لمتدربي قسم" ميكانيكا إنتاج " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد حقيبة تقنية التشكيل

تعتبر عمليات تشكيل المعادن من العمليات الهامة في الإنتاج الصناعي الحديث وهي آخذة بالزيادة والتطور لاقتصاديتها وإنتاجيتها العالية ودقة القطع المنتجة . ويمكن تقسيم إنتاج المعادن في مرحلتين أساسيتين، فيتم في المرحلة الأولى الحصول على المعادن وسبائكها بتركيب كيميائي معين، وفي المرحلة الثانية يضفي عليها وهي في الحالة السائلة أو اللدنة الشكل المطلوب مع عدم المساس بتركيبها الكيميائي . هذه الحقيبة تعنى بالمرحلة الثانية من إنتاج المعادن.

أساليب تشكيل المعادن يمكن تقسيمها إلى عدة أنواع رئيسية يتفرع من كل نوع منها طائفة من الطرق التي تجمع بينها خصائص مشتركة ولعل أوضح هذه التقسيمات وأقربها إلى الدقة ما يلي :

١) تشكيل المعادن دون قطع .

٢) تشكيل المعادن بالقطع .

وعبارة دون قطع تعني أن المعادن في هذه العمليات لا يجري تشكيلها بإزالة الرايش أو الجذاذ منها ، بل تشكل بأساليب أخرى يسخن المعدن فيها حتى ينصهر فيمكن صبه أو حتى يصبح لدناً عجيني القوام فيمكن درفلته أو طرقه أو كبسه إلى مجسمات لها هيئات وأشكال معينة. وقد تشكل المعادن التي تطاوع التشكيل إلى الهيئة والأبعاد المطلوبة وهي باردة أو مسخنة تسخيناً بسيطاً. تندرج تحت هذا النوع من تشكيل المعادن دون قطع أساليب عدة منها : صب المعادن ، الحدادة ، الدرفلة وسحب الأسلاك والسحب العميق والبثق وغيرها .

أما تشكيل المعادن بالقطع فيقصد به إزالة الزائد من المعدن على هيئة رايش أو جذاذ ، وتستخدم في ذلك طرق عديدة يقطع فيها المعدن ويشغل بإزالة الجذاذ لإنتاج سطوح ناعمة منتهية ومن هذه الطرق الخراطة ، والتفريز ، القشط.

عمليات تشكل المعادن دون قطع هي موضوع محتويات هذه الحقيبة، وحيث أن اختيار أسلوب التشكيل المناسب يعتمد على نوع المادة المستخدمة وخواصها ، فإن أول وحدة في هذه الحقيبة تم تخصيصها للتعرف على أنواع المواد الهندسية وخواصها ولكي يسهل على المتدرب فهم محتويات الوحدات الأخرى. هذه الحقيبة تحتوي على أربع وحدات كما يلي:

الوحدة الأولى: المواد الهندسية وأنواعها

الفصل الأول: أنواع المواد الهندسية

الفصل الثاني: خواص المواد الهندسية

الوحدة الثانية: عمليات تشكيل المعادن في الحالة السائلة

الفصل الأول: السباكة الرملية

الفصل الثاني: أساليب السباكة الأخرى

الوحدة الثالثة: عمليات تشكيل المعادن في الحالة الجامدة

الفصل الأول: عمليات التشكيل الميكانيكي على الساخن

الفصل الثاني: عمليات التشكيل الميكانيكي على البارد

الفصل الثالث: تشكيل الألواح المعدنية

الفصل الرابع: أساليب جديدة في تشكيل المعادن

الوحدة الرابعة: اللدائن

الفصل الأول: أنواع اللدائن ومميزاتها

الفصل الثاني: عمليات تشكيل اللدائن

حيث إن الوحدة الأولى تحتوي على فصلين الأول منهما خاص بأنواع المواد الهندسية والثاني يتحدث عن خواص المواد الهندسية الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية .

الوحدة الثانية مخصصة لعمليات تشكيل المعادن في الحالة السائلة أو بمسمى آخر عمليات سباكة المعادن . تحتوي هذه الوحدة على فصلين ، الأول خاص بالسباكة الرملية (خطواتها – الاختبارات – العيوب) والثاني يتحدث عن أساليب السباكة الأخرى وأنواعها .

الوحدة الثالثة مخصصة لعمليات تشكيل المعادن في الحالة الجامدة أو بمسمى آخر عمليات التشكيل الميكانيكي للمعادن . هذه الوحدة من الوحدات الرئيسية في هذه الحقيبة وتحتوي على أربعة فصول . الفصلين الأول والثاني مخصصات لعمليات التشكيل الميكانيكي على الساخن والبارد (الأنواع – المزايا – العيوب) . الفصل الثالث مخصص لتشكيل الألواح المعدنية. والرابع للأساليب الجديدة في تشكيل المعادن.

الوحدة الرابعة مخصصة لعمليات تشكيل اللدائن (البلاستيك) وتحتوي على فصلين . الفصل الأول يعتبر مقدمة عن اللدائن وأنواعها بينما تم تخصيص الثاني لعمليات تشكيلها .

في نهاية كل وحدة من وحدات هذه الحقيبة هناك تدريبات نظرية يتم تنفيذها في الجزء النظري من الحقيبة بالإضافة إلى وجود تدريبات عملية يتم تنفيذها في الجزء العلمي . هذه الحقيبة مقرر لها ثلاث ساعات محتسبة للطالب بساعات اتصال عددها خمس ساعات . ساعات الاتصال هذه مقسمة بمعدل ساعة واحدة للجزء النظري وأربع ساعات للجزء العملي .

لقد تم مراعاة التوافق وبنسبة معقولة في توقيت الجزء النظري وما يرافقه من الجزء العملي كما هو موضح بجدول توزيع المنهج النظري والعملي على أسابيع الفصل الدراسي.حيث تم تناول موضوعات هذه الحقيبة بإيجاز ووضوح ونظراً لمحدودية ساعات الاتصال في الجزء النظري لهذه الحقيبة فإنه يوصى بزيادتها وذلك بناء على أهمية حصول المتدرب على معلومات نظرية كافية لتطبيقها عملياً، إضافة إلى تأكيد الزملاء مدرسي الجزء العملي لهذه النقطة.

لقد تم إعداد هذه الحقيبة التدريبية لطلاب الفصل الثاني بشعبة الإنتاج بقسم التقنية الميكانيكية بالكليات التقنية بالمملكة بناء على الخطة التدريبية المعتمدة لهذه الحقيبة من الإدارة العامة للمناهج بالمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، وأيضاً بالاستفادة مما توفر من مراجع علمية عربية وأجنبية . بالإضافة إلى أن هذه الحقيبة التدريبية موجهة إلى قطاع عريض من الفنيين في مختلف مجالات الصناعة.

أرجو أن أكون قد وفقت بتأليف هذه الحقيبة، فإن كان صواباً فمن الله سبحانه وتعالى وإن كان خطأ فمن نفسي والشيطان . كما أرجو من الزملاء العاملين في هذا المجال إبداء الرأي والملاحظات ليتم تداركها مستقبلاً والله ولي التوفيق.

توزيع المنهج النظري والعملي على أسابيع الفصل الدراسي

أسابيع الفصل الدراسي	المنهج النظري	المنهج العملي
الأسبوع الأول	أنواع المواد الهندسية وخواصها	تجارب التعرف على المواد
الأسبوع الثاني	سباكة المعادن - مقدمة	السباكة الرملية -صناعة النموذج
الأسبوع الثالث	السباكة الرملية -خطواتها	خطوات السباكة الرملية
الأسبوع الرابع	أساليب السباكة الأخرى	السباكة الدائمة
الأسبوع الخامس	عمليات التشكيل الميكانيكي على الساخن	درفلة المعادن (مضافة) بثق المعادن
الأسبوع السادس	عمليات التشكيل الميكانيكي على البارد	تشكيل الألواح المعدني (مضافة)
الأسبوع السابع	اختبار أعمال السنة	اختبار أعمال السنة
الأسبوع الثامن	عمليات التشكيل الميكانيكي على البارد	التخريم (التقريص) وعمل التجاويف بالقص
الأسبوع التاسع	عمليات تشكيل مساحيق المعادن	السحب العميق للمعادن
الأسبوع العاشر	أساليب جديدة في تشكيل المعادن	حقن اللدائن
الأسبوع الحادي عشر	أنواع اللدائن ومميزاتها	بثق اللدائن
الأسبوع الثاني عشر	عمليات تشكيل اللدائن	قولبة اللدائن بالكبس
الأسبوع الثالث عشر	عمليات تشكيل اللدائن	التشكيل الحراري للدائن
الأسبوع الرابع عشر	عمليات تشكيل اللدائن	تشكيل اللدائن بالنفخ
الأسبوع الخامس عشر	الامتحانات النهائية	الامتحانات النهائية

تقنية تشكيل

المواد الهندسية وخواصها

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

عند إكمال هذه الوحدة فإن المتدرب يستطيع التفريق بين المواد الهندسية باستخدام خواصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية والتكنولوجية

الأهداف:

تهدف إلى معرفة أنواع المواد الهندسية

تهدف إلى معرفة خواص المواد الهندسية

تهدف إلى معرفة كيفية التعرف على المواد

الوقت المتوقع للتدريب:

ساعة ونصف للتدريبات النظرية

وأربع ساعات للتدريبات العملية

الوسائل المساعدة:

اتبع التعليمات المذكورة في كل تدريب نظري أو عملي

متطلبات الجدارة:

طالما أنه لا يوجد شيء قبل هذه الوحدة، فيجب التدرب على جميع المهارات لأول مرة إضافة إلى مهارات المتطلب السابق وهو ورشة تأسيسية ١١٢ ميك والمواد الأخرى بالفصل الأول

مقدمة الوحدة الأولى

يتطلب تحليل عمليات التشكيل المختلفة إلى معرفة ببعض المفاهيم والعلاقات والخواص . فعمليات السباكة تتطلب معرفة درجات الانصهار والتجمد وسرعة التجمد ووقت التجمد وغيرها . وعمليات التشكيل اللدن تتطلب معرفة واسعة بعلاقات الإجهادات – الانفعالات حيث يمكن تصنيف عمليات التشكيل اللدن بصورة عامة إلى:

عمليات ضغط : التي يخضع فيها المعدن بشكل رئيسي إلى إجهادات ضاغطة مثل : الدرفلة ، البثق ، الكبس ، الطرق.

عمليات الشد : يخضع فيها المعدن بشكل رئيسي إلى إجهادات شادة مثل : سحب القضبان والأسلاك والمواسير، والسحب العميق للصفائح.

عمليات الثني : والتي يظهر فيها المعدن المشكل من جهة إجهادات شادة ومن الجهة الثانية إجهادات ضاغطة مثل الثني واللف والحني.

علميات القص : والتي يخضع فيها المعدن إلى إجهادات قص أو إجهادات مماسية تؤدي في النهاية إلى فصل المعدن بعملية واحدة.

ونظراً لضيق الوقت المخصص لهذه الحقيبة فإن هذه الوحدة سوف تحتوي على فصلين مختصرين، الأول يتحدث عن أنواع المواد الهندسية والثاني عن خواص هذه المواد. الوقت المحدد لهذه الوحدة هو ساعة ونصف اتصال للجزء النظري وأربع ساعات اتصال للجزء العملي.

الفصل الأول: أنواع المواد الهندسية

المواد الهندسية هي المواد الأولية والمصنعة التي تستعمل في إنتاج السلع والأدوات المختلفة. وتنقسم المواد الهندسية إلى ثلاثة أقسام أساسية كما هو موضح بالشكل (١ -١) وهي كما يلي:

أ - المواد المعدنية.

ب - المواد غير المعدنية

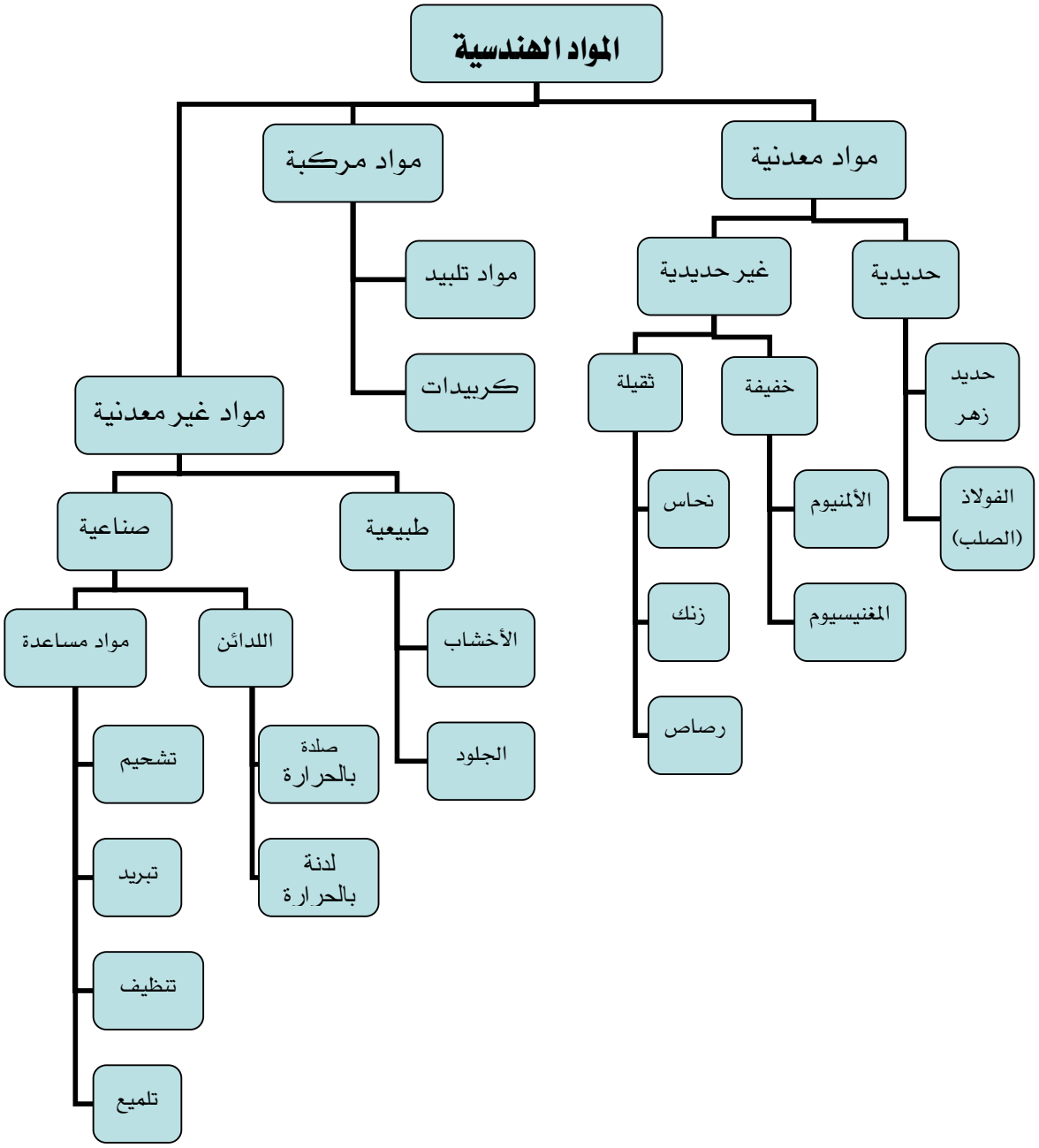
ج - المواد المركبة.

أولاً: المواد المعدنية

تعتبر المعادن وسبائكها مواد أساسية في الصناعات الهندسية وأكثر المعادن انتشاراً هي الحديد والألمونيوم والقصدير والرصاص والزنك والنيكل والمغنسيوم ولكن السبائك تلقى انتشاراً أوسع في الصناعات من المعادن النقية. وتنتج السبائك من تفاعل المعادن مع بعضها البعض ومع غيرها من المواد فالصلب والحديد الزهر هي سبائك الحديد مع الكربون والسليكون والمنجنيز وغيرها بينما النحاس الأصفر هو سبيكة من النحاس الزنك والقصدير وغيرها والديورالومين هو سبيكة يدخل في تركيبها الألمونيوم والنحاس والمغنسيوم والمنجنيز وغيرها. الجدول (١ -١) يوضح أنواع المواد الهندسية وسبائكها حيث تنقسم المواد المعدنية إلى مواد حديدية ومواد غير حديدية.

١ - المواد الحديدية:

يعتبر الصلب بأنواعه والحديد الزهر من أهم المواد المعدنية المستعملة في الصناعات الهندسية والإنشاءات ويتكون الصلب والحديد الزهر من مادتين أساسيتين هما الحديد والكربون . فتسمى السبيكة الحديدية التي تحتوي على كربون حتى ١,٧٪ بالصلب ، وتختلف خواص الصلب الميكانيكية ، وبالتالي مجالات استخداماته حسب نسبة الكربون به ، وتسمى السبيكة الحديدية التي تحتوي على أكثر من ٢٪ حتى ٤٪ كربون بالحديد الزهر . وللصلب أنواع كثيرة ومتعددة وفيما يلي أشهر أنواع المواد الحديدية واستخداماتها.



شكل (١ -١) أمثلة لأنواع المواد الهندسية

(أ) حديد الزهر:

الحديد الزهر مادة ذات لون رمادي محبب تنصهر عند درجة ١٣٠٠°م وقابليتها للتشكيل بالسباكة جيدة وهي مادة ذات مقاومة جيدة للحرارة وللتآكل الناتج عن الاحتكاك كما أنها رخيصة ولكنها هشة لا تقاوم الصدمات. وتصنع أجساد الماكينات والأجزاء المعقدة الشكل من حديد الزهر بطريقة السباكة.

(ب) صلب الإنشاءات:

صلب الإنشاءات معدن ناعم السطح يحتوي على نسبة كربون من ٠,٠٨٪ إلى ٠,٧٪ ويستعمل بكثرة في أعمال الإنشاءات المعدنية والكباري وأجزاء الماكينات ، ويصنع الصلب الإنشائي على صورة مقاطع ذات أشكال مختلفة مثل المقاطع الدائرية كالأعمدة ، والمقاطع المستطيلة كالألواح والمقاطع المربعة المسدسة ... إلخ. كما أنها تصنع على صورة مقاطع على شكل حرف T أو I أو L وذلك لملاءمة كثير من الاحتياجات في مجال الصناعات والإنشاءات . وتصنع هذه بالألواح والأعمدة والمقاطع بواسطة درافيل خاصة تعطي الصلب الشكل والأبعاد المطلوب كما يوجد كل صنف من هذه الأصناف بأبعاد مختلفة تناسب الأغراض المختلفة.

(ج) صلب العدة:

صلب العدة به نسبة كربون من ٠,٧٪ إلى ١,٣٪ وهو قابل لقطع المعادن الأخرى ويتمتع بمقاومة جيدة ضد التآكل وتستعمل الأنواع ذات نسبة الكربون المنخفضة في صناعة الآلات المعرضة للصدمات مثل الأجنات والإسطمبات ومطارق البرادة وآلات النجارة بينما تستعمل الأنواع ذات نسبة الكربون العالية منه في صناعة الآلات التي لن تتعرض لصدمات شديدة أثناء عملها إذا كان مطلوباً أن تكون شديدة الصلادة ذات مقاومة عالية للتآكل مثل الآلات القاطعة ، المثاقيب ، ذكور القلاوظ ، الآلات الجراحية.

(د) الصلب السبائكي:

يسمى الصلب الذي يحتوي على عنصر خاص أو أكثر خلاف الكربون أو على نسبة عالية من السيليكون أو المنجنيز بالصلب السبائكي . ولقد كثر استعمال الصلب السبائكي إذ إن خواص الصلب الكربوني لا تكفي احتياجات الصناعات الميكانيكية الحديثة في كل الأحوال – ويسمى الصلب السبائكي حسب العنصر المضاف إليه فيقال مثلاً صلب كرومي أو منجنيزي أو سليكوني أو نيكلي والغرض من إضافة هذه العناصر لصلب الإنشاءات هو زيادة مقاومته ومتانته وخاصية مقاومته للصدمات ومقاومته للتآكل والصدأ.

وهناك أنواع خاصة من الصلب السبائكي تستخدم لأغراض هندسية تحتاج خواص ميكانيكية وفيزيائية معينة مثال ذلك الصلب المغنطيسي والصلب الذي لا يصدأ.

٢ - المواد غير الحديدية:

(أ) سبائك النحاس:

النحاس أكثر المعادن غير الحديدية انتشاراً في الصناعة ويستعمل النحاس في حالته النقية في الصناعات الكهربائية كموصل جيد للتيار – وينقص وجود الشوائب من توصيل النحاس للكهرباء وتجهيز المصنوعات النحاسية مثل الأسلاك والصفائح بالدرفلة والسحب والكبس وعند تجهيز هذه الخامات يتم تشغيلها على البارد مما يرفع من صلادة ومتانة النحاس.

والوزن النوعي للنحاس ٨,١ جم/سم^{٣} ودرجة انصهاره ١٠٨٠°م وللنحاس سبائك كثيرة أكثرها شيوعاً واستعمالاً السبائك الآتية:

١ - النحاس الأصفر:

النحاس الأصفر عبارة عن سبيكة من النحاس مع الزنك كما تضاف إليه أحياناً عناصر أخرى لإعطائه خواص معينة مثل القصدير والرصاص والنيكل وتحتوي سبيكة النحاس الأصفر على نسبة من الزنك تصل إلى ٤٥٪ وكلما قلت نسبة النحاس في سبيكة النحاس الأصفر كان لونه أصفر وكلما زادت نسبة النحاس يقترب النحاس الأصفر من اللون الأصفر الذهبي.

ويتمتع النحاس الأصفر بمناعة ضد تأثيرات الجو كما أنه سهل اللحام ولا يتأثر بالصدأ ويحول النحاس الأصفر المصبوب سابقاً على شكل كتل إلى رقائق أو شرائط أو أنابيب أو قضبان في حالته الباردة أو الساخنة بواسطة السحب أو الكبس . وتصنيع الصمامات والحنفيات والأنابيب من النحاس الأصفر.

٢ - البرونز:

تسمى سبائك النحاس والقصدير والألمونيوم وغيرها من العناصر بالبرونز والبرونز القصديري يحتوي على نسبة من القصدير لا تزيد عن ٢٢٪ وهو مرن وذو صلادة جيدة ويمكن سباكته كما أنه جيد التشغيل . وإذا أضيف إليه كمية من الفوسفور سمي بالبرونز الفسفوري ولون البرونز يتراوح بين الأحمر الذهبي والأصفر الذهبي.

ويتألف برونز الألمونيوم من خليط من النحاس مع نسبة من الألمونيوم من ٤ إلى ٩٪ من الألمونيوم – ويمتاز بمناعة ضد الصدأ أو التآكل ويعرف من لونه الذي يشبه النحاس الأصفر ولا يمكن صب هذا

النوع إلا بصعوبة ولكن يمكن تغيير شكله من حالته الباردة والساخنة بشكل جيد . ويتكون برونز الرصاص من سبيكة حوالي ٢٥٪ رصاص والباقي نحاس وله صفات انزلاقية جيدة ولكن متانته ضعيفة.

٣ - السبيكة الحمراء:

السبيكة الحمراء هي خليط من القصدير والزنك مع نسبة عالية من النحاس ذات مناعة جيدة ضد الصدأ والتآكل كما أنه يمكن صبها وتشغيلها بشكل جيد . وتصنع الأدوات المنزلية والأنابيب وكراسي الانزلاق من السبيكة الحمراء.

(ب) سبائك الألمنيوم:

الألمنيوم معدن خفيف وزنه النوعي ٣,٧ جم/سم^{٣} وجيد التوصيل للحرارة والكهرباء ينصهر عند درجة ٦٦٠°م ذو لون أبيض وسبائك الألمنيوم كثيرة ومتعددة ولكنها تقسم إلى نوعين أساسيين هما:

النوع الأول هو:مسبكية وتستعمل لصناعة الأجزاء الهامة من المحركات والأجزاء التي تتطلب مقاومة عالية للصدأ والأجزاء التي تتعرض للصدمات.

والنوع الثاني هو: سبائك الألمنيوم التشكيلية وتستعمل في صناعة الرقائق والأعمدة.

ومن سبائك الألمنيوم الهامة الديورالدين وهو عبارة عن سبيكة مكونة من ٩٣,٥٪ ألمنيوم و ٤,٨٪ نحاس و ١,٢٪ مغنسيوم وتتحمل هذه السبيكة إجهاد شد مقداره ٤٥ كجم على المليمتر المربع وذات صلادة عالية إلا أنها غير قابلة للحام.

(ج) القصدير:

القصدير معدن أبيض ينصهر عند درجة حرارة ٢٣٢°م ووزنه النوعي ٧,٣جم/سم^{٣} ويمكن تشكيله بالدرفلة إلى صفائح رقيقة يصل سمكها إلى ٠,٠٧مم كما يمكن خلطه بمعادن أخرى لتحسين خواصه

والقصدير ذو مناعة كبيرة ضد الهواء والأحماض العضوية كما أنه يلتصق بالصلب والنحاس ، ومركباته ليست سامة لذلك تطلى به أدوات المطبخ وأدوات صناعة الأطعمة مثل الأنابيب المستعملة في صناعة المشروبات – كذلك يستعمل القصدير في لحام الأدوات الدقيقة والأسلاك الكهربائية.

ويمكن التعرف على القصدير من لونه أو بواسطة ثنيه فيحدث الطقطقة المسماة بصراخ القصدير حيث تحتك البلورات ببعضها البعض محدثة هذه الطقطقة ويحدث ارتفاع درجة الحرارة في مكان الثني.

(د) الرصاص:

الرصاص معدن سطحه الخارجي يتميز بلون رمادي أزرق كما أن مقطعة الحديث يبدو بشكل أبيض فضي ولامع بشدة وينصهر الرصاص عند درجة ٣٢٧°م ووزنه النوعي ١١,٣٥جم/ سم^{٣} والرصاص

معدن لدن يمكن ثنيه وطرقه بسهولة كما أنه لين جداً . ويتمتع الرصاص بمناعة ضد الصدأ إذ إنه يتحد بأكسجين الهواء بسرعة ويكون طبقة من أكسيد الرصاص – أما الرصاص الموجود تحت طبقة الأكسيد فيحمي من الالتماس بالهواء . ويستعمل الرصاص في صناعة أنابيب المياه وتغليف الأسلاك الكهربائي ويضاف إلى كثير من السبائك لتحسين خواصها.

ثانياً: المواد غير المعدنية

تنقسم المواد غير المعدنية إلى مواد عضوية ومواد غير عضوية ومن المواد العضوية الأخشاب واللدائن والمطاط والورق والمواد الطلائية والجلد. ومن المواد غير العضوية الزجاج والسليكات والمواد الخزفية والجرافيت.

وسندرس منها الأخشاب ومواد اللدائن والمواد المساعدة الأكثر استعمالاً في الصناعات الهندسية كما يلي:

١ - الأخشاب:

تعتبر الأخشاب من المواد الهامة لما لها من صفات ميكانيكية تناسب الكثير من الاستخدامات الهندسية كما أنه سهل التشغيل . ويحصل على الأخشاب من جذوع الأشجار بعد أن تجري عليها عمليات معاملة خاصة لتكون الأخشاب بالصفات الطبيعية والميكانيكية المطلوبة . والأخشاب المستعملة في الصناعة كثيرة ومتعددة الأنواع . وتقسم الأخشاب إلى نوعين مهمين الأول يعرف بالأخشاب اللينية وهي سهلة التشكيل والثاني يعرف بالأخشاب الصلدة . وتحتاج الأخيرة إلى عناية ومجهود أكثر عند تشكيلها

٢ - اللدائن:

اللدائن مواد من أصل عضوي وتتحول هذه المواد عند تسخينها إلى الحالة اللدنة وتتخذ عند الضغط عليها الأشكال المطلوبة للأجزاء المراد صنعها – وتلعب الخواص الطبيعية والكيميائية والميكانيكية للدائن دوراً كبيراً عند صناعتها وأهم هذه الخواص الوزن النوعي وتحملها للحرارة وانكماشها وقابليتها للانسياب وسرعة تجمدها ونسبة الرطوبة ومقاومتها النوعية للصدمات وعازليتها للكهرباء.

واللدائن من المواد الخفيفة، فالوزن النوعي للأنواع المختلفة يتراوح من ٩٠٠ إلى ٢٠٠٠ كجم/م^3 ولهذا فاللدائن تستعمل على نطاق واسع لتخفيف وزن المصنوعات. ويمكن تشغيل اللدائن بإزالة الرايش، ولقد أدى التطور في إنتاج اللدائن وظهور أنواع جديدة منها ذات خواص ميكانيكية وفيزيائية جيدة استخدام اللدائن في مجالات صناعية كثيرة ساعدت في تطوير تصميم منتجات هندسية كثيرة.

٣ - **المواد المساعدة:**

وتشمل مواد التشحيم والتبريد والتنظيف والتلميع وغيرها. حيث يوضع سائل التزييت أو التشحيم على السطوح المحتكمة لأجزاء الماكينات فيكون فيما بينها أغشية سائلة مزلقة تنقص من مساحة التلامس المعدني المباشر للسطحين المحتكمين تحسن من توصيل الحرارة وتخلق ظروفاً مناسبة للعمل الطبيعي للازدواج المحتك ويساوي معامل الاحتكاك للسطوح غير المزيتة ٠,١ إلى ٠,٥ تقريباً في حين لا يزيد هذا المعامل عندما يفصل هذه السطوح طبقة تزييت متصلة عن ٠,٠٠٢ إلى ٠,٠١ وفي الحالة الأخيرة يكون فقدان الطاقة بالماكينة بسبب الاحتكاك أقل ٥٠ مرة منه في حالة عدم التزييت.

وتنقسم مواد التزييت إلى مواد معدنية ونباتية وحيوانية وتستعمل في الوقت الحاضر الزيوت المعدنية على نطاق واسع كمواد تزييت أساسية ، والزيوت ذات الأصل المعدني هي من نواتج تكرير البترول وهي أكثر مواد التزييت استعمالاً لتزييت الجرارات والسيارات والطائرات وآلات الورش ومختلف المعدات.

ثالثاً: المواد المركبة

المواد المركبة هي أحد انواع المواد الهندسية وتنقسم إلى مواد التلبيد والكربيدات. والتلبيد هو معالجة حرارية للمشغولات نصف المصنعة وتتم بكبس مساحيق المعادن أو مساحيق أكاسيدها أو كربيداتها. وعند الكبس تتشابك حبيبات المسحوق بشكل كثيف بسبب عدم انتظام أسطحها الخارجية بحيث تلتصق في مواضع تلامسها بتأثير قوة الترابط، إلا أنها لا تصبح كتلة واحدة لأن الحبيبات تكون صلدة وتحافظ على شكلها في الحالة الباردة. أما إذا أصبحت الحبيبات بحالة لدينة، أي إذا ما سخنت إلى ما دون درجة حرارة الإنصهار بقليل، حيث يظهر أثر قوة الترابط، فإن الحبيبات تتماسك مع بعضها ، وعندها تصغر مسام الجسم المضغوط وترتفع كثافته وتزداد متانته وتنكمش المشغولة. وتسمى عملية تكثيف المادة المصنعة تحت تأثير قوة الترابط للحبيبات في الحالة العجينية بالتلبيد.

وأهم مميزات التلبيد هي إمكانية خلط وتركيب مواد تصنيع مختلفة الكثافة ومتباينة في درجات انصهارها بشكل أسهل من مزجها بالصهر. وبهذه الطريقة يمكن تحضير مواد تصنيع بمسامية عالية (المرشح المعدني، مواد المحامل) أو ذات كثافة عالية (كالأجزاء الإنشائية) أو ذات صلادة عالية (الكربيدات) أو ذات مقاومة مرتفعة للإجهادات أو خواص قطع أو خواص إنزلاق جيدة. ويمثل الحديد والنحاس والقصدير والنيكل والتيتانيوم أمثلة للمواد الخام المستخدمة في عملية التلبيد. والقطع المصنعة

من مواد التصنيع الملبدة ليست بحاجة للتشكيل بالقطع، إذ يمكن إكسابها الشكل المطلوب عند التلبيد مما يوفر كثيراً في إستهلاك المواد.

يتم تحضير القطع المصنعة بالتلبيد وفقاً للخواص المطلوبة على المراحل التالية: إنتاج المسحوق، كبس المسحوق في القوالب ثم الكبس اللاحق ثم تعيير المشغولات الملبدة ثم المعالجات اللاحقة مثل التصليد أو التصليد الغلافي أو التشريب بالزيت. تستخدم المواد الملبدة في المحامل المنزلقة ذاتية التزليق، لقم (أطراف) القطع في العدد، ومواد القطع المكونة من أصل خزفي ومعدني مثل مواد القطع من خزف الأكسيد.

الفصل الثاني : خواص المواد الهندسية

تتحدد مجالات استخدام وصلاحية المواد الهندسية حسب خواصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية والتكنولوجية، كما أن معرفة هذه الخواص وإمكانية قياسها تلعب دوراً كبيراً في اختيار المواد الملائمة لأغراض معينة وفي التغلب على المشاكل التي قد تنتج خلال تشغيل هذه المواد وتشكيلها. سنتناول خلال هذا الفصل التعرف على خواص المواد وأسلوب التعرف عليها.

خواص المواد

تتحدد جودة المادة بخواصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية والتكنولوجية كما يلي:

الخواص الفيزيائية :

تختص بالظواهر الناتجة عن القوى الخارجية دون حدوث تغييرات في المادة نفسها – فإذا أسقط جسم ما على الأرض فإنه يكون قد غير وضعه وإذا تجمد الماء تحول إلى جليد ، ويتحول عند تسخينه ثانية إلى ماء وبذا تكون حالة الماء قد تغيرت . وإذا طرقت قطعة من الحديد فإنه يحدث تغيير في شكلها وتبقى المادة نفسها دون تغيير. وأهم الدلائل التي تحدد خواص المادة الفيزيائية هي : الكثافة وانتقال الحرارة والكهرباء ومعامل التمدد ودرجة حرارة انصهار المادة الجدول (١ -١) يعرض بعض الخواص الفيزيائية لبعض المواد الهندسية المعدنية وغير المعدنية.

الخواص الكيميائية :

تختص بتركيب المواد وتحولها إلى مواد أخرى، فإذا وضعت قطعة من الحديد في لهب الحدادة تكونت على سطحها قشرة سوداء أكسيدية تسقط عنها عند الدق عليها بمطرقة وتتألف هذه القشرة الأكسيدية من مادة مختلفة تماماً عن الحديد – وعند احتراق الفحم تنطلق الحرارة وتنتج غازات باحتراق ورماد تحولت المادة إلى مادة أخرى. وأهم الخواص الميكانيكية لمواد التصنيع هي مقاومة التآكل وقابلية الاحتراق ودرجة السمية. ويمكن تغيير خواص المواد بصورة أساسية عن طريق خلطها بمواد أخرى (أي تكوين السبائك).

مواد معدنية (Metals)	الكثافة(kg/m^3)	درجة حرارة الانصهار (°C)	الموصلية الحرارية (W/m K)
الألمنيوم	٢٧٠٠	٦٦٠	٢٢٢
سبائك الألمنيوم	2630-2820	476-654	121-239
النحاس	8970	1082	393
سبائك النحاس	٧٤٧٠-٨٩٤٠	885-1260	29-234
الحديد	7860	1535	74
الفولاذ	6920-9130	١٣٧١-1532	15-52
الرصاص	11350	327	35
سبائك الرصاص	٨٨٥٠-11350	١٨٢-٣٢٦	٢٤-٤٦
المغنسيوم	1745	650	154
سبائك المغنيسيوم	1770-1780	610-621	75-138
النيكل	8910	1453	92
سبائك النيكل	7750-8850	1110-1454	12-63
التنجستن	19290	3410	166
الزنك (الخارصين)	7140	419	113
سبائك الزنك	٦٦٤٠-٧٢٠٠	٣٨٦-٥٢٥	١٠٥-١١٣
مواد غير معدنية Non-Metals	**الكثافة(kg/m^3)**	**درجة حرارة الانصهار (°C)**	**الموصلية الحرارية (W/m K)**
اللدائن	٩٠٠-٢٠٠٠	110-330	0.1-0.4
الخشب	400-700	--	0.1-0.4
الزجاج	2400-2700	580-1540	0.6-1.7
السيراميك	2300-5500	--	10-17

جدول (١ -١) الخواص الفيزيائية لبعض المواد الهندسية (معدنية وغير معدنية)

الخواص الميكانيكية Mechanical Properties:

أما الخواص الميكانيكية لمادة ما فهي توضح كيفية سلوكها تحت تأثير القوى الخارجية. فمقاومة المادة للإجهاد هي مقاومتها لتغيير الشكل وللانفصال عن بعضها. ويمكن أن تكون قوى التحميل الخارجية قوى شد أو ضغط أو حني أو لي، وتولد كل قوة خارجية إجهادات معينة في المادة تبعاً لنوعية التحميل، مثال ذلك إجهادات الشد والضغط. وحيث إن الخواص الميكانيكية للمعادن تشكل أهم الخواص، فسيتم تعريف أهم خواصها كما يلي:

١ - **المتانة Toughness**: هي قدرة المادة على مقاومة تأثير القوى الخارجية دون أن تنهار أو تتحطم ، وهي تعبر أيضاً على مقدار تحمل المادة للصدمات .

٢ - **الصلادة Hardness**: هي قدرة المادة على مقاومة تغلغل جسيمات أخرى أكثر صلادة في سحطها ويعبر عن الصلادة بمقاومة المادة للخدوش أو التآكل نتيجة للاحتكاك .

٣ - **المرونة Elasticity**: هي قابلية المادة للتشكيل أو لتغيير الشكل تحت ضغوط وقوى معنية ثم استرجاع المادة لشكلها الابتدائي عند زوال هذه الضغوط والقوى .

٤ - **اللدونة Plasticity**: هي قدرة المادة على تغيير شكلها دون انهيار أو تحطم تحت تأثير قوى خارجية وثبوت الشكل المتغير بعد زوال هذه القوى كما يعبر عن اللدونة بمدى استجابة المعدن للضغط أو الطرق أو السحب .

٥ - **الهشاشية Brittleness**: هي تفكك المادة وانهيارها إلى أجزاء عند تعرضها إلى أحمال وقوى ديناميكية وهي أيضاً قابلية المعدن للكسر عند تعرضه للصدمات .

٦ - **المطولية Ductility**: وهي قابلية المادة للاستطالة عند شدها . ويقدر اكتساب المعدن لهذه الخاصية بمقدار استطالته .

٧ - **الليونة Softness**: وهي قابلية المادة للثني أو الانحناء

وتوجد اختبارات ميكانيكية خاصة لتحديد الخواص الميكانيكية السابقة للمواد .

الخواص التكنولوجية للمعادن Technological Properties

تعتبر الخواص التكنولوجية للمعادن من العوامل الهامة التي تؤخذ في الاعتبار مع الخواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية عند اختبار نوع المادة التي يصنع منها المنتجات . وإن كانت الخواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية المطلوبة في المنتج يتحدد على أساسها اختبار نوع المادة لضمان تحقيق المنتج للأداء المطلوب وتحمله لظروف الاستخدام فإن الخواص التكنولوجية للمعادن تؤثر

على اختيار نوع المادة حسب طبيعة عملية الإنتاج المناسبة ، فالخواص التكنولوجية تحدد قابلية المعادن لتحويلها إلى صورة أجزاء مصنعة أو نصف مصنعة بأسلوب تكنولوجي محدد أو هي التي تختص بإستخلاص وتشغيل المواد صناعياً. وأهم الخواص التكنولوجية للمعادن هي :

١ - **السيولة : Flowability قابلية الصب (السبك)**

وهي قدرة المادة على ملء فراغ قالب السباكة جيداً وهي في الحالة السائلة ، وتتوقف سيولة المعادن على تركيبها الكيميائي ودرجة انصهارها، ويجب أن تكون للسبائك المعدنية المستعملة لإنتاج المسبوكات صفات معينة من ناحية السيولة ومقدار الانكماش عند التجمد أو التبريد والميل للانعزال وخاصية السيولة لازمة للمواد التي تصنع بطريقة السباكة Casting .

٢ - **اللدونة : Plasticity قابلية التشكيل اللدن**

وهي خاصية لازمة للمواد التي تصنع بطريقة التشكيل Forming وهذه الخاصية تحدد قابلية المادة على تغيير أبعادها وشكلها تحت تأثير القوى الخارجية المؤثرة عليها دون أن تتحطم ، مع احتفاظها بالشكل الذي اكتسبته بعد إزالة القوى الخارجية .

٣ - **قابلية اللحام : Weldability**

وهذه خاصية لازمة للمواد التي يشكل بها المنتجات باستخدام عمليات اللحام Welding . وقابلية اللحام تختلف من مادة إلى أخرى حسب خواصها الطبيعية وتركيبها الكيميائي وطريقة اللحام المستخدمة . والمعادن التي لها قابلية للحام يجب أن تكون موصلة جيدة للحرارة ، قليلة الانكماش وأن يكون معامل التمدد الطولي لها صغيراً .

٤ - **قابلية التشغيل : Machinability**

وهذه خاصية لازمة للمواد التي تصنع بواسطة عمليات التشغيل Machining وتتم عملية التشغيل عن طريق إزالة أجزاء من المادة (سماح التشغيل) وذلك بواسطة آلات قاطعة تحركها ماكينات (التشغيل الميكانيكي) أو يتم تحريكها يدوياً (التشغيل اليدوي) وتسمى هذه العمليات بتشغيل المواد بالقطع بإزالة الطبقات الزائدة من المعدن على شكل رايش ، وتقيم قابلية المواد للتشغيل بالقدرة على الحصول على منتجات بالأبعاد والأشكال الهندسية المطلوبة وهذا يعرف بدقة التشغيل بالإضافة إلى الحصول على أسطح لهذه المنتجات بدرجة ملاسة مناسبة .

وتوجد اختبارات تكنولوجية خاصة لتقييم الخواص التكنولوجية للمعادن .

التعرف على المواد

يلزم في كثير من الأحوال التعرف على المواد الهندسية لبيان أنواعها وتقدير خواصها تعرفاً سريعاً تقريبياً بدون إجراء تحليلات كيميائية أو اختبارات ميكانيكية ولذلك تستعمل بعض الاختبارات السريعة ومن أهم هذه الاختبارات ما يلي :

١. الكثافة:

تختلف الكثافة أو الوزن النوعي للمواد المتشابهة المظهر اختلافاً كبيراً ويمكن من هذا الاختلاف التفرقة بين المواد ، فمثلاً النحاس ٨,١جم/سم^{٣} بينما كثافة الذهب ١٩,٣جم/سم^{٣} كذلك يمكن معرفة الألمونيوم من بين المعادن التي تشبهه في المظهر لأن وزنه النوعي منخفض نسبياً.

٢. الشكل الخارجي :

تبعاً لشكل السطح الخارجي أو اللون يمكن التفرقة بين المواد فالنحاس أصفر اللون بينما الحديد الزهر رمادي محبب والرصاص يتميز بلون رمادي مائل للزرقة وهكذا .

٣. شكل الشرر :

لا تستعمل هذه الطريقة إلا في التفرقة بين أنواع المواد الحديدية إذ ينتج أنواع مختلفة من الشرر عند تجليخ المواد الحديدية ويمكن التفرقة بين كل نوع من المواد الحديدية بواسطة التعرف على الشرر الناتج من تجليخه ومثال ذلك يكون الشرر الناتج من تجليخ الحديد الزهر ذي لون أحمر غامق وبه نجوم متفرقة بينما يكون شكل الشرر الناتج من تجليخ الصلب الإنشائي أصفر محمر ذي أشعة مستقيمة ذات شرر صغير وكبير .

التدريبات النظرية للوحدة الأولى

١ - ما الفرق بين عمليتي التشكيل والتشغيل؟

٢ -صنِّف و عرِّف كلاً مما يلي: القصافة (الهشاشية) ، القابلية للتشكيل؟

٣ - أعط مثالاً لما يلي: مادة حديدية، مادة غير حديدية، مادة طبيعية، مادة صناعية ؟

٤ - اذكر طريقتين من طرق التعرف على المواد الهندسية ؟

٥ - كم كثافة الألمنيوم وما أهم سبائك الألمنيوم؟

٦ -قارن بين المواد المعدنية وغير المعدنية الموضحة في الجدول رقم (١ -١) بالرسم البياني وذلك من حيث الكثافة ودرجة حرارة الانصهار والموصلية الحرارية؟

٧ -ماذا يقصد بالتلبيد وما أهم مزاياه واستخدامه؟

٨ - ما الفرق بين عمليتي صهر وتلبيد المعادن؟

٩ -ما هي اللدائن وما أهم خواصها؟

بالإضافة إلى أسئلة متعددة ومتنوعة يستطيع المدرب استنباطها من المواضيع المذكورة بهذه الوحدة.

تقنية تشكيل

سباكة المعادن

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

عند إكمال هذه الوحدة فإن المتدرب يستطيع التفريق بين سباكة المعادن باستخدام القوالب المؤقتة والقوالب الدائمة

الأهداف:

تهدف إلى معرفة سباكة المعادن وأنواعها

تهدف إلى معرفة السباكة الرملية (خطواتها واختباراتها)

تهدف إلى معرفة أنواع السباكة الدائمة

الوقت المتوقع للتدريب:

ثلاث ساعات للتدريبات النظرية

واثنا عشرة ساعة للتدريبات العملية

الوسائل المساعدة:

اتبع التعليمات المذكورة في كل تدريب نظري أو عملي

متطلبات الجدارة:

إنهاء الوحدة الأولى من هذه الحقيبة

مسابك للسباكة الرملية والدائمة بورشة تقنية التشكيل

مقدمة الوحدة الثانية

سباكة المعادن هي إحدى عمليات تشكيل الأجسام المعدنية وذلك بصهر المعدن وصبه في القالب المراد تشكيل المعدن إليه وتركه يبرد ويتجمد فيأخذ بعد تجمده شكل هذا القالب. من هذا التعريف يتضح أن المعدن السائل يستخدم مباشرة في الحصول على شكل الجسم في صورة مسبوكة (مصبوبة) معدنية. وغالباً ما تأخذ المصبوبات شكلها عندما يتحول المعدن المنصهر من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة أو الجامدة . تصنع المشغولات بالسباكة إذا كانت أشكالها قد صممت بحيث لا تتيسر صناعتها بالطرق الأخرى أو إذا كانت هذه الطرق غير اقتصادية أو إذا كانت المشغولات ذوات أشكال داخلية وخارجية معقدة كالمشغولات المزدوجة الجدران أو ذات الزعانف الكبيرة .

إضافة لذلك فإن إنتاج المشغولات بطريقة السباكة هي في الغالب أرخص طرق التشكيل للإنتاج بالجملة ولو أمكن إنتاج مختلف المشغولات المعدنية باستخدام أساليب السباكة مع إكسابها أو احتفاظها بخواص ميكانيكية جيدة لما كانت هناك حاجة ملحة لابتكار واستخدام طرق التشكيل الأخرى . ومع ذلك فإن استخدام أساليب الصب وحدها أو الاقتصار عليها غير ممكن من الوجهة العملية. فاستخدام أساليب الصب لإنتاج مشغولات ما قد يكون في بعض الأحيان مرتفع التكاليف وغير اقتصادي ، كما أن المشغول الناتج لا تكون له الخواص الميكانيكية المطلوبة إضافة إلى أن معظم المصبوبات الناتجة تحتاج لعمليات تشكيل ثالثة لاستدقاق بنيتها البلورية وجعلها منتظمة ومتجانسة.

هذه الوحدة تتضمن فصلين، الأول يتطرق إلى السباكة الرملية من ناحية خطواتها ومميزاتها وعيوبها وطرق الاختبار . بينما الفصل الثاني يتضمن الأنواع الأخرى من السباكة مثل الصب في القوالب الدائمة وطريقة الشمع المفقود والصب بالطرد المركزي وغيرها. في نهاية هذه الوحدة تدريبات نظرية على أنواع مختلفة من السباكة ويترافق مع هذه الوحدة تدريبات عملية بورشة التشكيل.

الفصل الأول: السباكة الرملية

تعتبر عمليات السباكة من أقدم العمليات المعروفة لتشكيل المعادن في الحالة السائلة. وبالرغم من التطور الذي حصل في هذا المجال خلال السنوات الأخيرة، فإن عمليات السباكة الرملية (السباكة في قوالب رملية) التي تمثل أقدم أنواع عمليات السباكة، مازالت تستعمل بشكل واسع لصناعة مختلف المنتجات.. والسباكة الرملية عبارة عن صب أو سبك المعادن أو السبائك المعدنية في قوالب مصنوعة من الرمل تمثل هيئة أو شكل القطعة المراد سباكتها.

خطوات السباكة الرملية:

عملية السباكة الرملية تنقسم إلى أربع خطوات رئيسية كما يلي:

أولاً: تصميم وصناعة النموذج وحساب السماحات المختلفة

لتجهيز القالب الرملي يحتاج الأمر لنموذج يحاكي شكله الخارجي شكل الجزء المراد إنتاجه بالسباكة الرملية. فالنموذج هو جسم خشبي أو معدني يستخدم لتشكيل فراغ في رمل القالب يماثل من حيث الشكل والحجم القطعة المراد سباكتها . هذا النموذج قد يكون خشبياً أو معدنياً أو لدائنياً حسب عدد القطع المراد سباكتها. تجهز النماذج الخشبية من عدة أجزاء يتم لصقها بالغراء بحيث تتقاطع اتجاهات الياف في الطبقات المختلفة مما يحول دون انبعاج النموذج. حيث تستخدم النماذج الخشبية عندما يكون العدد المطلوب إنتاجه أقل من ١٠٠ وحدة. وتصنع النماذج التي تستعمل لإنتاج أعداد كبيرة من المسبوكات (أكثر من ١٠٠ وحدة) من المعادن مثل الألمنيوم والحديد الزهر. وتصنع النماذج المعدنية من نماذج خشبية تسمى بالنماذج الرئيسية. وتتميز النماذج المعدنية بطول عمرها التشغيلي بالرغم من ارتفاع تكلفتها. أما النماذج اللدائنية فإنها أمتن من النماذج الخشبية وأقل تكلفة من النماذج المعدنية.
ويختلف النموذج عن المسبوك المنجز بما يلي :

١. يكون حجم النموذج أكبر من حجم المسبوك بمقدار معين وذلك لموازنة تقلص المعدن بعد تجمده وتسمى هذه الزيادة بسماح الانكماش. جميع المعادن تتقلص لدى التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الجامدة. ويعبر عن مقاس الانكماش كنسبة مئوية من مقاسات النموذج. الجدول رقم

(١ -٢) يوضح مقاس الانكماش كنسبة مئوية لبعض المواد المعدنية. ويتم حساب الطول اللازم للنموذج من العلاقة التالية

$$L = L_0(1+\Delta)$$

حيث أن L = الطول اللازم للنموذج

L_0 = طول الجسم المصبوب

Δ = نسبة الانكماش للمعدن المصبوب

المعدن	نسبة الانكماش	سماح التشغيل
فولاذ الصب	٢٪	٣ مم
حديد الزهر	١٪	٣ مم
النحاس	١,٥٪	١,٥ مم
الألمنيوم	١,٢٥٪	١,٥ مم
القصدير	١,٥٪	١,٥ مم
الزنك (الخارصين)	١,٥٪	١,٥ مم

جدول (١ -٢) نسبة الانكماش وسماح التشغيل لبعض المواد المعدنية

٢. في كثير من الأحيان تتبع عملية إنتاج المسبوكات عمليات تشغيل على الماكينات لتصحيح أبعاده ولتشطيب أسطحه ولإعطائه درجة من الدقة أعلى لذلك تضاف قيم للأبعاد الخارجية وتطرح من الأبعاد الداخلية حتى تسمح بتشغيل الجزء على الماكينات وتسمى هذه القيم بسماح التشغيل. وتحدد قيمة سماح التشغيل على حسب نوع المعدن كما هو موضح بجدول رقم (١ -٢) لبعض المواد المعدنية. ويجب ملاحظة أن سماح التشغيل يضاف على الأبعاد التي سيتم تشغيلها فقط.

٣. لتسهيل عملية إخراج النموذج من القالب الرملي بعد تشكيله تضاف سلبية إلى جوانب النموذج تسمى بسماح السحب أو السلبية. يتوقف مقدار هذه السلبية على شكل النموذج وطريقة عمل القالب وتتراوح قيمتها من ٠,٢٥ إلى ١°.

٤. تضاف نتوآت أو بروزات إلى النموذج الغرض منها تشكيل تجاويف أو فراغات معينة تستخدم لتثبيت القلوب داخل الفراغ في القالب الرملي تسمى ركائز الدليك. تعمل هذه الركائز فجوات في القالب الرملي يرتكز عليها الدليك حتى يضمن بذلك وضع الدليك بالنسبة لفراغ النموذج وأيضاً ليتحمل الدليك ظروف صب المعدن بدون أن ينكسر. (تستعمل القلوب فقط بالنسبة

للمسبوكات المجوفة، وتقوم بتشكيل الفراغ الذي يشبه شكل التجويف الموجود في المسبوك المراد سباكته).

٥. يجب مراعاة تجنب إنتاج نماذج بأركان حادة لأن ذلك يؤدي إلى انهيار الرمل عند رفع النموذج وتنتج النماذج بحواف مدورة قليلاً بدلاً من الأركان الحادة وتسمى هذه العملية تدوير الأركان.

وتصنع النماذج، حسب أشكال أو هيئات القطع المراد سباكتها، إما من جزء واحد أو جزأين متناظرين حسب شكل المنتج المراد إنتاجه بحيث يمكن بواسطة النموذج عمل الفجوة (الفراغ) في القالب الرملي وإخراج النموذج من القالب الرملي بدون تحطيم أو تشويه الفجوة.

ثانياً: إعداد وتشكيل القالب الرملي

وتشمل اختيار الرمل أو مزيج من الرمال وإعدادها لصناعة القالب الرملي وذلك بعد إجراء الاختبارات اللازمة لمعرفة صلاحيتها.

رمال السباكة المستعملة في صناعة القوالب الرملية هي كما يلي:

١- رمل السليكا: وهو عبارة عن الرمل الطبيعي ذي التركيب الكيماوي (Sio2) والذي يحتوي على كمية قليلة من الطين أو الطمي والذي يقوم مقام المادة الرابطة لحبيبات الرمل ويمتاز هذا الرمل بأنه يقاوم درجات الحرارة العالية ويتوفر بحجوم حبيبية مختلفة وتكاليفه منخفضة نسبياً.

٢- الرمل الاصطناعي: ويتكون من رمل السليكا الذي تضاف إليه مادة رابطة بمقدار حوالي ٤٪ ومن عيوب هذا الرمل أنه يسبب المسامية الغازية في المسبوكات، حيث إنه يحتوي على مادة رابطة تحتوي بدورها على الرطوبة ومن أهم المواد الرابطة الكيولينايت والبنتونايت.

٣- الرمل السمنتي: وهو خليط من الرمل الطبيعي والأسمنت والماء ويمتاز بصلادته ومقاومته العاليتين ولابد من تجفيف القالب المصنوع من هذا الخليط وذلك لتسريب الرطوبة . ولاكتساب القالب للصلادة والمقاومة ويستعمل هذا الخليط عادة لسباكة المسبوكات الثقيلة نسبياً.

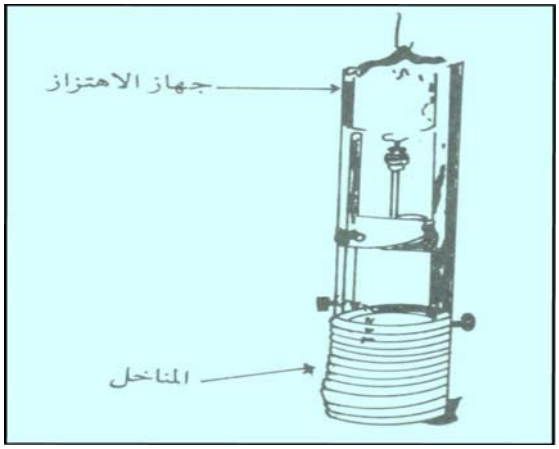
إن جودة المسبوك المصنوع بالسباكة الرملية يعتمد إلى حد بعيد على مواصفات الرمل المستعمل ولغرض التحكم في هذه الجودة لابد من السيطرة على خواص الرمال المستعملة، من هنا فإنه من الضروري إجراء بعض الاختبارات على الرمل قبل استعماله لعمل المسبوكات المختلفة الحديدية منها (الحديد الزهر) واللاحديدية (المعادن اللاحديدية وسبائكها) على حد سواء. فيما يلي سوف نتطرق إلى

بعض اختبارات الرمل مع بيان الخواص الجاري اختبارها ومدى تأثيرها على خواص مسبوكات السباكة الرملية سلبياً أو إيجابياً:

١. اختبار درجة نعومة أو خشونة حبيبات الرمل:

ويجري هذا الاختبار على الرمل الجاف والخالي من المواد الرابطة أو الرطوبة . والغرض منه تحديد حجم حبيبات الرمل واختيار الحجم المناسب لعملية سباكة معينة . وبالإمكان إدراك مدة أهمية هذه الاختبارات عند معرفة تأثير حجم حبيبات الرمل على مواصفات المسبوك الناتج . على سبيل المثال ، الرمل الناعم الحبيبات يمتاز بأنه ينتج سطحاً للمسبوك أملس وذا مظهر خارجي جيد بعكس الرمل الخشن الحبيبات . من جهة أخرى فإن الرمل الناعم يسبب انسداد المنافذ في القالب الرملي (الفراغات بين حبيبات الرمال) فيمنع بذلك تسرب الغازات وبخار الماء إلى خارج القالب (انخفاض في النفاذية) مسبباً ما يسمى بالفقاعات أو المسامية الغازية في المسبوكات ، وهي من العيوب الشائعة في مسبوكات السباكة الرملية . ومن الواضح أن الرمل الخشن يحفف من تكوين هذه المسامية لذلك فإن تحديد حجم حبيبات الرمل واختيار الحجم المناسب منه لمسبوك معين يؤثر على جودة المسبوك الناتج ويتم اختيار الحجم المناسب لحبيبات الرمل استناداً على معطيات مثل حجم المسبوك وميزاته السطحية المطلوبة . وقد يصار أحياناً إلى خلط حجوم مختلفة ناعمة وخشنة لغرض الوصول إلى النتيجة المطلوبة . يجري الاختبار بواسطة عدد من المناخل القياسية ذات الفتحات المختلفة المقاسات تثبت المناخل عمودياً أي الواحد فوق الآخر وتنازلياً مع زيادة نعومة الفتحات على حامل يمكن تحريكه بواسطة محرك كهربائي يرتبط به.

توضع كمية موزونة من رمل معين في المنخل العلوي ذي الفتحات الخشنة بعد التحريك أو الاهتزاز لمدة معينة يصار إلى إيجاد وزن كل كمية من الرمل المتبقي في كل منخل وتحتسب نسبتها المئوية من الوزن الكلي . ودرجة نعومة أو خشونة الرمل هي عبارة عن معدل حجم حبيباته الذي يساوي مقاسات فتحات المنخل إلى تناسب منها هذه الحبيبات، الشكل (١ -١) يبين اختبار درجة النعومة.

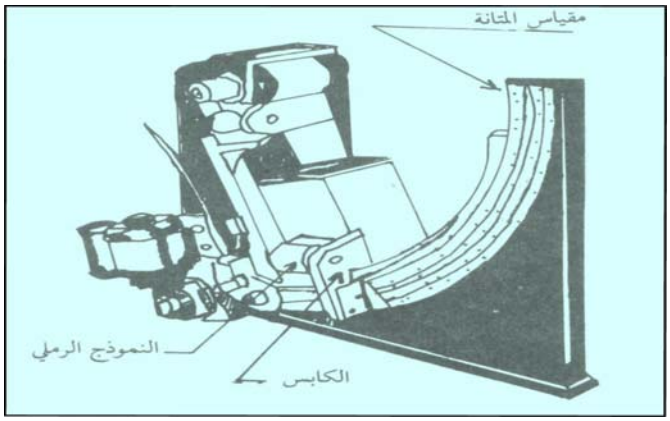


شكل رقم (١ -٢) جهاز اختبار درجة نعومة الرمال

٢. اختبار مقاومة الرمل:

ويستعمل هذا الاختبار لمعرفة قوة تماسك حبيبات الرمل مع بعضها وتستعمل لهذا الغرض نماذج قياسية من الرمل ذات شكل أسطواني بقطر يساوي ٥٤,٨ ملم . وارتفاع أو طول يساوي أيضاً ٥٤,٨ ملم وتعتمد نوعية الاختبار على نوع الجهد الأكثر حدوثاً في القوالب الرملية ، حيث يمكن إجراء الاختبار تحت جهود الضغط أو الشد أو حتى جهود القص.

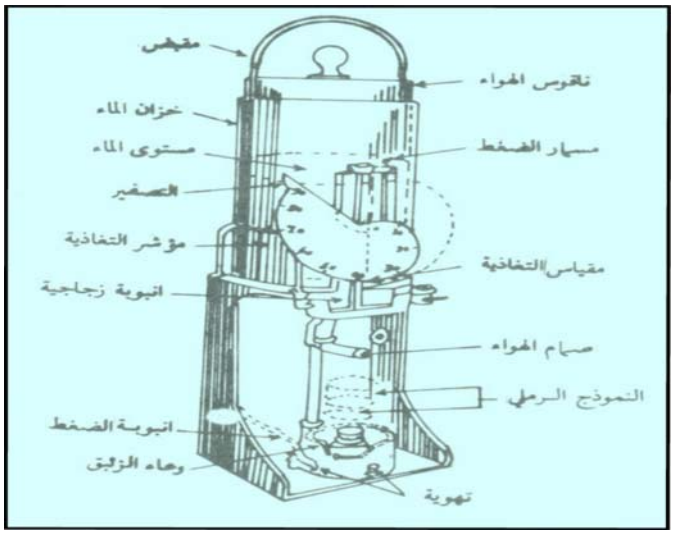
ويعتبر اختبار مقاومة النموذج الرملي تحت جهود الضغط أهم هذه الاختبارات ويتم الاختبار بوضع النموذج الرملي القياسي بين فكي جهاز ضغط ثم الضغط عليه بجهد معين إلى أن ينهار أو يتهشم . وتقاس مقاومة الانضغاط بوحدات كغم / ملم^2 . الشكل رقم (٢ -٢) يبين جهاز اختبار مقاومة رمال السباكة.



شكل رقم (٢ -٢) جهاز اختبار مقاومة رمال السباكة

٣. اختبار النفاذية (قابلية رمل القالب على تسريب الغازات والأبخرة):

تعتبر قابلية رمل القالب على تسريب الغازات المتكونة نتيجة تماس المعدن المنصهر مع جدران القالب الرملي، من أهم الخواص، وهي تعتمد على مدة المسامية الموجودة في القالب الرملي، التي تعتمد بدورها على حجم حبيبات الرمل وكمية الرطوبة والمواد الرابطة وتقاس النفاذية بالوقت اللازم لمرور كمية معينة من الهواء أو الغاز خلال نموذج قياسي من الرمل (نفس النموذج المستعمل لاختبار المقاومة) تحت ضغط ثابت. الشكل رقم (٣ -١) يبين نموذجاً لأجهزة قياس نفاذية رمال السباكة .

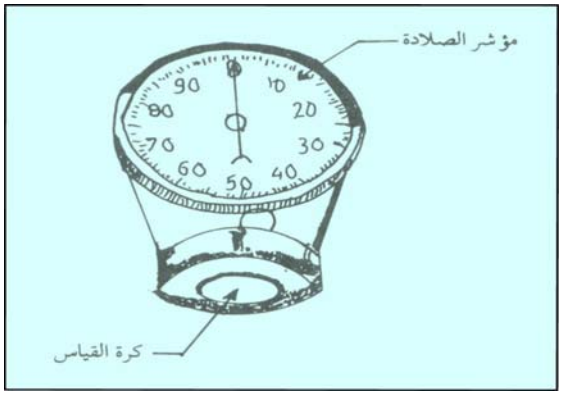


شكل رقم (٣ -٢)جهاز قياس نفاذية رمال السباكة

ويمكن التحكم في قابلية النفاذية عن طريق السيطرة على حجم حبيبات الرمل المستعمل وذلك باختبار حجم حبيبي أخشن يسمح بمرور الغازات بسهولة ، أو بالتحكم في كمية الرطوبة والمواد الرطبة ، حيث إن الكميات المفرطة من هذه الإضافات تقلل من قابلية رمل القالب على تسريب الغازات.

٤. قياس صلادة الرمل:

وتقاس صلادة رمل القالب بواسطة جهاز يدوي صغير في شكل جهاز قياس الصلادة المعتاد بطريقة روكويل اوبرينيل المعادن ويتم ذلك بضغط كرة فولاذية ، بقطر حوالي ٥ ملم ومربوط بنابض على سطح الرمل القالب وقياس عمق الاختراق الذي تتركه الكرة على هذا السطح . ويقوم مؤشر مثبت في نهاية النابض بقياس عمق الاختراق الذي يدل على مقدار الصلاة. الشكل رقم (٤ -١) يبين جهاز قياس صلاة الرمال.



شكل رقم (٤ -٢)جهاز قياس صلادة رمال السباكة

وهنالك اختبارات أخرى لا مجال للتطرق إليها مثل اختبار الرطوبة واختبار التقلص والتمدد نتيجة التسخين واختبار الانهيار. ولاشك أن هذه الاختبارات تجرى على الرمال في الحالتين الرطبة أو الجافة حيث إن القوالب الرملية تستعمل أما بحالتها الرطبة (الخضراء) أو يتم تجفيفها قبل عملية صب المعادن (القوالب الرملية الجافة) . ولا شك أيضاً بأن مقادير الخواص الجاري اختبارها في الحالتين سوف تتباين بشكل كبير . فنرى أن القوالب الرملية الجافة تمتاز بارتفاع مقاومتها وصلادتها وقابليتها على تسريب الغازات (النفاذية) لذا فهي تستعمل عادة للمسبوكات الثقيلة.

بالإضافة إلى ما سيتم شرحه في التدريبات العملية، فيمكن تلخيص العمليات الضرورية لتشكيل القالب الرملي لمسبوك معين بالخطوات التالية:

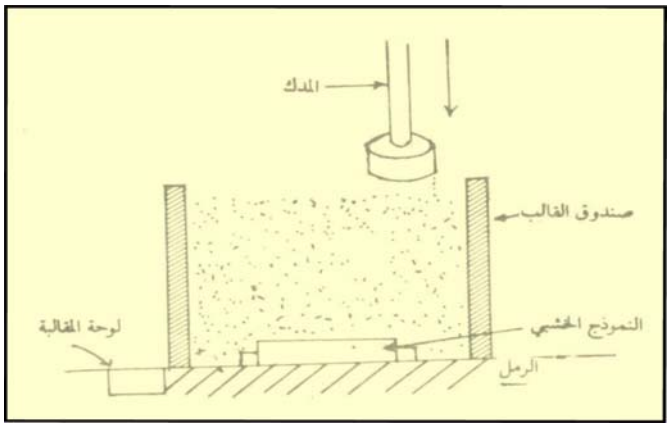
١- تحضير رمل السباكة . يخلط الرمل المراد استعماله بالمواد الرابطة مثل الطمي أو مسحوق الفحم أو الأنواع الأخرى من هذه المواد ، ثم تضاف إليه كميات معينة من الماء . ويخلط هذا المزيج خلطاً جيداً بواسطة خلاطة الرمل الشبيهة بخلاطة السمنت.

٢- نفترض أن القطعة المراد سباكتها عبارة عن أسطوانة مجوفة ، يعد النموذج الخشبي أو المعدني بعد أخذ المساحات المذكورة أعلاه بنظر الاعتبار ثم يقسم إلى نصفين متناظرين . ويكون النموذج مصمتاً ولا يحتوي على التجويف الموجود في الأسطوانة المراد سباكتها . ولسهولة تثبيت النصفين بصورة جيدة على بعضهما ، تحفر في الوجه المسطح لأحد النصفين ثقوب قليلة العمق ، وتثبت على وجه النصف الآخر أقلام أو بروزات تستقر في هذه الثقوب.

٣- يوضع نصف النموذج المحتوي على الثقوب مقلوباً على لوحة المقالبة الخشبية ويوضع حوله النصف السفلي من صندوق المقالبة . وهذه عبارة غالباً عن صناديق من الصلب أو الحديد الزهر مفتوحة من الأعلى والأسفل ومقسمة إلى نصفين متناظرين (سفلي وعلوي) وينطبقان على بعضهما تماماً ، ويمكن تثبيتهما باستعمال اللوالب.

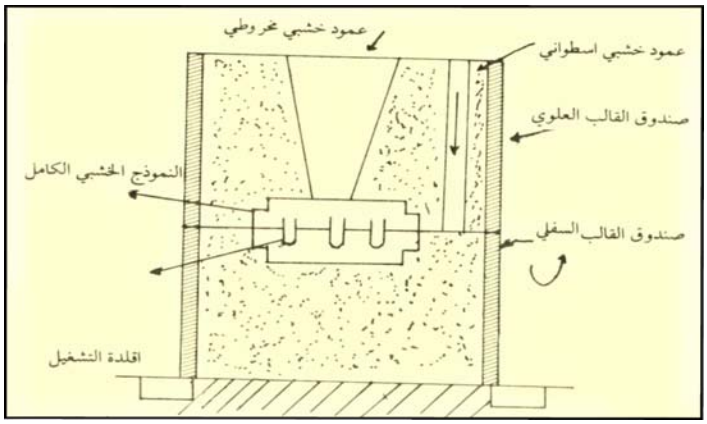
٤- يؤتى بالرمل المعد مسبقاً ويوضع حول نصف النموذج في صندوق المقالبة، ويدك دكا خفيفاً حول نصف النموذج . ويستعمل للرمل المحيط بالنموذج مباشرة رمل حديث التحضير ولم يسبق استعماله ويسمى برمل المواجهة أو رمل الوجه . والمطلوب منه أن يستنسخ جميع تفاصيل النموذج بدقة . ما تبقى من الفراغ في صندوق المقالبة يملأ بواسطة ما يسمى برمل الملء أو رمل الحشو . ويتم دك هذا الرمل دكاً جيداً باستعمال المدكات .وبعد امتلاء الصندوق بالرمل يصار إلى تسوية سطحه وإزالة

الرمل الفائض بواسطة مسطرة التسوية . الخطوات المذكورة أعلاه موضحة في الشكل رقم (٥ - ١).



شكل رقم (٥ -٢) يبين إعداد النصف السفلي من صندوق المقالبة

٥- يقلب نصف الصندوق السفلي رأساً على عقب مع لوحة المقالبة الخشبية وتوضع على لوحة خشبية ثابتة أو على مائدة المقالبة وترفع اللوحة الخشبية الأولى ، ثم ينظف سطح النموذج لغرض تثبيت النصف الثاني من النموذج عليه . وينظف سطح القالب السفلي بكامله ويرش عليه مسحوق الفحم أو كمية من الرمل الناعم وذلك لمنع التصاقه بالنصف العلوي من القالب . ثم يوضع النصف الثاني من النموذج بحيث ينطبق على النصف الأول بواسطة أقلام التثبيت ويوضع النصف العلوي من صندوق المقالبة على نصفه السفلي.

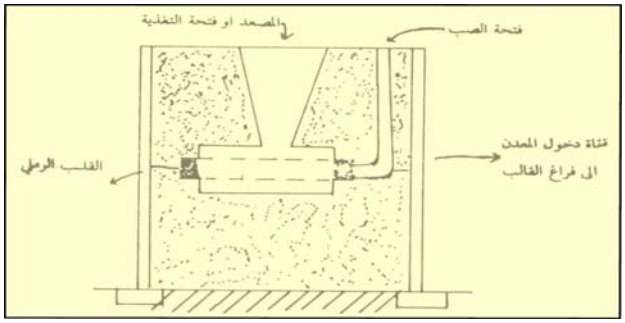


شكل (٦ -٢) يبين تثبيت النصف الثاني للنموذج والنصف العلوي

ثم يتم تثبيت عمود خشبي شبه أسطواني ، وآخر مخروطي الشكل مفتوح إلى الأعلى ، وسوف يتم بواسطتهما تشكيل قناة صب المعدن المنصهر إلى القالب الرملي وتشكيل ما يسمى بفتحة التغذية أو المصعد . ويتم اختيار مواضع هذين العمودين بدقة استناداً على تصميم القالب وموضع النموذج في داخله . بعد ذلك يدك الرمل المستحضر حديثاً حول النموذج وملء الفراغ المتبقي بالرمل المستخدم سابقاً ويسوى سطح القالب بإزالة الرمل الإضافي بحذر.

٦- يفصل نصفا الصندوق عن بعضهما برفع النصف العلوي من القالب ويوضع مقلوباً على لوحة المقالبة الخشبية . وذلك بعد سحب العمودين الخشبيين اللذين يشكلان فتحة الصب وفتحة التغذية. ثم يفصل نصفا النموذج عن نصفي القالبين بحذر شديد ودون تشويه القالب الرملي . ويصار أحياناً إلى تثبيت مسامير فيهما لتسهيل إخراجهما من القالب . ثم يحفر مجرى يصل بين النهاية السفلية لقناة الصب وبين الفراغ الذي يختلف بعد سحب نصفي النموذج والذي يشكل المسبوك فيما بعد.

٧- تشكيل التجويف الداخلي للأسطوانة، نظراً لكون القطعة المراد سباكتها مجوفة، لذا لابد من الحصول على تجويف في داخل الفراغ في القالب الرملي يماثل التجويف الموجود في القطعة . ويتم عمل ذلك بواسطة ما يسمى بالقلب . والقلب في المثال قيد الشرح ، عبارة عن جسم رملي يماثل شكل التجويف المطلوب عمله . ويصنع عادة من نفس المواد المستخدمة لصناعة القالب الرملي، أي من الرمل والمادة الرابطة . ويكون الرمل المستعمل عادة جافاً لمنع انحصار الغازات أو الأبخرة المتصاعدة من مادة القلب عند التسخين في داخل القطعة المسبوكة . ويتم صنع القالب بواسطة صندوق القلب، الذي يتكون من نصفين بينهما فراغ يمثل شكل القلب بواسطة كبس النصفين على بعضهما . وبعد تجفيفه يثبت القالب في الموضع المخصص له داخل فراغ القالب الرملي بعد حفر التجاويف الضرورية لتثبيته داخل الفراغ . بعد تثبيت القالب في موضعه يغلق نصفا الصندوق إغلاقاً محكماً، فيتكون الفراغ وفي وسطه القالب الرملي.



شكل رقم (٧ -٢) القالب الرملي معداً للصب

ثالثاً: صهر المعدن وصبه في القالب الرملي، وإخراج المسبوك من القالب الرملي بعد تجمد المعدن

يتم صهر المعادن في أفران خاصة بالمسابك وهذه الأفران إما أن تستعمل لإعادة صهر المعادن والسبائك الجامدة، أو تستعمل لإنتاج المعدن أو السبيكة ونقلها إلى مكان الصب في القوالب الرملية (على سبيل المثال فرن الدست) وقبل صب المعدن المنصهر في القالب الرملي، وتأميناً لانسياب المعدن المنصهر بهدوء إلى داخل فراغ القالب دون تشويه جدران القالب أو جدار قناة الصب، يتم حفر حوض حول فتحة قناة الصب، بحيث أن المعدن يصب أولاً في هذا الحوض، الذي يسمى بحوض الصب، ثم ينساب بهدوء مخترقاً الصب والمجرى إلى داخل الفراغ. وتستمر عملية الصب إلى أن يمتلء القالب تماماً ويرتفع المعدن المنصهر في فتحة التغذية أو المصعد مؤشرا بامتلاء القالب. وتعتبر فتحة التغذية أو المصعد من الأجزاء الهامة للقالب الرملي لأنها تقوم بالمهام التالية:

أ - تعمل على تسريب الغازات والأبخرة المتصاعدة إلى الجو الخارجي.

ب - تعمل على تغذية الفراغ بالمعدن المنصهر لمعادلة الانكماش الذي يحصل عند تجمد المعدن.

ج - تتجمع فيها المواد غير المرغوب فيها، مثل الخبث والشوائب، حيث ترتفع إلى الأعلى بسبب قلة وزنها النوعي، وتتجمع في فتحة التغذية ثم يتم التخلص منها بقطع العمود الذي يمثل هذه الفتحة في المسبوك المتجمد.

بعد صب المعدن في القالب يترك القالب لفترة كافية ليتجمد المعدن فيه، ثم يفتح صندوق المقالبة ويزال الرمل المحيط بالمسبوك وكذلك رمل القلب.

رابعاً: تنظيف المسبوك وإعداده للاستعمال وكشف عيوب المسبوك ومعالجتها

بعد إخراج المسبوك من القالب فإنه يحتاج إلى تنظيف وكشف عن العيوب لكي يكون جاهزاً للاستعمال. فهناك عدد كبير من العيوب التي تحدث في مسبوكات السباكة الرملية التي تستوجب اعتبار المسبوك فاشلا عند كون العيوب ذات تأثير بالغ على استعمال المسبوك، أو أنها تستوجب العمل على معالجة هذه العيوب. ونظراً لكون معظم هذه العيوب متعلقة بكيفية تصميم القالب الرملي وبخواص الرمل المستعمل، أو بالشكل الهندسي للقطعة المراد صبها، أو عملية صب المعدن في القالب الرملي، لذا فإنه بالإمكان السيطرة على هذه العيوب وتفادي حدوث معظمها وذلك بالتحكم الجيد بتصميم القالب واختيار الرمل المناسب واتباع طريقة ملائمة لصب المعدن وإجراء بعض التغيرات الطفيفة على الشكل الهندسي. فيما يلي سوف نتطرق إلى طرق تنظيف المسبوك وإلى عدد من العيوب الشائعة في

مسبوكات السباكة الرملية مع تعليل أسباب حدوثها والعمل على تفاديها أو معالجتها بالإضافة إلى شرح مبسط عن كيفية الكشف عنها.

أ - تنظيف المسبوك ويشمل الخطوات التالية:

١ - قطع الأجزاء الإضافية من المسبوك التي تكونت بسبب تصاميم فتحة الصب وفتحة التغذية والمجرى، ويتم القطع بواسطة المنشار أو أقراص التجليخ أو القطع بواسطة الإوكسي استيلين.

٢ -تنظيف سطوح المسبوك الداخلية والخارجية من حبيبات الرمل اللاصقة به نتيجة الحرارة العالية وأيضاً من طبقة الاوكسيد التي تتكون عليها. ولهذا الغرض تستعمل أجهزة الرش بحبيبات الرمل أو بالكريات المعدنية.

٣ -بعض المسبوكات (استناداً إلى مجالات استعمالها) تحتاج إلى إنجاز سطحي أو مظهر خارجي جيد، ويتم تحسين الإنجاز السطحي إما بالمعاملة بواسطة المحاليل الكيمياوية أو بالتشغيل أو الطلاء.

ب - عيوب المسبوكات وكيفية تفاديها ويمكن إيجازها بالنقاط التالية:

١ - التزحف: والمقصود به هو عدم التطابق بين نصفي المسبوك الناتج عند استعمال النماذج المتكونة من نصفين والأسباب هي عدم تطابق نصفي النموذج تطابقاً تاماً لدى عمل القالب الرملي أو عدم تطابق نصفي صندوق القالب أو إزاحة أحدهما عن الآخر وذلك بسبب عدم إحكام الإغلاق وإمكانية إزاحة النصف العلوي بالضغط الناتج من امتلاء القالب بالمعدن المنصهر ويمكن تفادي هذا العيب بالتحكم الجيد في صناعة النماذج والإغلاق المحكم لصندوق القالب بوضع الأثقال عليه قبل صب المعدن.

٢ - الانتفاخ: وهو عبارة عن اتساع فراغ القالب الرملي بسبب الضغط الناتج من المعدن المنصهر. والانتفاخ قد يكون موضعياً أو عاماً يشمل فراغ القالب الرملي بكامله ويتسبب الانتفاخ من عدم دك الرمل في القالب بصورة جيدة أوصب المعدن بصورة سريعة إلى الفراغ. والمعالجة تستنتج هنا من أسباب العيوب نفسها، إلا أنه من الضروري ملاحظة أن الدك الشديد لرمل القالب قد يسبب انخفاضاً في قابلية القالب على تسريب الغازات.

٣ - فجوات الانكماش: فجوة الانكماش هو الفراغ الناتج عن تقلص المعدن خلال التجمد ويجري التخلص منها بواسطة التصميم الجيد لفتحة التغذية من حيث الحجم والموضع بالنسبة للقالب. وبالنسبة للمسبوكات الثقيلة أي الكبيرة الحجم لابد من عمل عدة فتحات للتغذية لتأمين تزويد فراغ القالب الرملي بالمعدن المنصهر بصورة مستمرة لتفادي حدوث فجوات الانكماش.

٤ - الفجوات الغازية: تتكون هذه الفجوات نتيجة انغلاق أو انحصار الغازات داخل المعدن المنصهر في فراغ القالب الرملي. وقد تتكون الفجوات الغازية على شكل فجوة غازية كبيرة في داخل المسبوك أو على شكل مسامية غازية على سطح المسبوك أو في داخله. وأسباب تكون الفجوات الغازية عديدة منها :

أ -الرطوبة العالية والدك المفرط لرمل القالب اللذان يسببان انخفاضاً في قابلية النفاذية.

ب - ارتفاع كمية الغازات المذابة في المعدن المنصهر والتي قد تتحرر أثناء التجمد مسببة الفجوات الغازية

ج - عدم توفر التنفيس الجيد للقالب الرملي وفتحات التنفيس هي عبارة عن قنوات دقيقة نسبياً يزود بها القالب الرملي لغرض تسريب الغازات.

ويمكن التحكم في حدوث الفجوات الغازية بواسطة السيطرة على كمية الرطوبة (تجفيف القوالب والقلوب) والدك الخفيف للرمال وخاصة بالنسبة للنصف العلوي منه والذي لا يحمل ثقلاً يذكر، وأيضاً بواسطة عمل فتحات التنفيس للقالب الرملي والتقليل من كمية الغازات المذابة في المعدن المنصهر

٥ - السطح الخشن: وتنتج الخشونة في سطح المسبوكات نتيجة استعمال الرمل الخشن الحبيبات أو الدك الخفيف جداً لرمل القالب ويمكن تفاديه باستعمال الحجم المناسب من حبيبات الرمل على الأقل للرمل اللاصق بالنموذج مباشرة أو باستعمال الدك المناسب لرمل القالب.

هنالك أنواع أخرى كثيرة من عيوب مسبوكات السباكة الرملية قد لا تدخل ضمن المطلوب من هذه الحقيبة أو أن أسباب حدوثها تتعلق بمواضيع لا مجال لشرحها في هذا المجال. من هذه العيوب الانفصال بأنواعه والحجم الحبيبي الكبير والجهود المتبقية . وأخيراً لابد من الإشارة إلى أن الحصول على مسبوك خال كلياً من العيوب ليس بالأمر السهل، لاسيما إذا أخذنا بنظر الاعتبار بأن معالجة عيب معين قد تؤدي بحد ذاتها إلى خلل في معالجة عيب آخر.

ج - الكشف على المسبوكات :يجرى الكشف على المسبوكات بعد عمليات التنظيف وتنقسم الأساليب المستعملة للكشف إلى مجموعتين :

١ - الكشف الإتلافي : ويتضمن اختبار الخواص الميكانيكية مثل مقاومة الشد والضغط والصلادة والمطيلية وما شابهه . وتجرى الاختبارات عادة على نماذج تقطع من المسبوكات نفسها باستعمال الطرق التي تعلمتها في مادة اختبار المواد وما تأخذها من أمثلة عملية في التدريب العملي من هذه الحقيبة.

٢ - الكشف غير الإتلافي – ويتضمن الكشف عن عيوب معينة مثل الفجوات الغازية وفجوات الانكماش. وهنالك أساليب عديدة لهذا النوع من الكشف يمكن تلخيص بعضها كما يلي:

أ - الفحص المجهري: ويستعمل للكشف عن حجم وشكل البلورات أو الحبيبات الموجودة في المسبوكات والكشف عن بعض العيوب المرتبطة بالطبيعة الفيزياوية للمعادن والسبائك.

ب - الكشف بالأشعة السينية: ويستعمل للكشف عن العيوب الداخلية مثل فجوات الانكماش والفجوات الغازية الداخلية.

ج - الكشف بالجسيمات المغناطيسية: ويستعمل عادة للكشف عن التشققات الدقيقة والمسامية الغازية على سطوح المسبوكات.

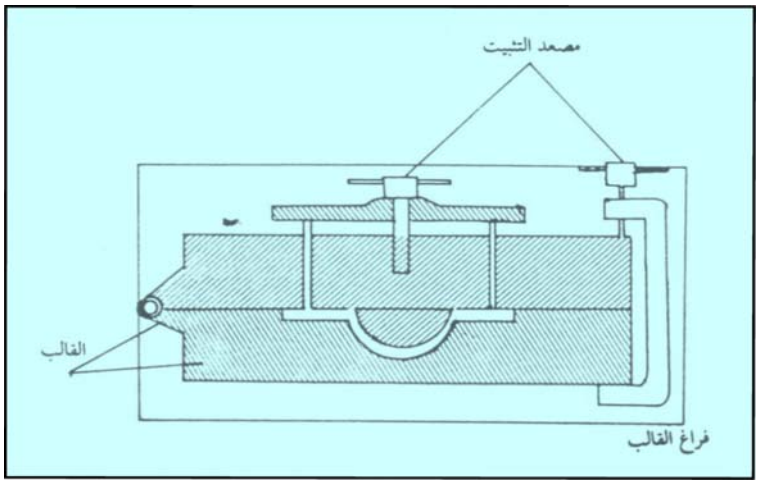
د - الكشف بالموجات فوق الصوتية: ويستعمل عادة للكشف عن العيوب الداخلية للمسبوكات مثل الشوائب أو حبيبات الرمل المنغلقة في داخل المسبوكات وكذلك الفجوات المختلفة.

الفصل الثاني: أساليب السباكة الأخرى

لقد أدى السعي الدائم نحو خفض تكاليف إنتاج المصبوبات وتحقيق أعلى دقة ممكنة في المقاسات وإنتاج مصبوبات متينة إلى إستحداث طرق أخرى للصب. حيث حدثت تطورات مهمة في أساليب السباكة خلال الخمسين سنة الأخيرة تشمل هذه التطورات أساليب التقنية المستعملة والسباكة الآلية واستحداث الأساليب الأكثر اقتصادية في إنتاج المسبوكات بالإضافة إلى التطورات التي حصلت في معظم أساليب السباكة لتحسين الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمسبوكات. أن مجال هذه الحقيبة لا يتسع للخوض في كل هذه التطورات، إلا أن نظرة عامة إلى بعض أساليب السباكة الحديثة نوعاً ما قد تعطي المتدرب فكرة عن مدى هذه التطورات . وفيما يلي الأساليب الحديثة للسباكة والتي لكل أسلوب منها مزاياه ومجاله الخاص للاستعمال، مع العلم أن كل أسلوب ينتج تحسينات معينة في خواص معينة.

١ - السباكة في قوالب دائمة

وتعني سباكة المعادن في قوالب دائمة مسخنة مسبقاً ومصنوعة من بعض السبائك المعدنية. ومن السبائك المستعملة لصناعة هذه القوالب الصلب والحديد الزهر الرمادي وبعض سبائك الألمنيوم بينما يجهز القلب من الرمل أو الفولاذ المقاوم للحرارة.



شكل رقم (٨ -٢) السباكة في القوالب الدائمة

ومن مزايا السباكة في القوالب الدائمة ما يلي:

أ -إمكانية استعمال القالب الدائم لعدد كبير من المسبوكات.

ب - إمكانية السيطرة على مقاسات المسبوك بدقة أكبر مما في السباكة الرملية.

ج - الانجاز السطحي للمسبوكات يكون افضل من مسبوكات السباكة الرملية.

د - اختفاء عدد من العيوب التي تحدث في مسبوكات السباكة الرملية.

بينما أهم عيوب السباكة في القوالب الدائمة ما يلي:

أ -محدودية أنواع السبائك والمعادن الممكن سباكتها بهذه الطريقة استناداً على قابلية معدن القالب لتحمل درجات الحرارة العالية.

ب - إن الاختلاف في سرعة تبريد المعدن المنصهر يسبب بعض المشاكل مثل الجهود الحرارية التي قد تسبب التشققات حيث إن المعدن المنصهر الذي يلامس جدران القالب المعدني سوف يجمد بسرعة أكثر من المعدن الذي يكون بعيداً عن جدران القالب.

٢ - السباكة في القوالب الدائمة تحت الضغط:

وهي شبيهة بالأسلوب المذكور أعلاه، مع الاختلاف في أن المعدن المنصهر سوف يضغط إلى داخل فراغ القالب بواسطة مكبس يعمل تحت ضغط الهواء أو السوائل. ومن المعادن والسبائك التي تسبك عادة بهذه الطريقة هي معادن الخارصين وسبائكه والألمنيوم والنحاس والرصاص.

ومن مزايا السباكة في القوالب الدائمة تحت الضغط ما يلي:

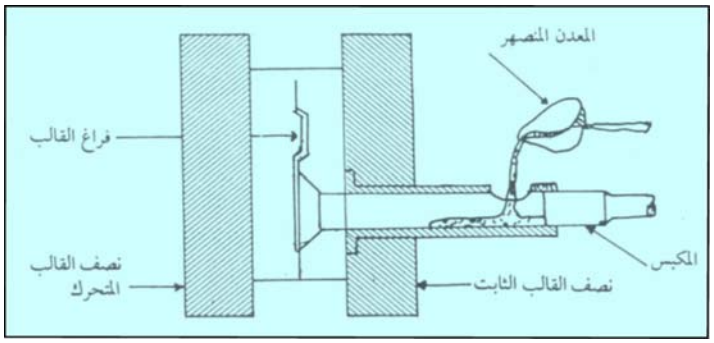
أ -الدقة العالية في المسبوكات مع سرعة عالية في الإنتاج.

ب - بالإمكان سباكة المسبوكات الرقيقة المقاطع والمعقدة الأشكال

ج - تحسن عالٍ جداً في الإنجاز السطحي للمسبوكات.

د - اختفاء عدد أكبر من العيوب التي تحدث في السباكة الرملية.

هـ - ارتفاع في مقاومة ومتانة المسبوكات.



شكل رقم (٩ -٢) السباكة في القوالب الدائمة تحت الضغط

أما عيوب السباكة في القوالب الدائمة تحت الضغط فكما يلي:

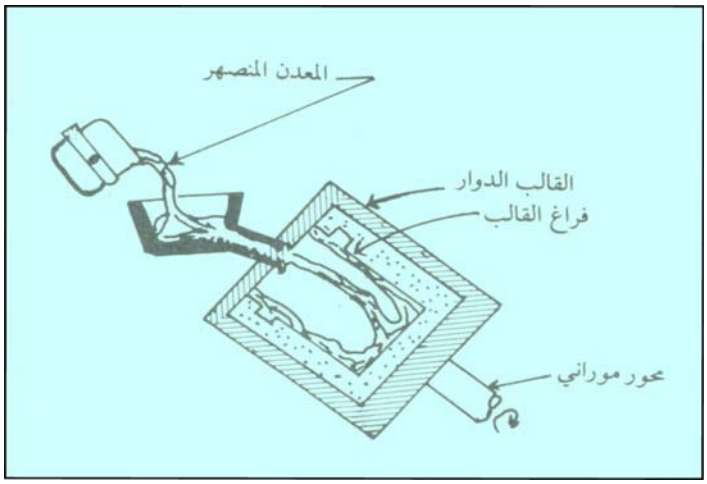
أ- ارتفاع تكاليف صناعة القوالب وصيانتها.

ب- محدودية السبائك الممكن سباكتها بهذه الطريقة.

٣ - السباكة بالطرد المركزي:

وهي عبارة عن صب أو سباكة المعادن المنصهرة في قوالب دوارة. ويتم تجمد المعدن على جدران القالب الدوار أثناء عملية الدوران. وبالإمكان صناعة القوالب من الرمل أو المعدن أو الجرافيت أو من مزيج من هذه المواد. ويمكن استعمال هذه الطريقة للمسبوكات من المعادن الحديدية واللاحديدية على حد سواء. وتعتبر الأنابيب ذات الأقطار والأطوال الكبيرة من أهم منتجات هذه الطريقة. من أهم مزايا هذه الطريقة إنتاج المسبوكات الخالية من العيوب إلى حد بعيد ، ومن عيوبها محدودية الشكل والحجم للمسبوكات المنتجة.

ومن أساليب السباكة الأخرى أسلوب الشمع المنفصل بالصهر (الشمع الضائع) وأسلوب القوالب الغلافية والصب في قوالب مصمتة.



شكل رقم (١٠ -٢) السباكة بالطرد المركزي

قبل الانتهاء من هذه الوحدة فإنه لا بد من إلقاء الضوء على أحد العوامل المهمة في سباكة المعادن ألا وهو الحرارة المنتقلة خلال الدورة الكاملة لعملية السباكة منذ صب المعدن المصهور وحتى تبريده إلى درجة حرارة الغرفة (٢٤ -٢٥°م). فمعدل انتقال هذه الحرارة أو بمعنى آخر الزمن المطلوب لتجمد المعدن داخل القالب تؤثر عليه عوامل عديدة منها نوع المعدن، خواصه الحرارية ونوع وشكل القالب. زمن التجمد هو معادلة في حجم المصبوب ومساحته السطحية وهو ما يعرف بقانون شفورينوفز Chvorinov's rule كمايلي

$$t = C\left(\frac{V}{A}\right)^2$$

حيث إن C = ثابت متعلق بنوعية مادة القالب، وخواص المعدن المصبوب ودرجة الحرارة

V = حجم الجسم المصبوب

A = المساحة السطحية للجسم المصبوب

وبذلك يتضح لنا أن شكل القالب (أو المصبوب) يؤثر بشكل واضح على الزمن اللازم للتجمد لأن الحجم يتناسب مع مكعب بُعد هذا القالب بينما المساحة تتناسب مع مربع هذا البعد.

التدريبات النظرية للوحدة الثانية

١ - ما المقصود بعمليات سباكة المعادن؟

٢ - ماهي الخطوات الأساسية لعملية السباكة الرملية؟

٣ - ما هي أنواع رمال المسبك حسب الاستخدام؟ واذكر اثنتين من خواص الرمل المستخدم وكيفية اختبارها

٤ - ما المقصود بالنموذج، القلب، القالب؟

٥ - اذكر اثنين من أسباب اختلاف النموذج عن المسبوك

٦ - إذا كان طول الجسم المصبوب المنجز $L=400\ mm$ فما هو الطول اللازم للنموذج المستخدم إذا كان المعدن المستخدم من: أ) النحاس ب) حديد الزهر؟

٧ - ما الفرق بين المصب والمصعد؟ وما هي أهمية كلٍ منهما؟

٨ - اذكر اثنين من عيوب مسبوكات السباكة الرملية موضحاً السبب وطريق التخلص منها

٩ - يراد سبك قطعتين معدنيتين من نفس المعدن، الأولى على شكل كرة يبلغ نصف قطرها $r=10cm$ ، والثانية على شكل مكعب طول ضلعه $18cm$. أيهما أسرع تجمداً مع توضيح الحسابات ؟ (حجم الكرة $V=\frac{4}{3}\pi r^3$ ، مساحة الكرة $A=4\pi r^2$)

١٠ - اذكر ثلاث تقنيات مختلفة للسباكة

١١ - اذكر اختبارين من الاختبارات التي تُجرى على الرمل المستخدم في السباكة الرملية

١٢ - يراد سبك قطعتين معدنيتين من نفس المعدن، الأولى على شكل مكعب يبلغ طول ضلعه *30cm*، والثانية على شكل متوازي مستطيلات أبعاده *40 cm x 30 cm x 20 cm*. أيهما أسرع تجمداً مع توضيح الحسابات؟

١٣ - المطلوب سباكة أسطوانة غير مجوفة من الألمنيوم، اشرح أهم الخطوات الضرورية لذلك

١٤ - اشرح طريقة السباكة الدائمة تحت الضغط، وما هي أهم مزاياها وعيوبها؟

بالإضافة إلى أسئلة متعددة ومتنوعة يستطيع المدرب استنباطها من المواضيع المذكورة بهذه الوحدة.

تقنية تشكيل

عمليات تشكيل المعادن في الحالة الجامدة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

عند إكمال هذه الوحدة فإن المتدرب يستطيع التفريق بين عمليات التشكيل الميكانيكي على الساخن والتشكيل الميكانيكي على البارد إضافة إلى كيفية تشكيل الألواح المعدنية ومعرفة الأساليب الجديدة لتشكيل المعادن

الأهداف:

تهدف إلى معرفة عمليات التشكيل الميكانيكي على الساخن

تهدف إلى معرفة عمليات التشكيل الميكانيكي على البارد

تهدف إلى معرفة عمليات تشكيل الألواح المعدنية

تهدف إلى معرفة الأساليب الجديدة في تشكيل المعادن.

الوقت المتوقع للتدريب:

خمس ساعات للتدريبات النظرية

وست عشرة ساعة للتدريبات العملية

الوسائل المساعدة:

المكائن والأجهزة والأدوات الخاصة بجميع التدريبات العملية المرافقة

متطلبات الجدارة:

التعرف على عمليات تشكيل المعادن في الحالة السائلة بالوحدة الثانية

مقدمة الوحدة الثالثة

عمليات التشكيل الميكانيكي تشمل جميع عمليات التشكيل التي تجرى على المعادن والسبائك في الحالة الجامدة أي دون صهرها. وتجرى جميع هذه العمليات تحت تأثير قوى ميكانيكية وباستعمال معدات وأجهزة خاصة تقوم بتأمين هذه القوى وإحداث التغيير المطلوب في أشكال أو هيئات المعادن والسبائك وبالإمكان إجراء هذه العمليات إما على البارد (غالباً في درجة حرارة الغرفة) أو على الساخن (أي في درجات الحرارة المرتفعة). ويجرى التشكيل الميكانيكي تحت قوى أو جهود تتجاوز خضوع المعادن أو السبائك قيد التشكيل، بحيث أن التغيير أو التشوه الحاصل في الشكل سوف يكون لدنا أي دائمياً. ويكون التغيير في الشكل مصحوباً عادة بتغييرات في الخواص الحاصلة في البنية البلورية أو الحبيبية نتيجة التشكيل الميكانيكي. وتعتمد عمليات التشكيل الميكانيكي على خاصية اللدونة الموجودة بالمعدن، وذلك بحدوث انفعال دائم للمعدن عند تعرضه لإجهادات خارجية واحتفاظه بهذا الانفعال بعد زوال هذا الإجهاد. وتزداد هذه الخاصية في المعادن إلى درجة كبيرة عند رفع درجة حرارة المعادن. وفي حالة التشكيل بالتعجن يحدث تغير في الأشكال والأبعاد الأصلية المشغولات حسب الشكل المطلوب. وأهم عمليات التشكيل الميكانيكي ما يلي:

١- الدرفلة (الدلفنة) Rolling
٢- السحب Drawing
٣- البثق Extrusion
٤- الحدادة Forging

وتصنف عمليات التشكيل الميكانيكي، استناداً على درجة الحرارة التي يجري فيها التشكيل، إلى مجموعتين أساسيتين من العمليات:

١ - التشكيل الساخن أو التشكيل على الساخن.
٢ - التشكيل البارد أو التشكيل على البارد

ويجمع أحياناً بين النوعين من التشكيل لغرض الحصول على نتائج معينة. ويقصد بالتشكيل على الساخن التغيير أو التشويه اللدن أي الدائمي الذي ينتج في المعادن نتيجة تأثير قوى أو جهود عليها وهي ساخنة، أي أن درجة حرارتها تكون دائماً فوق درجة حرارة الغرفة بمقادير تختلف باختلاف المعادن والسبائك قيد التشكيل. والتمييز بين التشكيل على الساخن والتشكيل على البارد يستند على درجة حرارة معينة وخاصة بكل معدن أو سبيكة، وتسمى بدرجة حرارة إعادة التبلور. أن درجة حرارة إعادة

التبلور تتراوح بين نصف أو ثلث درجة انصهار هذه المعادن والسبائك. ويمكن القول بأن التشكيل البارد يجري عادة تحت درجة حرارة إعادة التبلور، بينما التشكيل الساخن يجري فوق هذه الدرجة. وقد يجري التشكيل الساخن، استناداً على نوع المعدن أو السبيكة، في درجات أعلى بكثير من درجة حرارة إعادة التبلور، كما هي الحالة مع الصلب.ويمتاز بعض المعادن بكون درجة إعادة تبلورها منخفضة جداً ومقاربة لدرجة حرارة الغرفة أو حتى أقل منها لذلك فإن هذه المعادن لدى تشكيلها في درجة حرارة الغرفة، يعتبر هذا التشكيل تشكيلاً على الساخن. على سبيل المثال، معدن الرصاص والقصدير. ويمكن القول، بصرف النظر عن بعض الشواذ بأنه كلما كانت درجة انصهار المعدن عالية كلما ارتفعت درجة إعادة تبلوره.

عمليات تشكيل الألواح المعدنية سوف يتم التطرق إليها خلال هذه الوحدة حيث تعتبر من عمليات الإنتاج الهامة حيث تصنع أغلب الأدوات المنزلية وكثيراً من الأدوات الكهربائية بواسطة هذه العمليات إما يدوياً أو باستخدام إسطمبات خاصة، وتتم عمليات تشكيل الألواح على البارد. أيضاً الأساليب الجديدة في تشكيل المعادن سوف يتم التطرق إليها في نهاية هذه الوحدة حيث تتميز بسمات معينة عن العمليات المذكورة سابقاً.

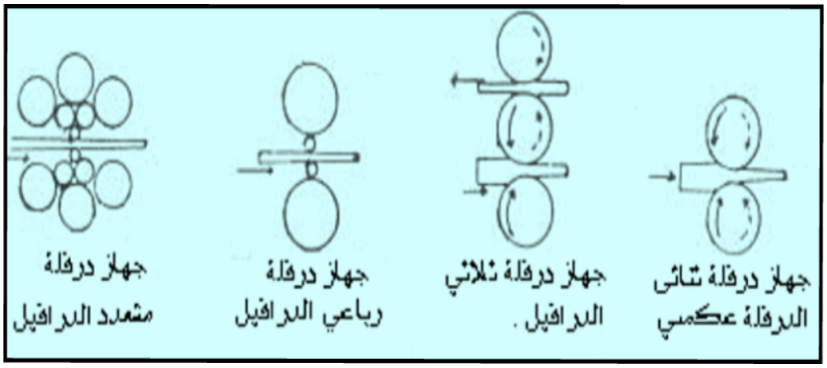
هذه الوحدة تعتبر من أكبر وأهم الوحدات في هذه الحقيبة وتحتوي على أربعة فصول، الفصل الأول يختص بعمليات التشكيل الميكانيكي على الساخن بينما يختص الفصل الثاني بعمليات التشكيل الميكانيكي على البارد والفصل الثالث يختص بتشكيل الألواح المعدنية والفصل الرابع يختص بالأساليب الجديدة في تشكيل المعادن. الوقت المحدد لهذه الوحدة هو خمس ساعات اتصال للجزء النظري وست عشرة ساعة اتصال للجزء العملي.

الفصل الأول: عمليات التشكيل الميكانيكي على الساخن

تستعمل عمليات التشكيل على الساخن بالدرجة الأولى لتشكيل المسبوكات الأولية وتنقل المسبوكات الأولية، مباشرة بعد صبها في القوالب وتجمدها، إلى معامل التشكيل الميكانيكي، ويتم تشكيلها وهي ساخنة أو يعاد تسخينها وذلك لزيادة قابلية المعدن على التشكيل وتتم عملية التشكيل على الساخن (خاصة بالنسبة للصلب وهو في درجة حرارة أعلى من الدرجة الحرجة العليا) كما هو الحال في عمليات الدرفلة والحدادة على الساخن. وتكون قابلية المعدن للتشكيل على الساخن عالية حيث إن خاصية اللدونة للمعادن تزداد بزيادة درجة حرارة المعدن. ومن مميزات التشكيل على الساخن هو إعادة تبلور بنية المعدن، وعادة تستخدم عمليات التشكيل على الساخن في العمليات التي تحتاج إلى تغير كبير في أبعاد وشكل المعدن. وتتم عملية التشكيل على مراحل وذلك على حسب مقدار التشكيل الكلي المطلوب حدوثه للمعدن وقيمة أكبر تشكيل يمكن الحصول عليه في كل مرحلة. وفي أغلب عمليات التشكيل التي تحتاج إلى تغير كبير في الشكل وإلى قوة كبيرة لتغيير شكل المعدن.تتم المراحل الأولى للتشكيل على الساخن حتى يكون شكل المعدن قريباً من الشكل المطلوب، ثم تتم المراحل النهائية للتشكيل على البارد. وذلك للاستفادة من مميزات كل من التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن.

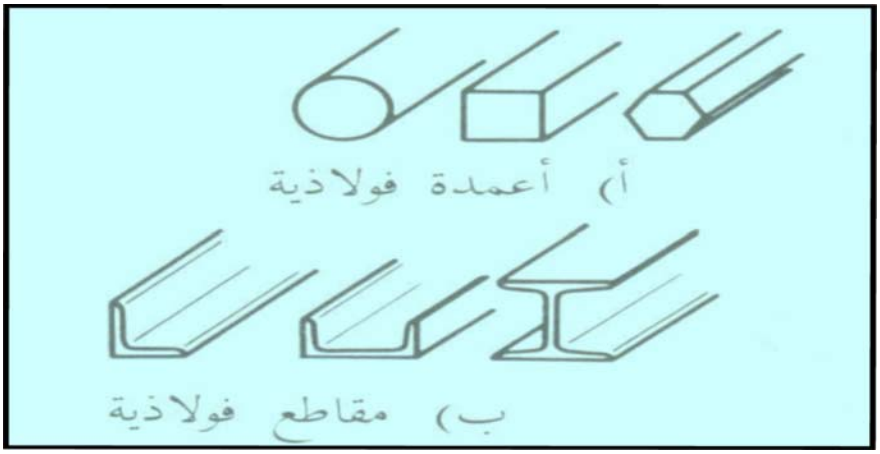
أ -الدرفلة على الساخن.

عبارة عن عملية عصر المسبوكات الأولية بإمرارها بين أسطوانتين مستقيمتين (درفيلين) تدوران آلياً لتحويلها إلى قطع ذات مقاطع مستطيلة أو مربعة وسمك كبير عادة وتستعمل كخطوة أولية لإنتاج أشكال مختلفة من الصلب مثل الصفائح أو الألواح المعدنية ذات السمك المختلف وإنتاج الشرائط المعدنية والقضبان والمقاطع الإنشائية بواسطة أجهزة درفلة خاصة، الشكل (١ -٣) يبين أنواع أجهزة الدرفلة الشائعة الاستعمال.



شكل (١ -٣) أجهزة الدرفلة الشائعة الاستعمال

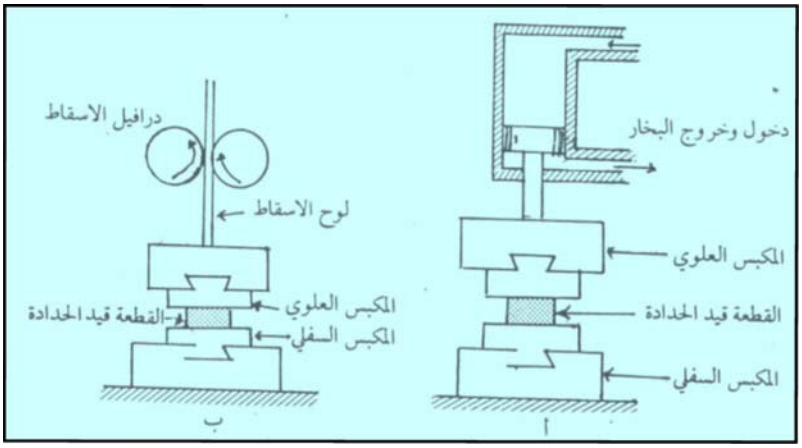
وتجرى عملية الدرفلة عادة بصورة مستمرة وعلى عدد من أجهزة الدرافيل المنتظمة بالتعاقب يؤدي إلى الحصول على المقاطع المطلوبة على مراحل. حيث يجرى في الجهاز الأول تشكيل أو تخفيض في السمك إلى مقدار معين يليه تخفيض على الجهاز الثاني الذي تكون المسافة بين درفيليه أقل من المسافة بين درفيلي الجهاز الأول. وهكذا تستمر عملية الدرفلة إلى أن يتم الحصول على المقطع المطلوب. وبالطبع فإن المحافظة على حرارة المعدن خلال عملية الدرفلة المستمرة ضرورية. وقد يستوجب الأمر إعادة تسخين المعدن لغرض الاستمرار في العملية، حيث إن درجة الحرارة قد تنخفض إلى حد كبير يصعب معه الاستمرار في التشكيل أو قد تنخفض إلى ما تحت درجة حرارة إعادة التبلور فيصبح التشكيل تشكيلاً على البارد وليس على الساخن. وبذلك لا يمكن التوصل إلى النتائج المرجوة من التشكيل الساخن. عند كون عرض القطع المشكلة بالدرفلة كبيراً، فإن الدرافيل قد تتعرض إلى الانحناء أثناء العمل، لذلك يصار إلى إسنادها بدرافيل إضافية تسمى بدرافيل الإسناد.و تسمى الدرافيل التي تقوم بالتشكيل مباشرة بدرافيل العمل. ويزود كل درفيل عمل بدرفيل أو أكثر من درافيل الإسناد، خاصة في عمليات الدرفلة على البارد، حيث تكون مقاومة المعدن للتشكيل عالية جداً. وفي الوقت الذي تدار فيه درافيل العمل آلياً، فإن درافيل الإسناد لا تدار آلياً وإنما تدور بتأثير التماس مع درافيل العمل. وتكون الدرافيل الساندة أكبر قطراً من درافيل العمل.



شكل (٢ -٣) منتجات مدرفلة (مدلفنة)

ب - الحدادة.

الحدادة عبارة عن تشكيل المعادن على الساخن وذلك بكبسها في قوالب تمثل الشكل المراد الحصول عليه. ويجري التشكيل إما باستعمال ضغط عال أو التشكيل بالصدمة بواسطة الطرق بالمطرقة. وتسخين المواد المعدنية لغرض حدادتها إلى درجات حرارة مرتفعة وأعلى من درجات إعادة تبلورها بكثير بحيث أنها تقبل التشكيل بالحدادة بسهولة. والقوالب المستعملة في الحدادة يجب أن تكون مصنوعة من مواد معدنية تحافظ على خواصها في درجات حرارة الحدادة وتحت تأثير القوى المؤثرة عليها. الشكل (٣ -٣) يبين نوعين من الأجهزة المستعملة في الحدادة (أ) الحدادة التساقطية بالجاذبية و (ب) الحدادة التساقطية البخارية.



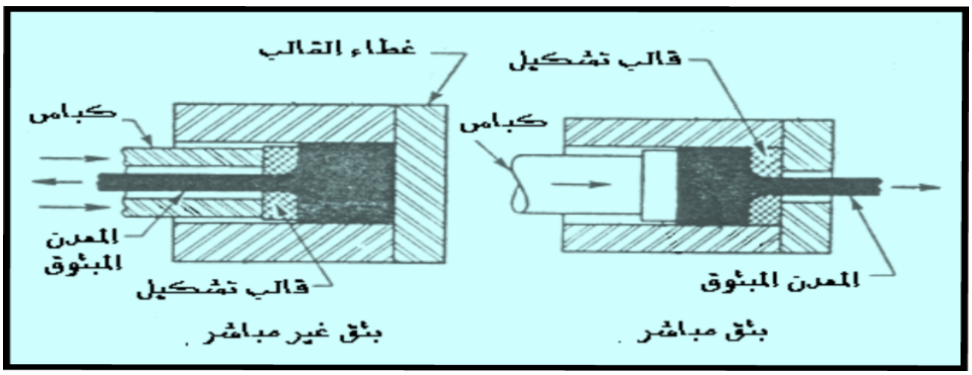
شكل (٣ -٣) بعض أنواع أجهزة الحدادة

وتمتاز أجهزة الحدادة بالبخار بارتفاع كفاءتها بسبب ارتفاع القوة الناتجة من ضغط البخار، بخلاف أجهزة الحدادة بالجاذبية، التي تعتمد على القوة الناتجة من سقوط المطرقة من ارتفاع معين فقط.

وأهم المنتجات التي تصنع بالحدادة الأقراص المسننة على اختلاف أنواعها، وأعمدة الإدارة وحلقات المحامل وعجلات السكك الحديدية وما شابه ذلك.

ج - عمليات البثق

عملية البثق، عبارة عن تشكيل كتلة معدنية مسخنة إلى درجات حرارة عالية تسبياً داخل وعاء يتحرك فيه مكبس يضغط على الكتلة المعدنية ويجبرها على الخروج من فتحة في نهاية الوعاء، فينساب المعدن خلال الفتحة متخذاً شكلها. لذا فإن الفتحة تقوم هنا مقام قالب التشكيل، وبالتحكم في شكلها ومقطعها يمكن إنتاج المنتجات ذات المقاطع المختلفة. وتستعمل عملية البثق بصورة محدودة لتشكيل الصلب، بسبب صعوبة التشكيل وارتفاع درجات الحرارة الضرورية للتشكيل. تنقسم أساليب البثق من حيث طريقة عملها إلى نوعين رئيسيين: البثق المباشر والبثق غير المباشر والشكل (٤ -٣) يبين الأجهزة المستعملة وطريقة العمل لهذين الأسلوبين.



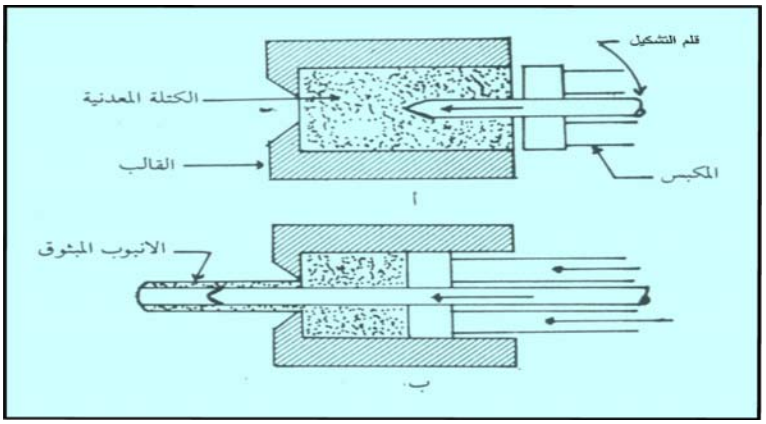
شكل (٤ -٣) عمليات البثق المباشر والبثق غير المباشر

وتعتمد طريقة البثق المباشر على تشكيل الكتلة المعدنية بواسطة مكبس يضغط عليها من جهة، بينما ينساب المعدن خارجاً خلال فتحة القالب الموجودة في النهاية المواجهة من الوعاء، أي أن المعدن ينساب متحركاً في نفس اتجاه حركة المكبس. بينما في طريقة البثق غير المباشر تكون إحدى نهايتي الوعاء مغلقة، ويحتوي المكبس على فتحة القالب في وسطه، بحيث أن الكتلة المعدنية سوف تناسب مخترقة هذه الفتحة في المكبس، أي أن حركة المعدن سوف تكون في الاتجاه المضاد لحركة المكبس، كما يظهر من الشكل (٤ -٣).

يحتاج البثق المباشر إلى قوة أكبر للتشكيل من البثق غير المباشر. إن الكتلة المعدنية في البثق المباشر سوف تحتك بالجدران الداخلية للوعاء، في حين أن الاحتكاك سوف يقل كثيراً في البثق غير المباشر ويكون مقتصراً فقط على الاحتكاك بين جدران فتحة القالب الصغيرة المساحة نسبياً وبين الكتلة المعدنية. ويستعمل التزييت لتخفيف قوى الاحتكاك، وخاصة لتشكيل المعادن الصعبة التشكيل مثل الصلب، الذي يستوجب تشكيلها رفع درجة حرارة التشكيل من جهة وبذل قوى أكبر للتشكيل من جهة أخرى.

عند إنتاج الأنابيب بواسطة عملية البثق، يستعمل الجهاز المبين في الشكل (٥ -٣) حيث يتم تثبيت قلم تشكيل في مركز المكبس. ويقوم قلم التشكيل بخرق الكتلة المعدنية. بينما يقوم المكبس بضغطها باتجاه فتحة القالب في النهاية المقابلة من وعاء التشكيل. وبذلك ينساب المعدن من خلال المجال المتروك بين قلم التشكيل، الذي يساوي قطره الداخلي للأنبوب المراد تشكيله، وبين فتحة القالب، التي يساوي قطرها الخارجي للأنبوب.

من أهم منتجات عمليات البثق القضبان ذات المقاطع المختلفة، والأنابيب الصغيرة الأقطار نسبياً، المقاطع الإنشائية، وظروف الطلقات النارية، وتستعمل عملية البثق لغرض تغليف الأسلاك (الأسلاك الكهربائية على سبيل المثال) بالمواد العازلة مثل اللدائن.

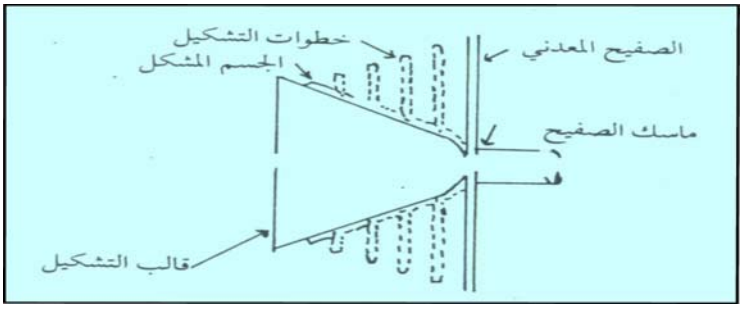


شكل (٥ -٣) جهاز بثق الأنابيب

د - التشكيل الساخن بالدوران.

عمليات التشكيل بالدوران يمكن أن تجرى على الساخن أو على البارد. وهي عبارة عن تشكيل ألواح معدنية بالضغط عليها بواسطة عدة تشكيل، وتدار الألواح خلال التشكيل بواسطة أجهزة تدار

بسرعة عالية، وبالإمكان استعمال المخرطة لهذا الغرض. ويتم ضغط اللوح بواسطة عدة التشكيل على نموذج مثبت على أجهزة الإدارة، حيث يقوم هذا النموذج مقام قالب التشكيل.

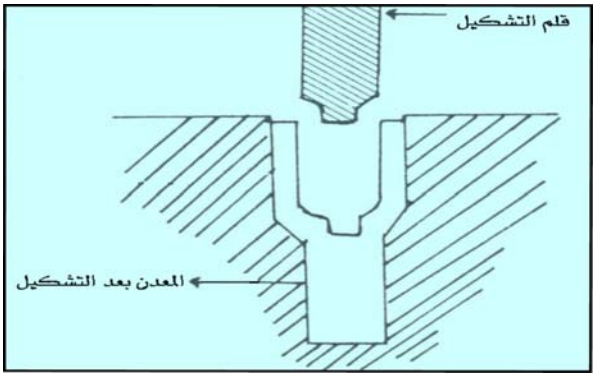


شكل (٦ -٣) التشكيل الساخن بالدوران

وبالإمكان القيام بهذه العملية بضبط عدة التشكيل يدوياً أو آلياً على اللوح المراد تشكيله. وتستعمل عملية التشكيل الساخن بالدوران لإنتاج أوعية الضغط الفولاذية وأغطيتها والأنواع المختلفة من الخزانات.

هـ - التشكيل بالخرق على الساخن.

تستعمل هذه العملية بالدرجة الأولى لتحويل المسبوكات الأولية إلى أنابيب أو أسطوانات ذات جدران سميكة. ويتم التشكيل بضغط قلم تشكيل خلال الكتلة المعدنية الساخنة والموضوعة داخل وعاء أسطواني فينساب المعدن الساخن محيطاً بقلم التشكيل ويملأ الفراغ المتروك بين هذا القلم وجدران الوعاء الأسطواني. والعملية تشبه إلى حد بعيد عملية البثق. وتستعمل معظم منتوجات هذه الطريقة لصناعة الأنابيب والأسطوانات بإجراء عمليات تشكيل إضافية عليها تقلل من سمك جدرانها وتزيد من أطوالهاالشكل (٧ -٣) يبين أسلوب عمل هذه الطريقة.



شكل (٧ -٣) التشكيل بالخرق على الساخن

مزايا وعيوب التشكيل على الساخن:

١ - إن الطاقة الضرورية للتشكيل على الساخن أقل بكثير من الطاقة الضرورية للتشكيل على البارد.

٢ - يطرأ تحسن على بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية.حيث تتحسن خواص المطيلية ومقاومة الصدمة بالإضافة إلى تحسن في مدى تجانس المعادن المشكلة على الساخن.

٣ - التشكيل على الساخن يساعد على التخلص من بعض عيوب المسبوكات الأولية مثل الفجوات والمسامية الغازية، التي تلتحم درجة الحرارة العالية والضغط المستعمل في التشكيل.

لعل من أهم عيوب عمليات التشكيل على الساخن تأكسد السطوح الساخنة بسهولة، وصعوبة السيطرة على أبعاد ومقاسات المنتجات، نظراً للتمدد الحراري الناتج في القطع المعدنية قيد التشكيل الساخن. لذلك فإن معظم منتجات عمليات التشكيل على الساخن تشكل عادة وفي مراحلها النهائية على البارد وذلك لغرض التخلص من العيوب المذكورة أعلاه، بالإضافة إلى تحسين بعض الخواص التي لا يمكن التحكم فيها خلال التشكيل على الساخن. سوف نتطرق إلى ذلك لدى دراسة عمليات التشكيل البارد.

الفصل الثاني: عمليات التشكيل الميكانيكي على البارد

إن عمليات التشكيل التي تجرى في درجة حرارة الغرفة أو في درجة قريبة منها تسمى بالتشكيل على البارد. وبصورة عامة، فإنه بالإمكان تشكيل المواد المعدنية على البارد في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة، حيث إن الحد الفاصل بين التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن هو في درجة حرارة إعادة التبلور، التي تكون عادة ولمعظم المعادن أعلى من درجة حرارة الغرفة.

تتكون المعادن عادة من بلورات من مادة أو أكثر وذلك حسب تركيبها الكيمائي، وتختلف الصورة الموجودة بها بلورات المعدن على حسب نوع المواد الداخلة في تركيبة وعلى حسب درجة الحرارة الموجودة بها المعدن. وتعرف درجات الحرارة الحرجة للمعادن بأنها درجة الحرارة التي يتم عندها تغير الصورة (من ناحية البلورات أو التكوين الكيمائي) التي يوجد عليها المعدن – مثال ذلك – الصلب. فالصلب عبارة عن سبيكة مكونة من مادتين أساسيتين هما الحديد والكربون، وتتكون مكونات الصلب على حسب نسبة الكربون الموجودة به، ففي درجات الحرارة العادية (درجة حرارة الغرفة ٢٠°م) يتكون من مادتين عما الفيريت والبرليت (صلب حتى نسبة كربون أكثر من ٠,٨٧٪) وبارتفاع درجة حرارة الصلب عن درجة حرارة ٧٠٠°م (الدرجة الحرجة السفلى للصلب) تتحول بلورات البرليت الموجودة إلى مادة الأوستنيت. فالمقصود بعملية التشكيل على البارد بأنها عملية التشكيل التي تتم على المعادن وهي في درجة حرارة أقل من درجة حرارتها الحرجة السفلى.

من المعادن التي يمكن تشكيلها على البارد هي: الصلب ذو نسبة الكربون المنخفضة – الألمونيوم وسبائكه – النحاس وسبائكه والرصاص. ويسبب التشكيل على البارد زيادة في صلادة المعدن وزيادة درجة هشاشته كما أنه يسبب في زيادة قوة تحمل المعادن ولكنه يقلل من ممطولية المعدن. وبإجراء عملية التخمير للمعادن المشكلة على البارد تتحسن بعض خواصها الميكانيكية.

أ - الدرفلة على البارد.

عملية الدرفلة على البارد تستند في العمل على نفس الأسس التي تم شرحها لدى دراسة الدرفلة على الساخن، وكذلك الأجهزة المستعملة تتشابه من حيث أسلوب العمل. وتستعمل لعمليات الدرفلة على البارد عادة أجهزة الدرافيل الرباعية أو السداسية حيث إن عنف التشكيل البارد وارتفاع القوة المستعملة للتشكيل يستوجبان استعمال درافيل الإسناد، راجع شكل (١ -٣).

وتستعمل الدرفلة على البارد بالدرجة الأولى لإكمال تشكيل منتوجات الدرفلة على الساخن كمرحلة نهائية وتؤدي الدرفلة على البارد في هذا المجال المهام التالية:

١ - ضبط الأبعاد والمقاسات إلى حد بعيد.

٢ -تحسين المظهر الخارجي وإزالة الطبقات المتأكسدة من المعدن.

٣ -تحسين بعض الخواص الميكانيكية مثل الصلادة ومقاومة الشد.

وتعتبر الصفائح المعدنية الرقيقة جداً (الرقائق المعدنية بسمك يبلغ ٠,٠٠٢ ملم) من أهم منتوجات الدرفلة على البارد، بالإضافة إلى الشرائح والأشرطة والألواح. كما تبرز أهمية الدرفلة على البارد بصورة خاصة في الاستعمال لتشكيل منتوجات الدرفلة على الساخن في المرحلة النهائية وللأسباب المذكورة أعلاه.

خلال عملية الدرفلة على البارد أو على الساخن، فإن الفرق بين السمك الابتدائي والسمك النهائي للوح المدرفل، $(h_o\text{-}h_f)$ ، هو معادلة في معامل الاحتكاك ،μ ، ونصف قطر الدرفيل،R ، كما يلي

$$h_o - h_f = \mu^2 R$$

وهكذا فكلما كان الاحتكاك عالياً وقطر الدرفيل كبيراً كانت النتيجة هي الحصول على نقص كبير في السمك مع الأخذ بالإعتبار بأنه بدون احتكاك فلا يمكن للمعدن المدرفل المرور بين الإسطوانتين. هذا الوضع يشبه استخدام كفرات كبيرة (قطر كبير) بمقاطع خشنة (معامل احتكاك عالي) في الجرارت الزراعية وغيرها من الآلات التي تستخدم في الطرق غير المعبدة.

وكذلك فإن القدرة المطلوبة لكل درفيل لكي تتم عملية الدرفلة المطلوبة يمكن حسابها باستخدام المعادلة التالية

$$Power = \frac{2\pi FLN}{60000}$$

حيث إن F = القوة المؤثرة من الدرفيل على سطح التلامس ووحدة قياسها بالنيوتن (N)

L = طول سطح التلامس بين الدرفيل والقطعة المدرفلة (m)

N = عدد دورات الدرفيل لكل دقيقة (rpm)

ووحدة قياس قدرة الدرفيل المطلوبة هي كيلووات (kW) مع الأخذ بالاعتبار بأنها للدرفيل الواحد فقط. ويمكن حساب طول سطح التلامس بالمعادلة التالية

$$L = \sqrt{R(h_o - h_f)}$$

حيث إن R = نصف قطر الدرفيل (m)

h_o = السمك الإبتدائي للوح المدرفل (m)

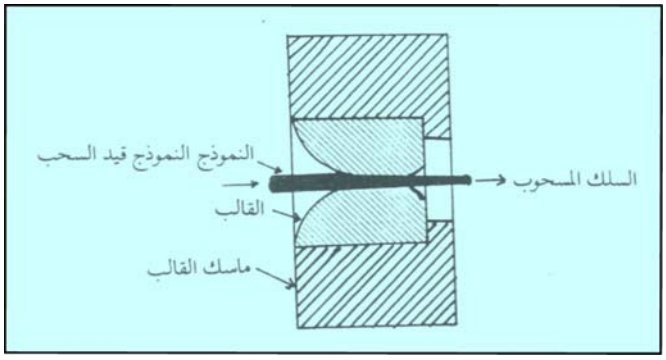
h_f = السمك النهائي للوح المدرفل (m)

ب - عمليات السحب على البارد:

تتضمن تشكيل القضبان المعدنية الكبيرة الأقطار نسبياً إلى الأسلاك بواسطة السحب على البارد، وكذلك تشكيل الصفائح المعدنية إلى أوعية بواسطة السحب العميق. وتعتبر المطيلية العالية من أهم خواص المواد المعدنية التي تؤهلها لعمليات التشكيل بالسحب على البارد. عمليات السحب على البارد تتضمن العمليتين الآتيتين:

١. سحب الأسلاك:

تصنع الأسلاك بالسحب البارد لقضبان مصنوعة بواسطة الدرفلة على الساخن، وذلك بإمرار هذه القضبان على عدة مراحل إلى أن تتحول إلى أسلاك بالأقطار المطلوبة. وتعد القضبان المراد سحبها بدرفلة كتل معدنية على الساخن إلى قطر يساوي حوالي ٥ – ٦ ملم ثم يجرى سحبها بواسطة قوالب السحب إلى الأسلاك. وقبل عملية السحب من الضروري تنظيف القضبان من طبقات الأوكسيد السطحية بمعاملتها ببعض الحوامض. ويستعمل عادة بعض مواد التزييت لتسهيل عملية السحب.



شكل (٨ -٣) عملية سحب الأسلاك

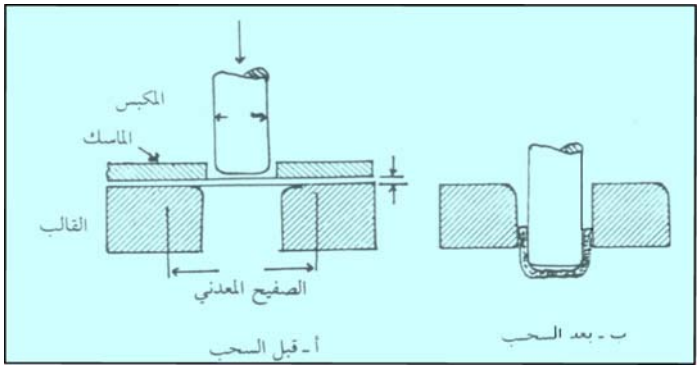
نظراً لازدياد الصلادة نتيجة السحب على البارد، فإن مقاومة المعدن للتشكيل سوف تزداد. وعند تعذر الاستمرار في التشكيل تجرى العملية على مرحلتين: (أ) السحب إلى أدنى قطر ممكن، و (ب)

التسخين أو التخمير لغرض تليين القطعة ومن ثم الاستمرار في السحب. وقد يتكرر تسخين المعدن عدة مرات إلى أن يتم الحصول على القطر المطلوب.

القوالب المستعملة تصنع عادة من مواد معدنية تمتاز بصلادتها ومقاومتها العالية، وأكثرها استعمالاً هو كربيد التنجستن، وقد تستعمل أيضاً قوالب من الماس لبعض الأغراض الخاصة. وتستعمل هذه العملية بشكل واسع لسحب أسلاك من النحاس والألمنيوم والصلب.

٢. **السحب العميق:**

السحب العميق عبارة عن تشكيل صفيح معدني بسمك معين بواسطة مكبس دائري المقطع غالباً يضغط على الصفيح ويكبسه داخل قالب دائري المقطع أيضاً. الشكل الناتج عبارة عن وعاء بسمك يساوى الفرق بين قطر المكبس والقطر الداخلي للقالب. والشكل (٩ -٣) يبين عملية السحب العميق.



شكل (٩ -٣) عملية السحب العميق

بالإمكان إنتاج أوعية ذات أعماق كبيرة، وذلك بإجراء العملية على عدة مراحل، كما في عملية سحب الأسلاك. يتم أولاً التشكيل إلى عمق معين على البارد، ثم يسخن الوعاء الناتج فتزداد ليونته ويتقبل مقداراً إضافياً من التشكيل، فيجرى سحبه مرة أخرى. وقد تتكرر عملية السحب والتسخين عدة مرات إلى حين تحقيق العمق المطلوب. تستعمل عملية السحب العميق بشكل واسع لإنتاج أغلفة أو ظروف القذائف وهياكل السيارات وهياكل الثلاجات وأسطوانات الغاز السائل وأحواض الغسل والاستحمام المنزلية.

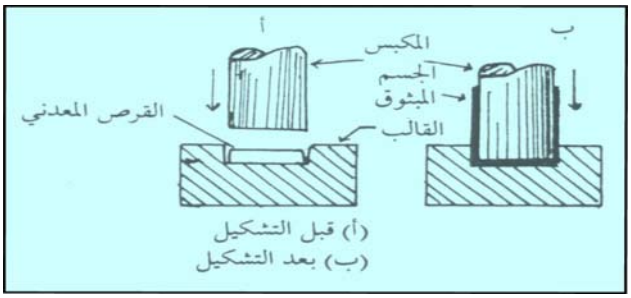
ج - التشكيل البارد بالدوران:

هذه العملية تشبه التشكيل الساخن بالدوران وتستعمل كذلك أجهزة مشابهة وتختلف الطريقتان في أن التشكيل البارد بالدوران يستعمل لإنتاج المنتجات الأصغر حجماً بكثير، كما أن المعادن المستعملة تمتاز بارتفاع لدونتها في درجات حرارة الغرفة. وتمتاز منتوجات هذه الطريقة بارتفاع صلادتها نسبياً وإمكانية الحصول على أبعاد ومقاسات دقيقة إلى حد بعيد، نتيجة كون التشكيل يجري على البارد.

ومن أهم المعادن المستعملة في التشكيل البارد بالدوران هي الألمنيوم والنحاس وسبائكهما. وتستعمل الطريقة أحياناً لتشكيل الصلب المنخفض الكربون. وتستخدم هذه الطريقة بنجاح لتشكيل أدوات وأواني الطبخ والمزهريات والأجهزة العاكسة للضوء.

د - البثق البارد (البثق الصدمي والبثق الضغطي):

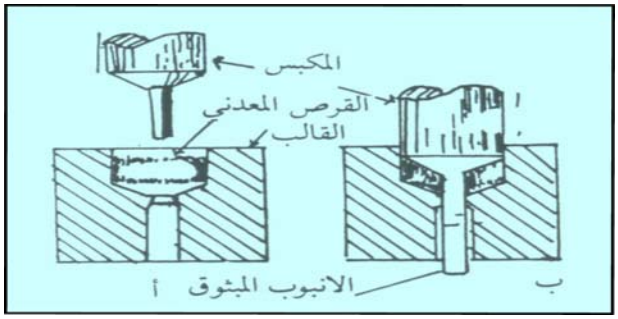
تتلخص عملية البثق الصدمي بتشكيل كتلة معدنية على شكل قرص موضوع داخل قالب قليل العمق بواسطة مكبس يتم إسقاطه على القرص بقوة كبيرة نسبياً. ينساب معدن القرص محيطاً بالمكبس ومتخذاً شكله. ويتم التشكيل بصدمة واحدة. ويتضح من هذا الشكل بأن سمك القطعة المشكله يكون مساوياً للفرق بين قطر القالب والقطر الخارجي للمكبس.



شكل رقم (١٠ -٣) البثق الصدمي.

وتستعمل هذه الطريقة لتشكيل المعادن اللينة مثل الرصاص والألمنيوم والقصدير والنحاس. وتستخدم هذه الطريقة أحياناً لتشكيل بعض المعادن على الساخن، كما هي الحال مع الخارصين الذي يتم بثقة صدميا بعد التسخين إلى حوالي ١٤٠ – ١٨٠°م . وتستعمل الطريقة بشكل واسع لإنتاج الأنابيب أو العلب الرقيقة الجدران نسبياً وبأطوال تصل إلى حوالي ٣٠٠ ملم وأقطار تتراوح بين ١٠ – ١٢٠ ملم. ومن منتوجات البثق الصدمي علب أو أنابيب المعاجين (معجون الأسنان على سبيل المثال) وأغلفة القذائف والطلقات النارية الصغيرة وعلب العقاقير الطبية. وتمتاز عملية البثق الصدمي بالكفاءة الإنتاجية العالية. أن الجهاز المبين في الشكل (١٠ -٣) يستعمل لصناعة العلب أو الأنابيب المغلقة من إحدى نهايتها.

والطريقة المبينة في الشكل (١١ -٣) والمعروفة بطريقة (هوكر) أو البثق الضغطي تستعمل لصناعة الأنابيب المفتوحة النهايتين. ويتم التشكيل بأن يقوم قلم التشكيل المثبت على المكبس بخرق الكتلة أو القرص المعدني ثم كبسه إلى الأسفل، حيث ينبثق خلال الفراغ الذي يترك بين قلم التشكيل وفتحة القالب.

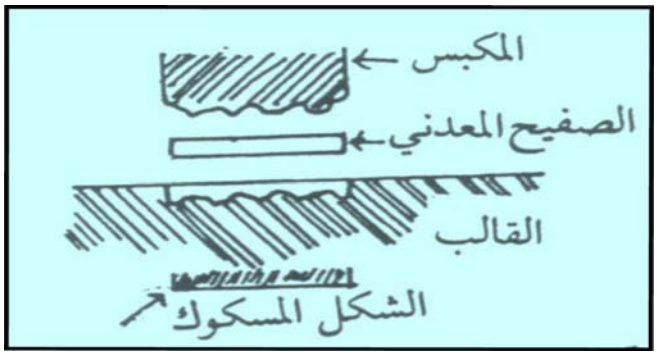


شكل رقم (١١ -٣) عملية بثق الأنابيب

أ)قبل التشكيل ب)بعد التشكيل

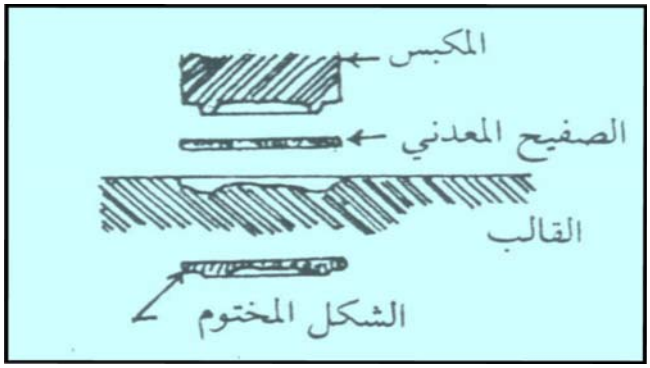
هـ - التشكيل بالسك والختم:

عملية السك عبارة عن تشكيل الكتل أو الأقراص المعدنية الصغيرة نسبياً بكبسها بين مكبسين يحتوى سطحاهما على الهيئة أو الشكل المراد إعطاؤه لوجهي الكتلة أو القرص المعدني. ويصمم القالب الذي يتكون من المكبسين بشكل لا يسمح بانسياب المعدن إلى الخارج. وتستعمل الطريقة بصورة خاصة لتشكيل قطع النقود المعدنية والمداليات وأجزاء الآلات الكاتبة (حروف الطبع) وما شابه ذلك.



شكل رقم (١٢ -٣) التشكيل بالسك

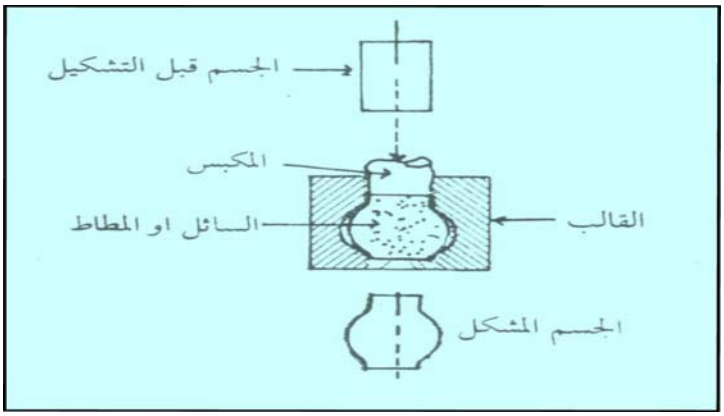
أما عملية الختم، فتستعمل عادة كمرحلة نهائية لإعطاء شكل نهائي لقطعة سبق أن شكلت بطرق التشكيل الأخرى. وليس الغرض من التشكيل بالختم إحداث تغيير كبير في شكل أو هيئة القطعة، بل أنها تقتصر على إحداث تغييرات طفيفة في الشكل وضبط دقيق لأبعاد ومقاسات القطعة المشكلة.



شكل (١٣ -٣) عملية التشكيل بالختم

و -التشكيل بضغط السوائل أو المطاط:

يستعمل التشكيل بضغط السوائل أو المطاط (يسمى أحياناً بالتشكيل بالنفخ) لتوسيع قطر أنبوب أو علبة، مشكلة مسبقاً بإحدى طرق التشكيل، في منطقة معينة من الأنبوب. ويتم التشكيل بوضع الأنبوب المشكل داخل قالب يطابق شكله الأنبوب، مع اتساع في قطره عند المنطقة المطلوبة. ثم يملأ الأنبوب وهو داخل القالب بالماء أو الزيت أو بكتلة مطاطية. يضغط على السائل أو المطاط بواسطة مكبسين فيتم توسيع القطر بتأثير ضغط السائل أو المطاط.



شكل (١٤ -٣) التشكيل بضغط السوائل أو المطاط

مزايا وعيوب التشكيل على البارد:

١ - التشكيل على البارد يسبب ارتفاعاً في الخواص الميكانيكية مثل الصلادة ومقاومة الشد وانخفاضاً في خواص أخرى مثل المطيلية.

٢ - المنتجات المشكلة على البارد تمتاز بإنجاز سطحي ومظهر خارجي جيدين.

٣ - يمكن التحكم بصورة دقيقة في أبعاد ومقاسات المنتجات المشكلة على البارد. لذلك فإن التشكيل على البارد يستعمل كمرحلة نهائية لتشكيل المنتجات المشكلة على الساخن.

٤ - يمكن تشكيل الأشكال الدقيقة (ذات الأبعاد الصغيرة).

٥ - يعطي للمعادن خواص ميكانيكية جيدة وذلك بعد إجراء عملية التخمير.

تعتبر متطلبات الطاقة العالية من أهم عيوب التشكيل على البارد ، بما يستوجب ذلك من استعمال المعدات والأجهزة المصنوعة من مواد معدنية عالية الكفاءة والمقاومة. بالإضافة إلى ذلك فإن مقدار التشكيل الذي يمكن إنجازه تحت قوة أو جهد ثابت في التشكيل على البارد يكون أقل منه في التشكيل على الساخن تحت نفس الجهد. كما أن انخفاض مطيلية المنتجات تعتبر من عيوب التشكيل على البارد.

الفصل الثالث: تشكيل الألواح المعدنية

تعتبر عمليات تشكيل الألواح المعدنية من عمليات الإنتاج الهامة حيث تصنع أغلب الأدوات المنزلية وكثيراً من الأدوات الكهربائية بواسطة هذه العملية إما يدوياً أو باستخدام إسطمبات خاصة، وتتم عمليات تشكيل الألواح على البارد.

أولاً: عمليات التشكيل اليدوي للألواح

تنقسم عمليات تشكيل الألواح إلى العمليات الآتية:

١ - عمليات إعداد وتحضير المواد الخام بالشكل والأبعاد المطلوبة بحيث تشمل هذه العمليات عمليات الأفراد والشنكرة وتجهيز خامات التشغيل، كذلك يمكن في أثناء عمليات التجهيز عمل تجاويف وفتحات وثقوب في المواد الخام، وتدخل عمليات الشطف والتنظيف وقص المواد الخام ضمن الأعداد والتجهيز.

٢ - عمليات التشكيل العامة وتجري بعد تجهيز الخامة بحيث تعطى الخامة شكل المنتج المطلوب، ومن هذه العلميات الثنى والاستطالة والتنعيم والتقبيب.

وتستخدم أدوات تشكيل يدوية لعمليات تشكيل الألواح، وأهم هذه الأدوات ما يلي:

١ - آلات القص والقطع (مثل مقصات القطع – المثاقيب – البراغل... إلخ).

٢ - آلات الطرق والتطريق (مثل المطارق – الذنب – السنابك...إلخ).

٣ - آلات السند والربط (مثل السندال – والزهرات – المناجل...إلخ).

٤ - آلات الثني (مثل الثنايات – الأعمدة المستديرة... إلخ).

٥ - آلات الإعداد والتجهيز والتوقيع (مثل الفرجال – شوكة العلام - الضبعات... إلخ).

٦ - آلات وعدد اللحام (مثل بوري اللحام - كاوية اللحام... إلخ).

وتسبق غالباً تجهيز وإعداد المواد الخام لعمليات التشكيل، عمليات فرد الألواح وجعلها مستقيمة أو مستوية حتى يمكن إجراء عمليات التجهيز عليها. وتتم غالباً عمليات الاستعدال (الفرد) يدوياً أو باستخدام ماكينات خاصة. ودائماً تجري عمليات الاستعدال بعد عملية القطع إذ كثيراً ما تسبب عملية القطع نفسها انحناءات وتشوهات في الخامة.

وفيما يلي أهم العمليات اليدوية التي تستخدم لتشكيل الألواح:

١ - عملية التجهيز والتخطيط:

عملية التجهيز والتخطيط للمنتجات المطلوب تشكيلها، هي عملية رسم وشنكرة شكل أفراد أسطح المنتج على الخامة لتحديدها تمهيداً لقطع هذا الشكل وتشكيله للحصول على المنتج. وتتحدد الدقة في أبعاد المنتج على حسب الدقة التي تتم بها عمليات التخطيط.

وتتم عملية التوقيع بإحدى الطريقتين الآتيتين:

(أ) التوقيع والتخطيط طبقاً للرسومات:

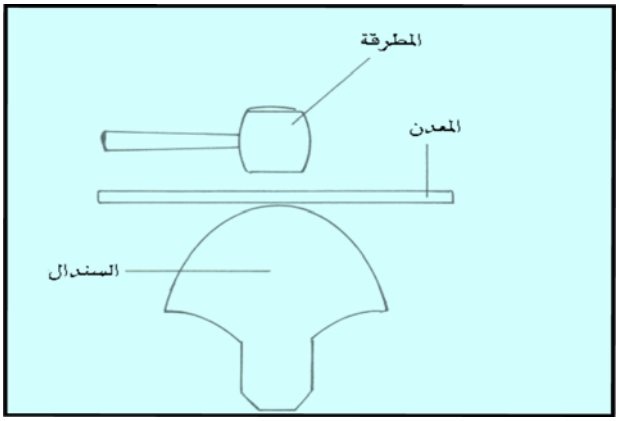
وفي هذه الطريقة تنقل النقط والخطوط والأبعاد من الرسم المعد مباشرة إلى سطح المادة الخام بعد استعداله. وتأخذ هذه الطريقة وقتاً كبيراً لذلك لا تستعمل إلا في حالة إنتاج أعداد صغيرة من المنتج. وتستعمل الأدوات البسيطة للقياس والشنكرة في نقل الأبعاد والأشكال من الرسم إلى سطح المادة الخام ويحتاج هذا العمل إلى دقة عالية ولذلك يجب اتباع الطرق الصحيحة في شنكرة الأسطح بالاستعمال الصحيح للأدوات.

(ب) التجهيز والتوقيع باستعمال الضبعات:

وتعتبر هذه الطريقة أكثر طرق التجهيز والتوقيع استخداماً وخصوصاً في حالة إنتاج أعداد كبيرة من المنتجات. فيتم أولاً تجهيز الضبعات بدقة عالية باتباع طريقة التوقيع والتخطيط طبقاً للرسومات. ثم تستعمل الضبعة بعد إعدادها لتوقيع الشكل المطلوب إنتاجه على سطح المادة الخام مع مراعاة إجراء هذه العملية بعناية ودقة.

٢ - عملية السحب والاستطالة:

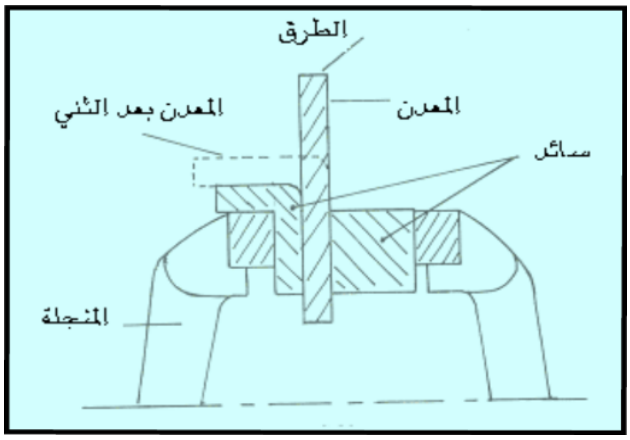
عند إجراء عملية السحب والاستطالة يقل سمك المعدن وتزداد مساحة سطحه وتستخدم في هذه الحالة مطارق ذات رؤوس مقوسة حيث تضغط على المعدن الموجود بين المطرقة والسندال المستخدم ذي سطح بيضاوي ويجب أن يكون الطرق على جزء المعدن الملامس للسندال شكل (١٥ -٣).



شكل (١٥ -٣) السحب والاستطالة

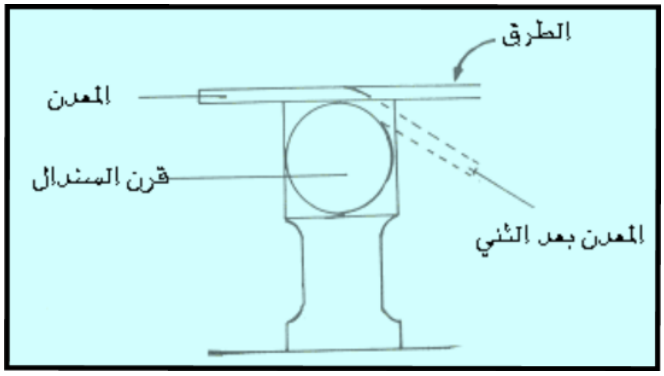
٣ - عمليات الثني والحني:

تتم عملية الثني والحني لإعطاء الألواح المعدنية أشكالاً معينة، وتسمى عمليات أحداث الثنيات الحادة بعملية الثني وعمليات أحداث ثنيات بدوران بعمليات الحني. وتتم عمليات الثني باستعمال المنجلة وذلك بأن تثبت الخامة بين فكي المنجلة ويترك الجزء المراد ثنيه خارجاً منها، ثم يطرق عليه باستخدام مطرقة حتى يأخذ الشكل المطلوب كما هو موضح في شكل (١٦ -٣) ويلاحظ أن يكون الخط المراد عمل الثنيه عنده يكون مطابقاً لطرف فك المنجلة.



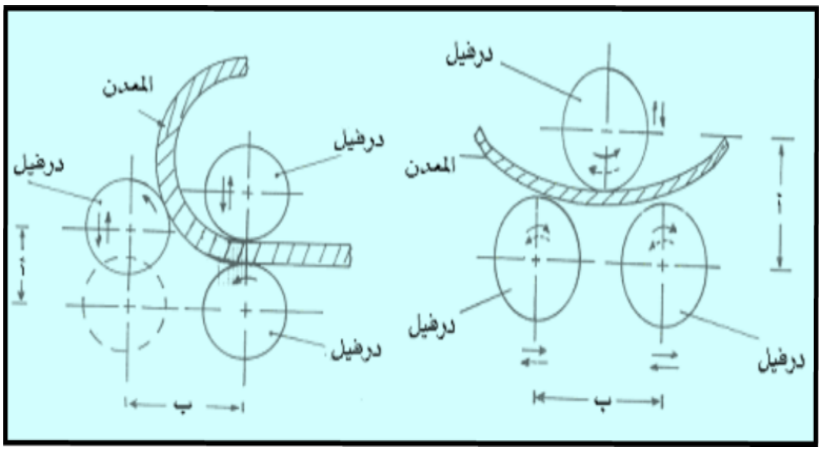
شكل(١٦ -٣) عملية الثني

أما عمليات الحنى فيستخدم لها السندال حيث توضع الخامة على طرف السندال الدائرية (قرن السندال) ثم يطرق على الخامة بالطرقة حتى تنحني ويكون قطر الدوران مساوياً لقطر طرف السندال شكل (١٧ -٣) كما يمكن استخدام أعمدة أسطوانية بدلاً من قرن السندال يكون قطرها مساوياً لقطر الدوران المطلوب وتستخدم هذه الطريقة لتشكيل الأسطح الأسطوانية.



شكل (١٧ -٣) عملية الحني

كما أنه تستخدم أحياناً ماكينات حني خاصة في حالة إنتاج أسطح اسطوانية ذات أقطار كبيرة كما هو الحال في إنتاج البراميل. وتتكون الماكينة من ثلاثة درافيل شكل (١٨ -٣) حيث يتم التحكم في المسافات بين محاور الدرافيل المسافات أ ، ب حسب قطر الدوران المطلوب ويلاحظ في هذه الحالة أن سمك المعدن المراد تشكيله لا يتغير.

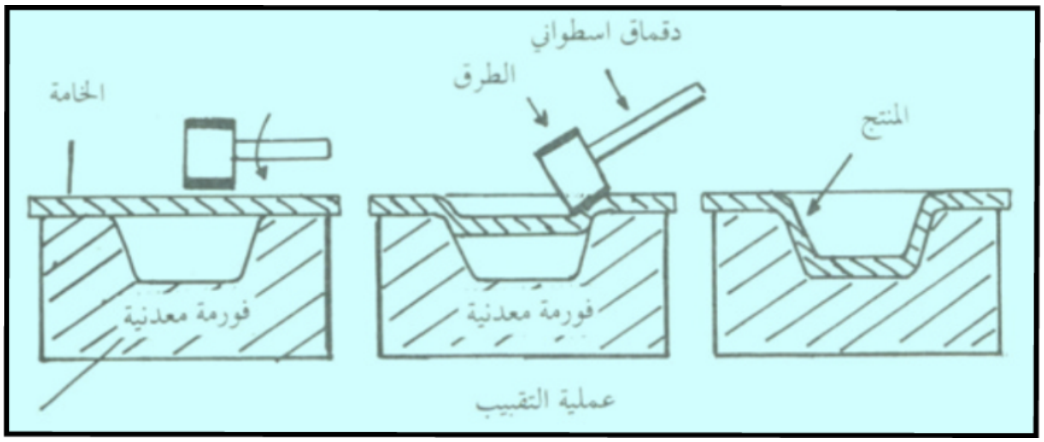


شكل (١٨ -٣) ماكينات الحني

٤ - عمليات التقبيب أو التشكيل الداخلي للألواح:

عملية التقبيب هي عملية تقعير أو عملية تجويف تجري على الألواح المعدنية وهي تتطلب درجة عالية من المهارة، وتتوقف جودة التشكيل فيها على نوع المعدن المراد تشكيله ومدى استجابته للتشكيل. وتجري عملية التقبيب بالاستعانة بفورمة على شكل السطح الداخلي للمنتج المطلوب وهذه الفورمات أما تكون فورمة خشبية أو فورمة معدنية، ويكون حجم المعدن مطابقاً لحجم المنتج مع مراعاة أن سمك

المعدن لا يتغير أثناء التشكيل ثم يوضع المعدن على الفورمة المعدة لذلك ويطرق عليه بدقماق كمثرى الشكل أو أسطواني حسب الشكل المنتج المطلوب. كما يمكن عمل عمليات التقبيب باستخدام السندال بحيث يكون شكل السندال مناسباً لعمل التجويف المطلوب وشكل (١٩ -٣) يبين خطوات إنتاج شكل مقعر باستخدام فورمة معدنية ودقماق أسطواني.



شكل (١٩ -٣) عملية التقبيب

٥ - عمليات التنعيم:

تجري عمليات التنعيم على الألواح بعد تشكيلها، حيث إن عمليات التشكيل تجعل أسطح المنتجات غير منظمة وغير ناعمة، كما أن عمليات الطرق تترك أثاراً على سطح المنتجات.

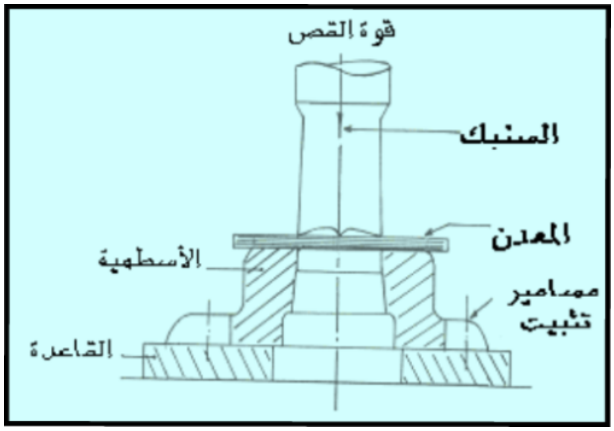
وتجرى عمليات التنعيم باستعمال مطارق، وسندالات خاصة ذات أسطح ملساء ويستعمل الدقماق الخشبي أو اللين في عمليات التنعيم، ويجب ملاحظة أن يكون الطرق خفيفاً حتى لا يؤثر على شكل المنتج.

ثانياً: عمليات التشكيل بالإسطمبات (المكابس) Press Work

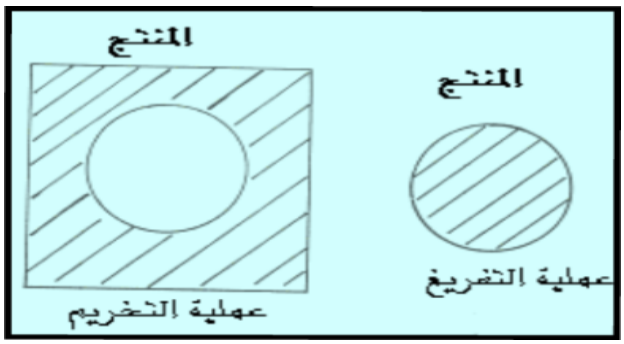
المقصود بالتشكيل بالإسطمبات هو كبس المادة المراد تشكيلها بين جزئي الإسطمبة(السنيك والإسطمبة)، ويوجد نوعان من عمليات التشكيل بالإسطمبات.

(أ) النوع الأول: ويعتمد على تشكيل المادة بواسطة قصها حسب الشكل المطلوب مثل عملية التخريم Piercing والتفريغ Blanking وتكون القوة المستخدمة في هذا النوع من التشكيل مساوية أو أكبر من القوة اللازمة لقص المعدن.

في التفريغ أو التخريم، توضع المادة المراد تشكيلها بين الإسطمبة والسنبك (شكل ٢٠ -٣) ويتحرك السنبك إلى أسفل بالقوة اللازمة لقص المادة (قطعها) وتعتبر العملية عملية تفريغ، إذا كان المنتج هو الجزء المقطوع من المعدن له نفس شكل السنبك، وفي هذه الحالة يكون أبعاد السنبك أقل من الأبعاد المطلوبة للمنتج بقيمة سماح التمدد الخاص للمعدن المستخدم بعد عملية القص. وتعتبر العملية عملية تخريم، إذا كان المنتج هو الجزء المتبقي من المعدن بعد كبسه شكل (٢١ -٣) وفي هذه الحالة تكون أبعاد السنبك أكبر من الأبعاد المطلوبة للفراغ المتكون بقيمة سماح التمدد الخاص للمعدن المستخدم (في هذه الحالة يعتبر انكماشاً).



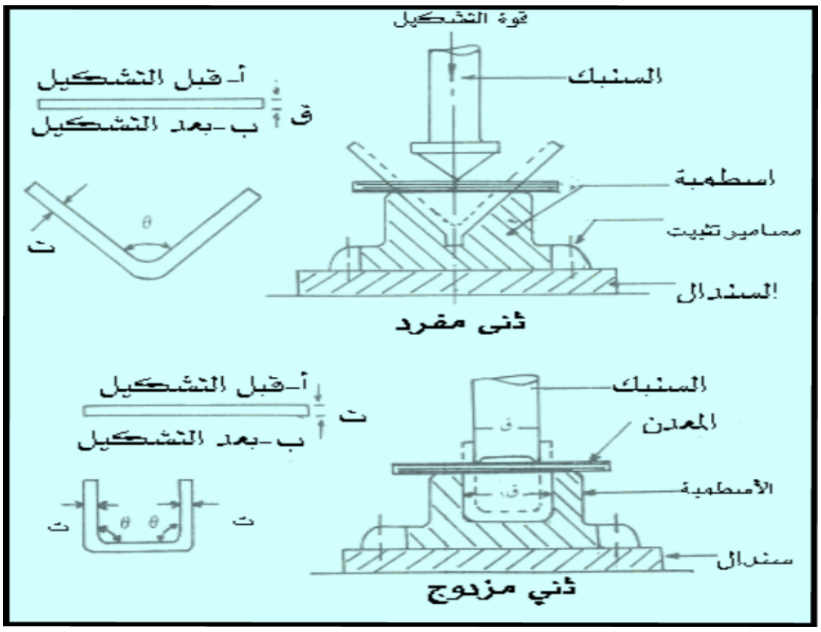
(شكل ٢٠ -٣) أجزاء عملية التفريغ أو التخريم



(شكل ٢١ -٣) عملية التفريغ والتخريم

(ب) النوع الثاني: ويعتمد على تشكيل المادة بواسطة ثنيها أو سحبها، ولا يحدث قص للمعدن مثل عملية الثني Bending والسحب العميق Deep drawing ويلاحظ أن القوة المستخدمة في هذا النوع مساوية لقوة التشكيل اللازمة، وتكون أقل كثيراً من قوة قص المادة.

حيث في عملية الثني يتم ثني المعدن وذلك بضغطه بين الإسطمبة والسنبك بالقوة اللازمة لعملية تشكيله ويوجد نوعان، عمليات ثني مفرد أو عمليات ثني مزدوج شكل (٢٢ -٣).



شكل (٢٢ -٣) عملية الثني المفرد والمزدوج

الفصل الرابع : أساليب جديدة لتشكيل المعادن

قبل الانتهاء من عمليات التشكيل الميكانيكي للمواد المعدنية، لابد من الإشارة إلى بعض العمليات الخاصة والمستحدثة لتشكيل المعادن. أن هذه العمليات، والتي تمتاز عادة بتكاليفها الباهظة وحاجتها إلى أجهزة معقدة أحياناً، تستعمل عادة لتشكيل المواد المعدنية التي لا يمكن بالأساليب الآنفة الذكر، أو على الأقل يصعب تشكيلها بهذه الأساليب. ومن ناحية أخرى، فإن هنالك منتوجات ذات مواصفات خاصة قد لا يمكن تشكيلها بالطرق الاعتيادية للتشكيل فتنتج عادة بالطرق التي سنتطرق إليها فيما يلي بصورة مختصرة.

أولا - تشكيل مساحيق المعادن:

لقد استعملت هذه الطريقة أساساً لتشكيل المعادن والسبائك التي لا يمكن تشكيلها بعمليات التشكيل الميكانيكي أو عمليات التشغيل، مثل معادن التنجستن والموليبدنيوم وسبائكها (وخاصة كربيد التنجستن وكربيد المولبيدنيوم ذو الصلادة الفائقة ودرجات الانصهار المرتفعة). ثم اتسع استعماله إلى أن أصبح يشمل عدداً كبيراً من المعادن والسبائك الواسعة الانتشار مثل الصلب والألمنيوم والنحاس وسبائكهما.

تتلخص عملية تشكيل مساحيق المعادن بالخطوات التالية:

أ - تحضير مساحيق المعادن.

ب - كبس المساحيق بواسطة مكابس في قوالب تعطي المسحوق الشكل أو الهيئة المطلوبة.

ج - تحميص أو تلبيد المنتجات المكبوسة وذلك بتسخينها إلى درجات مرتفعة نسبيا.

ويجري تحضير المساحيق المعدنية إما بالطرق الميكانيكية (الطحن، التفريز، البرادة) أو بالطرق الكيماوية (المساحيق الناتجة من بعض التفاعلات الكيماوية). وهناك طرق أخرى أكثر تعقيداً. ولغرض الحصول على خواص معينة من المنتجات يصار إلى خلط أو مزج مساحيق من معادن مختلفة.

أما الكبس إلى الشكل المطلوب فيجرى بواسطة مكابس في قوالب تمتاز بالمتانة والمقاومة العالية. وخلال كبس المسحوق تقل الفراغات الموجودة بين جسيمات المسحوق ويحدث بعض التماسك بينها.

والتحميص أو التلبيد بتسخين منتوجات الكبس إلى درجات حرارة عالية نسبياً، إلا أنها تكون دائماً أقل من درجة انصهار معدن المسحوق أو درجة انصهار المعادن المشتركة في تركيب المسحوق. ويؤدي

التحميص إلى التحام قوي بين جسميات المسحوق مسبباً ارتفاع كثافة المنتوج ومقاومته. ولابد من الاختيار المناسب لدرجة حرارة التحميص والوقت اللازم له، لإنتاج المنتجات ذات الجودة العالية.

ولعل عرضاً مبسطاً لبعض منتوجات هذه الطريقة يعطي فكرة عن أهميتها وأهمية مجالات استعمالها.

أ - المحامل الذاتية التزييت:

تستعمل هذه المحامل في الأجزاء من المعدات والأجهزة التي يصعب تزيتها خارجياً. وتصنع هذه المحامل بكبس وتحميص مزيج من مساحيق النحاس والقصدير مع إضافات معينة من مسحوق الجرافيت. ثم تشبع المنتجات بالزيت بالغطس، حيث ينفذ إلى المسامات الموجودة فيها. وتكون كميات الزيت الممتصة كافية لاستعمال هذه المحامل لفترات زمنية طويلة دون الحاجة إلى تزييت خارجي. ويكثر استعمال هذه المحامل في الغسالات والثلاجات وصناعة السيارات.

ب - المرشحات المعدنية:

تصنع المرشحات المستعملة في تنقية الوقود السائلة مثل البنزين والنفط والزيوت، والتي يكثر استخدامها عادة في مكائن الاحتراق، من بعض المواد الخزفية أو السيراميك. إلا أن المرشحات المصنعة من مساحيق المواد المعدنية تمتاز على هذه بارتفاع متانتها ومقاومتها للصدمات، بالإضافة إلى مقاومتها الجيدة للحرارة العالية. وتصنع هذه المرشحات عادة من مزيج من مساحيق النيكل والبرونز (سبيكة من النحاس والقصدير).

ج - أسلاك المصابيح الكهربائية ورؤوس أقلام القطع:

وتصنع من مسحوق معدن التنجستن، الذي يكبس ويحمص إلى هيئة قضيب ثم يتم سحبه إلى السلك المستعمل في المصابيح الكهربائية. أما رؤوس أقلام القطع (أقلام الكربيد) فتصنع من مزيج من مساحيق معدن التنجستن والكربون.

ويجرى تسخين المزيج قبل الكبس في درجة حرارة عالية قد تصل إلى ١٥٠٠م، فينتج كربيد التنجستن الذي يحول ثانية إلى مسحوق يتم كبسه وتحميصه. كربيد التنجستن يمتاز بصلادته الفائقة، ومن هنا استعماله في أقلام قطع المعادن ورؤوس المثاقب.

مزايا وعيوب عملية تشكيل مساحيق المعادن:

تمتاز عملية تشكيل مساحيق المعادن عن غيرها من عمليات التشكيل بما يلي:

١ - أن منتوجات هذه العملية لا تحتاج إلى عمليات إضافية للتشكيل أو التشغيل، حيث يمكن استعمالها مباشرة.

٢ - خطوات إنتاج المنتجات سهلة وذات كفاءة إنتاجية عالية.

٣ - تتوفر إمكانية إنتاج منتوجات لا يمكن تشكيلها أو تكون صعبة التشكيل بالطرق الاعتيادية للتشكيل والتشغيل (انظر الأمثلة المذكورة أعلاه).

٤ -تتوفر إمكانية كبيرة لتغيير التركيب الكيمياوي للمنتوجات عن طريق التحكم في مزيجات المساحيق، وبالتالي توفر الإمكانية في الحصول على الخواص المتباينة

ومن أهم عيوب هذه العملية:

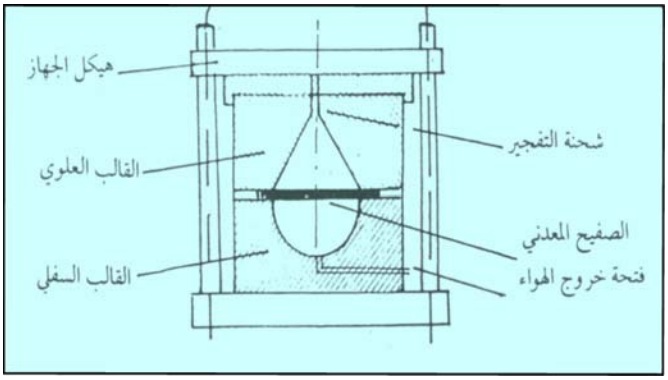
١ - صعوبة إنتاج المنتجات ذات الأشكال أو الهيئات المعقدة.

٢ -معظم منتوجات هذه الطريقة تكون ذات مقاومة ومتانة أقل من منتوجات عمليات التشكيل الأخرى.

٣ -ارتفاع تكاليف صناعة القوالب والمكابس المستعملة في العملية.

ثانيا - عملية التشكيل الفائقة السرعة والطاقة، أو عملية التشكيل بالمتفجرات:

تستعمل هذه الطريقة لتشكيل المعادن والسبائك الفائقة الصلادة، والتي يكون تشكيلها بالأساليب الآنفة الذكر صعوبة بالغة. على سبيل المثال معدن التيتانيوم وسبائك الصلب العديم الصدأ وبعض سبائك الألمونيوم. وتستغل هذه الطريقة المقدار الهائل من التشكيل الذي يحدث بسهولة في المواد المعدنية، لدى تعرضها إلى قوة تشكيل تؤثر عليها بسرعة هائلة، وتوجد طرق عديدة لهذه العملية، نكتفي بشرح واحدة منها. الشكل (٢٤ -٣) يبين مثالاً على عملية التشكيل بالمتفجرات، يتكون الجهاز من قالب متين جداً يحتوي على فراغ يمثل الجسم المطلوب تشكيله. ويتصل فراغ القالب بقناة ذات قطر صغير نسبياً تعمل على تسريب الهواء إلى الجو الخارجي.



شكل (٢٣ -٣) عملية التشكيل بالمتفجرات

يوضع الصفيح المعدني المراد تشكيله على فوهة القالب، ثم يثبت عليه وعاء مملوء بسائل، الماء مثلا وتعلق شحنة متفجرة قوية (يستعمل الديناميت) في الوعاء الحاوي على السائل، كما في الشكل رقم (٢٤ -٣) عند تفجير الشحنة تتولد موجة قوية جداً داخل السائل الذي يرتطم بقوة هائلة بالصفيح المعدني ويدفعه إلى فراغ القالب متخذاً شكله.

تستعمل هذه العملية لتشكيل المنتجات ذات الأحجام الكبيرة والتي تمتاز بالصلادة الفائقة. والعملية تشبه إلى حد بعيد عمليات السحب العميق وتحل محلها في كثير من الاستعمالات.

التدريبات النظرية للوحدة الثالثة

١. اذكر ثلاثا من عمليات تشكيل المعادن في الحالة الصلبة (الجامدة) وعرف كل منهم، حدد إذا كانت تتم على الساخن أو على البارد أو كليهما معاً، اذكر أهم منتجات كل منهم

٢. ما المقصود بالتشكيل الساخن والتشكيل البارد للمعادن. ما الفرق الأساسي بين النوعين؟

٣. ما هي أهم عيوب عمليات التشكيل على الساخن وعمليات التشكيل على البارد؟

٤. ما المقصود بعملية الحدادة مع تصنيفها استناداً على درجة الحرارة واذكر أهم منتجاتها وما هي أساليبها؟

٥. ما هي عملية الدرفلة؟ ما هي أنواع أجهزة الدرفلة؟ ما هي أهم منتجات الدرفلة على الساخن؟

٦. ما هي أهم مميزات الدرفلة على البارد؟ وما هي أهم عيوبها؟

٧. إذا كان معامل الاحتكاك في عملية درفلة أولية هو ٠,٣٠ وأن قطر الدرفيل هو ٥٠ سم والسمك الأصلي للوح المدرفل يبلغ ١٠ سم فما هو السمك النهائي للوح المدرفل؟

٨. لوح من الصلب سمكه الابتدائي ٢٥م تمت درفلته إلى سمك نهائي بقيمة ٢٠م. نصف قطر الدرفيل المستخدم هو ٣٠٠م والدرفيل يدور بسرعة ١٠٠ دورة في الدقيقة (rpm). فإذا كانت قوة الدرفيل المستخدمة تبلغ ١٦٠٠ كيلو نيوتن (kN) فأوجد ما يلي:

أ) طول سطح التلامس بين الدرفيل واللوح المدرفل؟

ب) القدرة المطلوبة لإتمام عملية الدرفلة لكل درفيل؟

٩. اذكر الأنواع الأربعة من طرق بثق المعادن مع تصنيف كلٍ منهم استناداً على درجة الحرارة، ما هي أهم المعادن المستخدمة في عملية البثق؟ واذكر بعض المنتجات المبثوقة؟

١٠.اشرح العمليات الضرورية لإنتاج أنبوب صغير من معدن لين يحتوي انتفاخا (اتساعا في القطر) في وسطه

١١.يريد أحد المصانع إنتاج قضبان مربعة المقطع بطول ضلع مقداره ٣٥ سم بطريقة البثق وذلك باستخدام قضبان ذات مساحه مقطع دائرية يبلغ نصف القطر فيها ٣٠ سم إذا كان طول احد هذه القضبان ١٥٠ سم أوجد طول القضيب المربع الناتج عن عملية البثق؟ (في جميع عمليات التشكيل في الحالة الجامدة فإن الحجم الكلي يبقى ثابتاً قبل وبعد عملية التشكيل بالرغم من تغير المساحة والطول أي أن $V_1=V_2$ *أو* بمعنى آخر $A_1L_1=A_2L_2$ حيث يزداد طول المعدن نتيجة لنقص مساحة مقطعه وبذلك يصبح لدينا معادلة في مجهول واحد هو L_2)

١٢.اشرح عملية سحب الأسلاك؟ ما هي الخواص الميكانيكية للأسلاك الناتجة؟ ما هي أهم منتجات السحب العميق؟

١٣.يريد أحد المصانع إنتاج قضبان معدنية بطريقة السحب. هذه القضبان قبل عملية السحب لها مساحة مقطع دائرية يبلغ نصف قطرها 5 cm وبعد عملية السحب لها مساحة مقطع دائرية أيضاً ونصف قطر يبلغ 3.5 cm . إذا كان الطول الأصلي هو 1.2 m أوجد الطول النهائي الناتج؟ (في جميع عمليات التشكيل في الحالة الجامدة فإن الحجم الكلي يبقى ثابتاً قبل وبعد عملية التشكيل بالرغم من تغير المساحة والطول أي أن $V_1=V_2$ *أو* بمعنى آخر $A_1L_1=A_2L_2$ حيث يزداد طول المعدن نتيجة لنقص مساحة مقطعه وبذلك يصبح لدينا معادلة في مجهول واحد هو L_2)

١٤.لماذا تشكل المنتجات على البارد في مراحل إنتاجها النهائية؟

١٥.ما المقصود بعملية تشكيل مساحيق المعادن؟ عدد خطواتها، ما أهم ميزات هذه الطريقة وعيوبها مقارنة مع الطرق الأخرى الاعتيادية للتشكيل؟

١٦.اشرح عملية التشكيل الفائقة السرعة؟ وبماذا تمتاز منتجات هذه الطريقة؟

١٧.اشرح عملية الخرق على الساخن؟ وما أهم منتجاتها؟

١٨.ما المقصود بدرجة حرارة إعادة التبلور؟ وما هي أهمية معرفتها؟

١٩.اشرح عملية التشكيل البارد بالدوران؟ عدد مزاياها واستخداماتها؟

٢٠.كيف تصنع الأنابيب بعملية البثق؟ وضح إجابتك بالرسم؟

بالإضافة إلى أسئلة متعددة ومتنوعة يستطيع المدرب استنباطها من المواضيع المذكورة بهذه الوحدة.

تقنية تشكيل

اللدائن

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

عند إكمال هذه الوحدة فإن المتدرب يستطيع التفريق بين أنواع اللدائن المختلفة وطرق تشكيلها

الأهداف:

تهدف إلى معرفة أنواع اللدائن (اللدنة بالحرارة والصلدة بالحرارة)

تهدف إلى معرفة طرق تشكيل اللدائن

الوقت المتوقع للتدريب:

أربع ساعات للتدريبات النظرية

وعشرون ساعة للتدريبات العملية

الوسائل المساعدة:

اتبع التعليمات المذكورة في كل تدريب نظري أو عملي

متطلبات الجدارة:

إنهاء الوحدات الثلاث الأولى

آلات وأجهزة لتشكيل اللدائن

مواد بلاستيكية مختلفة

مقدمة الوحدة الرابعة

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 صناعيا. وهي تنافس اليوم الكثير من المعادن والسبائك المعدنية في المجالات الصناعية المختلفة. يقصد باللدائن المواد المحضرة اصطناعيا 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.

هذه الوحدة تحتوي على فصلين. الفصل الأول يتطرق إلى تعريف اللدائن ومجالات استعمالها ومميزاتها وعيوبها. أما الفصل الثاني فيتطرق إلى تشكيل اللدائن وأساليب تصنيعها.للحصول على المنتج النهائي.

في نهاية هذه الوحدة هناك تدريبات نظرية وتدريبات عملية تشمل تشكيل اللدائن بالكبس والحقن والبثق والنفخ والتشكيل الحراري.

الفصل الأول: 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 جزئ 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 الإيثلين 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 منومر الإيثلين قد أعيد ترتيب ذراته إلى وحدات أصغر (MER) تكون أذرعتها 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 المونمرات ببعضها لتكوين جزئيات كبيرة ذات وزن جزئي مضاعف لوزن المادة الأصلية. ونلاحظ أن التفاعل الكيميائي في البلمرة يتم تحت ظروف من

الحرارة والضغط . والعوامل الكيميائية المنشطة (وهي مواد تساعد على إسراع 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 أذرعة 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 بالثرموبلاستيك 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 الجزئيات في جذب أذرع ذرات أخرى من السلسلة القريبة ، أما الذرات المفقودة فإنها تكّون جزئيات منفصلة وغالباً جزئيات الماء H2O أو أي مركب آخر والذي يتكثف خارجاً من التشكيل البلاستيكي المتبلمر. 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 مونمرات 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 المونومرA والمونومرB فتجد أن إمكانية اتحادها في تراتيب مختلفة قد تكون تبادلياً أو عشوائياً أو تكتلياً وبالتالي فهناك الآن الإمكانيات لإعادة ترتيب جزئيات اللدائن لتكوين بوليمرات مختلفة اعتماداً على كيفية الترتيب، حجم الجزئي والعناصر المكونة له للحصول على خواص مختلفة ودرجات متباينة من النقاء والقابلية للكسر والملمس الشمعي والتبلر ومقاومة الكيماويات ... إلخ

ونذكر الآن أمثلة لبعض المونمرات الشائعة الاستخدام في تكوين مختلف البوليمرات المستخدمة تجارياً بإضافة ذرة عنصر آخر وجزئي مركب آخر إلى السلسلة الكربونية الفقرية 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 والبولي بروبلين والإلكيد والسيليلوز.

٤ - البنزين C_6H_6 سائلى اروماتي (عطري) نقى يدخل في تكوين راتنجات السيترين والبولى يوريثان والنيلون والإكريلونتريل – بيوتاديين إسيترين المعروف بـ ABS

المواد التي تتلدن بالحرارة والتي تتصلد بالحرارة Thermoplastic and Thermosetting

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 والبثق حيث تجمع النفايات البلاستيكية والمنتج غير الصالح ويعاد تكسيرها ثم تشكل مرة أخرى. وترجع هذه الخاصية إلى ضعف قوى الربط بين جزئيات البوليمر المتكون ونلاحظ أن بعض مواد الثرموبرستيك (مواد التلدن بالحرارة) تشتعل عند تعرضها للهب النار 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 تلينها 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 فأننا نجد أن المواد الأكثر شيوعاً واستخداماً هي الأولى لما تتمتع به من خاصية التشكيل.

ولما كانت خواص أي مادة بلاستيكية هي التعبير الظاهر عن طريقة ترتيب الجزئيات ونوعية العناصر المكونة لها وشكل وحجم السلسلة الكربونية فهناك ثلاثة عوامل أساسية تتحكم في إظهار هذه الخواص التي يتميز لها كل نوع من المواد الثلاموبلاستيكية وهي:

١ - النمط الكيميائي.

٢ - الشكل الجزيئي.

٣ - . الترتيب الجزيئي.

ونلاحظ أن المواد الثرموبلاستيكية (مواد التلدن بالحرارة) تكون قابلة للتصنيع بمعظم الطرق المعروفة بينما المواد الثرموسيتنج (مواد التصلد بالحرارة) تحتاج إلى طرق أخرى للتشكيل، وهذا يرجع إلى الخاصية المميزة للمواد الثرموبلاستيكية بإمكانية إعادة تشكيلها بالتسخين دون حدوث تغير كيميائي في تركيبها بينما المواد الثرموسيتنج يكون التفاعل الكيميائي لعملية البلمرة أثناء عملية صناعة المنتج النهائي منها بتأثير الحرارة والضغط والعوامل المنشطة.

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

جدول (١ -٤) 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 والكيماويات – التلوين – 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 التنجيد – تغطية أسلاك الكهرباء وخزانات المواد الكيميائية – التغليف – القوارير
البولي إيثلين	هو المركب الرئيسي للمركبات الكيميائية العضوية المسماة الأوليفنيات وهو واحد من أكثر البوليمرات الثرموبلاستيكية استخداماً في الصناعة	عازل كهربائي – مقاوم للتآكل الكيميائي – عديم الطعم والرائحة – سهل التلوين بمواد شفافة – نصف شفافة - معتمة	مواد العزل الكهربائي والأدوات المنزلية – ألعاب الأطفال والحقائب والأكياس والقوارير ومواد التغليف
البولي بروبلين	هو الراتنج الثاني في مجموعة الأوليفينات	عازل كهربائي ممتاز حتى في درجات الحرارة العالية – ذو أبعاد ثابتة – مرونة ومتانة عالية – عالي المقاومة للماء والكيماويات – 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 والكيماويات ويتأثر بالأحماض القوية – عالي المتانة وسهل التشكيل والتشغيل	صناعة المنسوجات – وشباك الصيد – أغطية اللمبات الداخلية للسيارات لشفافيته – الأمشاط

جدول (٢ -٤) مواد التصلد بالحرارة (الثرموسيتنج):

وجه المقارنة / المثال	التعريف	الخواص	الاستخدام
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 – الحقائب 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 – ثباتية 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 وعيوب اللدائن (البلاستيك):

يوجد للمواد البلاستيكية مزايا وعيوب 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 والبثق 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.

الفصل الثاني: 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 لينا وقابلاً للتدفق.

٣ - يدفع الراتنج المتدفق خلال الفوهة إلى تجويف القالب.

٤ - عندما يبرد القالب فينفصل نصفيه متباعدين.

٥ - يطرد المنتج النهائي من القالب.

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

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.

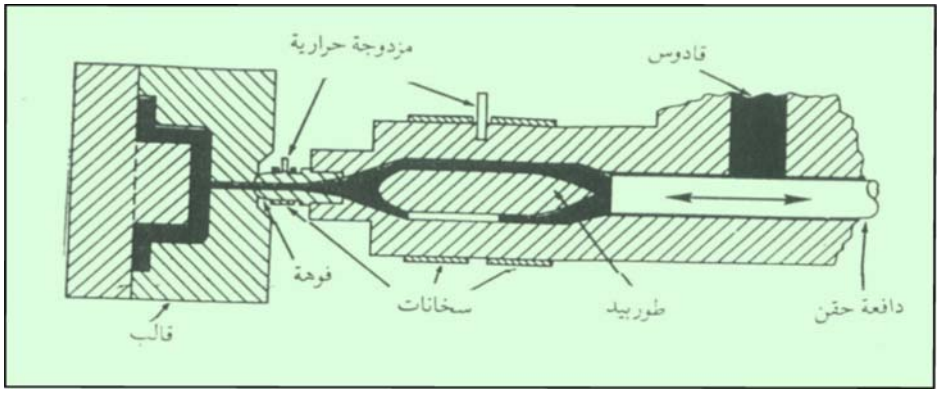
٢ - أسطوانة الحقن الساخنة.

٣ - كباس الحقن أو النظام اللولبي.

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

وهناك تصميمات مختلفة لمكائن الحقن إلا أنها تعتمد أساساً على أحد النوعين التاليين:

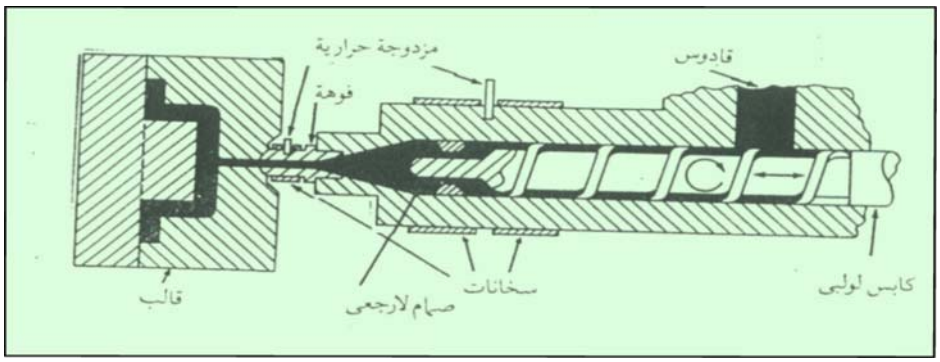
١ - مكائن تستخدم دافعة الحقن (شكل ١ -٤)



شكل (١ -٤) آلة قولبة بالحقن تعمل بالدافعة

٢ -مكائن تستخدم الكباس اللولبي التبادلي (شكل ٢ -٤)

والفرق بين النوعين هو في الطريقة التي يتم بها دفع المادة البلاستيكية الساخنة من داخل أسطوانة الحقن الساخنة عبر الفوهة إلى القالب.



شكل (٢ -٤) آلة قولبة بالحقن تعمل بالكباس اللولبي التبادلي

ولما كان النوع الثاني هو الأكثر شيوعاً واستخداماً فهو ما سنعني به في هذه الوحدة وذلك للميزات التالية فيه:

١ - سرعة المشوار . ٢ - انخفاض درجة حرارة الانصهار .٣ - سهولة امتزاج المصهور

وفي مكائن القلاووظ (اللولب) التبادلي شكل (٣ -٤) تتم عملية الحقن حسب الخطوات التالية:

١- توضع البودرة في القادوس (القمع) لتسلك طريقها إلى أسطوانة الحقن خلال فتحة اتصال.

٢- تتقدم البودرة إلى الأمام نتيجة للحركة اللولبية للكباس والتي تدفع بها تحت ضغط عال إلى الجدران الساخنة للأسطوانية كي تنصهر ومع تزايد الضغط وتراجع اللولب يتجمع مزيد من البودرة المنصهرة تمهيداً لبدء دفعة الحقن.

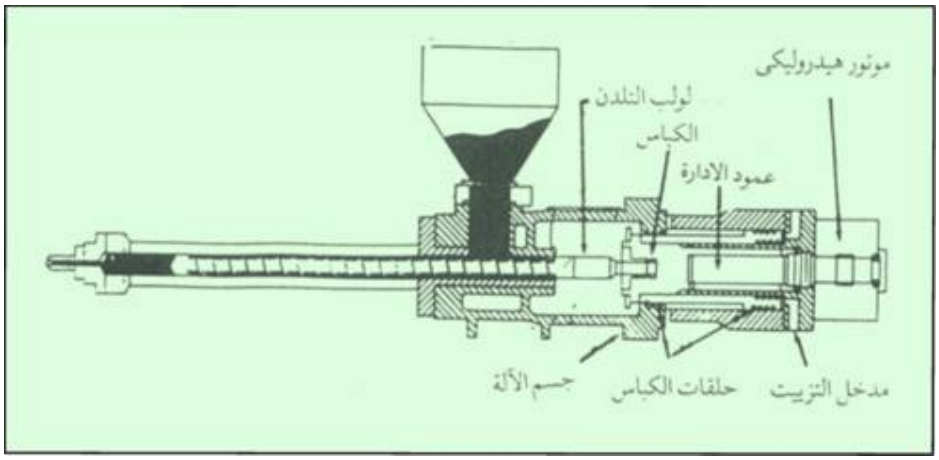
٣- باندفاع اللولب إلى الأمام هيدروليكياً تحقن البودرة المنصهرة من خلال الفوهة مروراً بعيون الصب والمجاري إلى تجاويف القالب المغلق.

٤- يظل تأثير ضغط الاندفاع فترة قصيرة تسمح للمصهور المحقون بالثبات في القالب .

٥- يتراجع اللولب ويقل الضغط بينما يقوم الماء بتبريد القالب حيث تتماسك وتتصلب المادة المنصهرة بسرعة متخذة شكل القالب.

٦- يفتح القالب ويطرد المنتج النهائي من النصف المتحرك فيه أما بضغط الهواء أو بواسطة خابور طرد زنبركي.

٧- يغلق القالب مرة أخرى لبدء مشوار جديد.



شكل (٣ -٤) شكل تخطيطي لآلة حقن ذات كباس تبادلي في وضع الرجوع

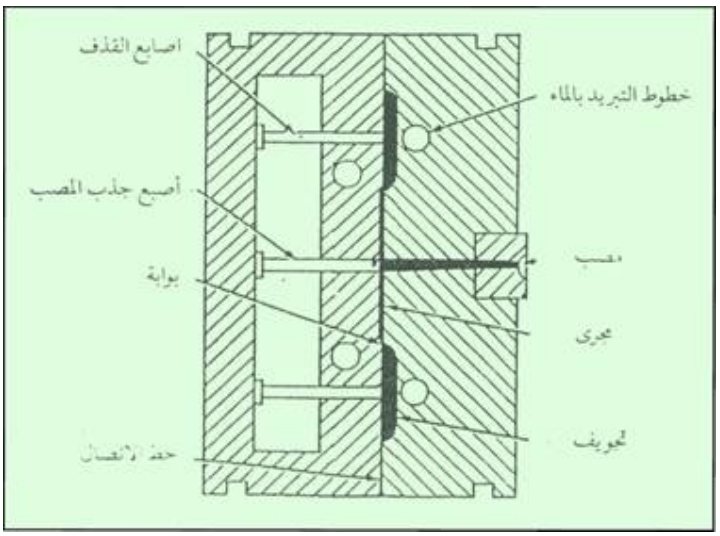
– الكباس جاهز للتقدم لإتمام عملية الحقن.

قوالب الحقن

يتكون القالب المستخدم في مكائن الحقن من نصفين أحدهما ثابت وملتصق بالصينية الثابتة للماكينة ويتصل مباشرة بالفوهة أثناء التشغيلة 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 قد يعطي وحدة واحدة من المنتج والبعض الآخر قد يعطي وحدات متكررة في

المشوار الواحد (خاصة الوحدات الصغيرة الحجم). حيث يقوم مصمم القالب بوضع عدة تجاويف فيه تحقن بالبلاستيك المنصهر في نفس المشوار وذلك بعمل مجار في القالب تحمل المصهور من عنق الصب إلى كل تجويف على حدة عبر بوابة ذات فتحة أصغر من اتساع المجرى حتى تعطي امتلاء كاملاً 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 عند خط الاتصال بين نصفي القالب أو في منتصف المنتجات الأسطوانية الشكل كالفناجين ... إلخ. 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 الحقن لذا يجب أن يكون الإنتاج غزيراً لتغطية هذه التكلفة العالية حين بيعه 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 أنه يمكن لجميع المواد الثرموبلاستيكية أن تصنّع بطريقة الحقن.

ويبين الرسم (شكل ١٣ -٤) نموذج نصفي القالب وما يتعلق بهما من أجزاء أخرى خاصة بالتبريد والطرد.



شكل (٤ -٤) نموذج قالب يحتوى تجويفين لإنتاج قطعتين

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 فقاقيع 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:**

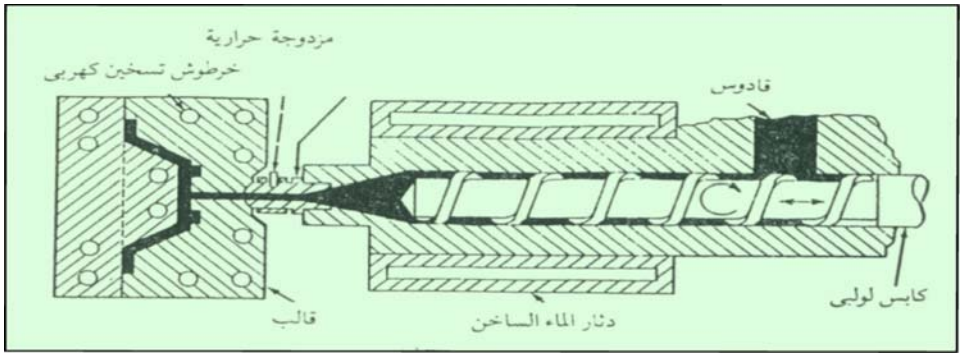
لابد من استخدام نظام تبريد عبارة عن مواسير بها تيار من الماء البارد المتجدد حول القالب لتبريده وامتصاص حرارة المصهور المحقون فيه مما يساعد على سرعة تماسك المنتج النهائي وبالتالي تقليل زمن المشوار.

٤ - **الكسارة:**

لما كانت المواد الثرموبلاستيكية يمكن إعادة استخدامها لذا فإن النفايات الناتجة عن التشغيل كالقطع 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.

حقن مواد الثرموست (مواد التصلد بالحرارة) :

علمنا مما سبق في الفصل السابق أن مواد الثرموست 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 الثرموست (شكل ٥ -٤) . ولعمل ذلك فإننا نقوم بتسخين مادة الثرموست في الأسطوانة إلى درجة حرارة تجعلها لينة (من ٦٥°م إلى ١١٥°م) ثم تحقن إلى القالب الساخن وتترك لتأخذ شكلها النهائي عند درجة حرارة (من ١٦٢°م إلى ٢٠٤°م) وبعد تصلبها فإنها تطرد من القالب ساخنة .



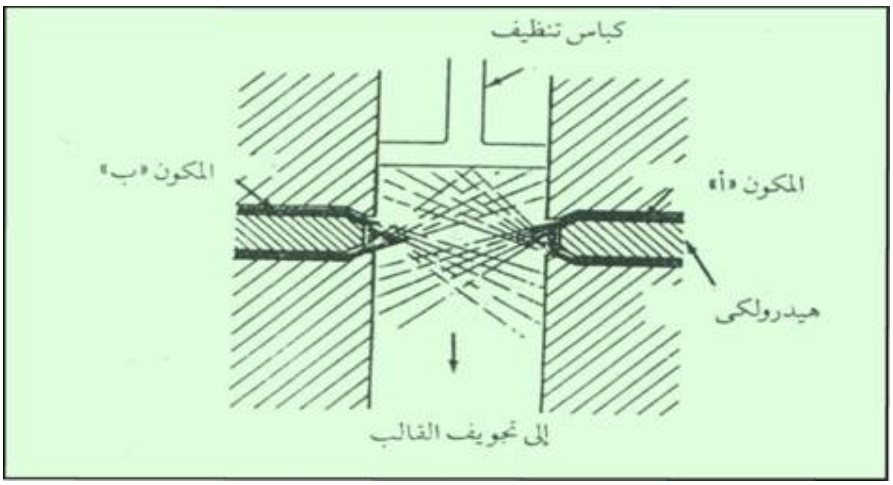
شكل (٥ -٤) آلة قولبة بالحقن لمواد التصلد بالحرارة (الثرموسيتنج) معدلة من آلة قولبة بالحقن ذات الكباس التبادلي - لاحظ اللولب المستقيم ودثار الماء الساخن

يجب ملاحظة أنه إذا ظلت مادة الثرموست في الأسطوانة فترة أطول من اللازم أو إذا سخنت لفترة طويلة نسبياً فإنها تتصلب داخل الأسطوانة وتسبب انسداد وإعاقة حركة الماكينة .ويتم تسخين الأسطوانة لهذه المكائن المخصوصة بإحاطتها بالماء أو الزيت الساخنين ، أما تسخين القالب فيتم بواسطة سخان كهربائي على شكل خرطوش يدخل في القالب للوصول به إلى درجة الحرارة المناسبة لتصلب مادة الثرموست داخله .ومن أشهر مواد الثرموست التي يتم حقنها بهذه الطريقة الميلامين واليوريا والفينولات .وتتميز طريقة حقن مواد الثرموست عن غيرها من طريق التصنيع (كطريقة الضغط والنقل) بأنها ذات مشوار زمني قصير وتتفادى عمليات التسخين والتشكيل المسبق للتصنيع. كما نؤكد هنا ما سبق ذكره وهو أن نفايات مواد الثرموست لا تصلح لإعادة الاستخدام بالتكسير.

الحقن في قوالب مع التفاعل

وتشمل هذه الطريقة دفع نوعين من مواد الثرموست على شكل سائل داخل القالب حيث يتم تفاعلها واستكمال بلمرتها لإنتاج الشكل البلاستيكي النهائي . ويوضح الرسم (شكل ٦ -٤) تيارين من نوعين من سائل راتنج البولى يوريثان المتفاعل حقنا تحت ضغط كبير (٢٥٠٠ رطل/ بوصة مربعة) في رأس الخلط حيث يندفعا إلى تجاويف القالب عبر بوابة، وبنزول خليط السائل إلى قاع القالب يطفو الهواء إلى أعلى خارجاً من شق الاتصال بين نصفي القالب. ويمر سائل اليوريثان بحالة هلامية قبل أن يتصلد ، وعندما يتم التصلد بدرجة كافية فإنه يزال باليد أو بواسطة خوابير الطرد. يستغرق مشوار التصنيع بهذه الطريقة بين دقيقتين إلى أربعة دقائق تقريباً ، ونلاحظ أن كمية السوائل الزائدة تطرد هي الأخرى خارجة

من خط الانفصال في القالب ويجب إزالتها تماماً من المنتج الخارج. وتستخدم مادة خاصة لفصل القالب ترش بها جدرانه الداخلية قبل كل مشوار لتسهيل إزالة المنتج النهائي ولما كانت هذه المادة تسبب الانزلاق فيجب إزالتها من سطح المنتج قبل تلوينه (عادة يحتاج الإنتاج بهذه الطريقة إلى تلوين) كأجزاء السيارات الخارجية والتي يجب إعطاؤها نفس لون السيارة . وهذه الطريقة ذات مستقبل غير محدود لتصبح إحدى أكبر وسائل التقنية في صناعات البلاستيك نظراً 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 المكائن المستخدمة فيها أقل من مكائن الحقن التقليدية.



شكل (٦ -٤) يوضح خلط مكونين سائلين تحت ضغط عال داخل ماكينة حقن أثناء دورة الحقن مع التفاعل.

الفصل الثالث: 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.

مكائن البثق وطريقة عملها:

يوضح الرسم التخطيطي (شكل ٧ -٤) 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:

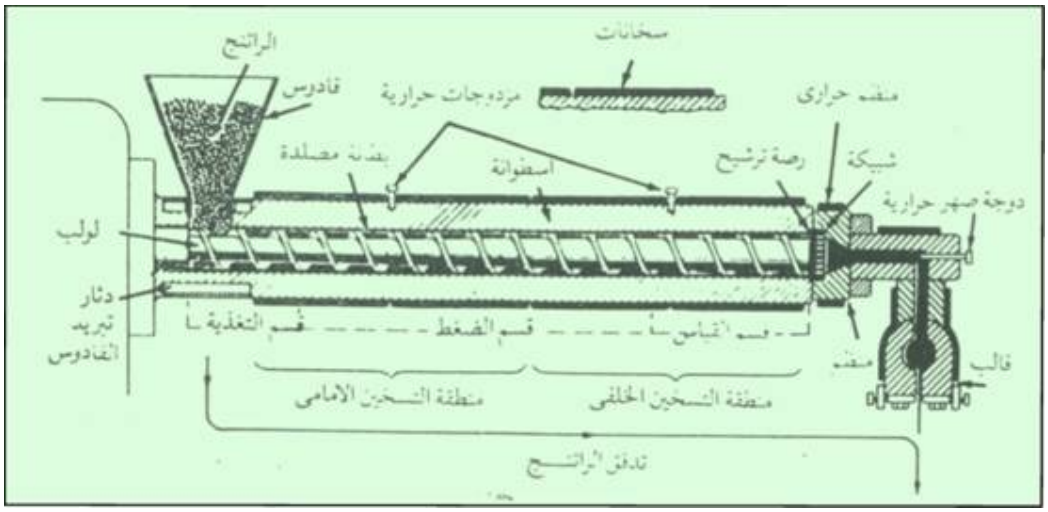
أ - قسم التغذية وهو المتصل بالقادوس (القمع).

ب - قسم الضغط وهو الجزء الأوسط الذي يندفع فيه البلاستيك اللدين 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.



شكل (٧ -٤) مقطع لباثق يبين مسار اللدينة من القادوس (القمع) إلى القالب ويلاحظ أن القالب يكون مقلوبا لأسفل (كما يمكن أن يكون ممتدا باستقامة إلى الخارج).

وتتلخص طريقةعمل 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 المحطية بماسورة اللولب.

ب - الحرارة الناتجة من احتكاك الحبيبات مع جسم اللولب الدوار.

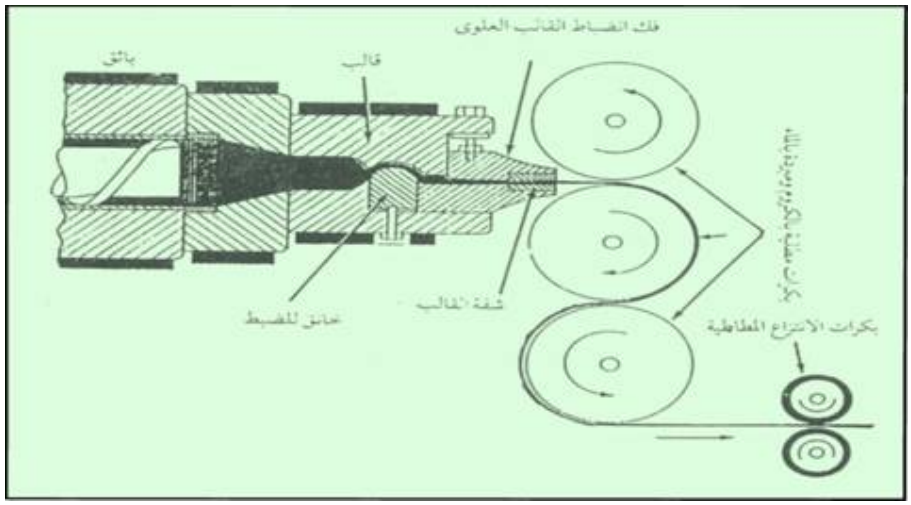
٣ - تدفع المادة المنصهرة تحت ضغط عال عبر فلتر ترشيح (يمنع مرور الشوائب) إلى لقمة القالب.

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 وسعات معلومة.

منتجات عملية البثق وكيفية إنتاجها:

١ - بثق الشرائط والألواح المسطحة:

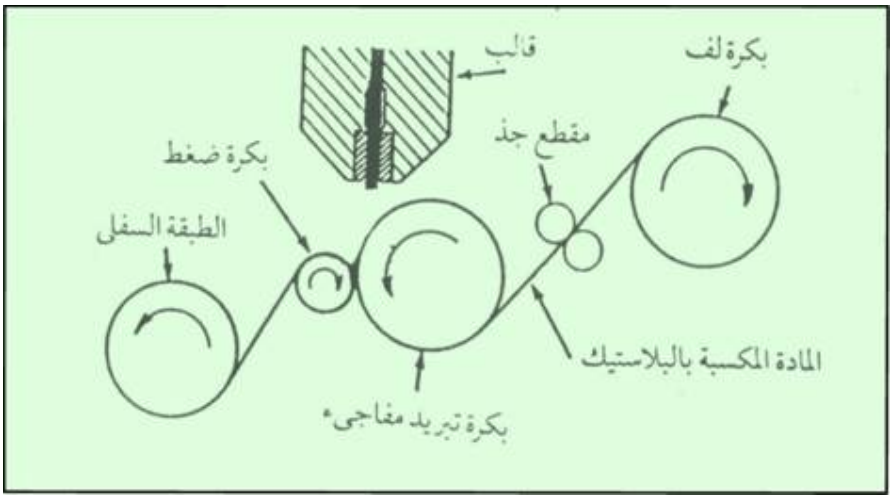
يتم عادة بثق الألواح المسطحة حوالي ٦ مم بينما يطلق اسم الشرائط على منتجات البثق ذات السمك أقل من ٢٥, مم . ويستخدم نفس نظام البثق في القطاعات الأخرى (كالقضبان والأنابيب) في بثق الألواح والشرائط مع ملاحظة اختلاف لقمة القالب ومعدات الاستلام النهائي. ويوضح الشكل التخطيطي (شكل ٨ -٤) مراحل بثق الألواح والشرائط



شكل(١٧ -٤) مقطع لباثق الألواح وجزء من وحدة الاستلام

٢ - بثق طبقة تغطية (الحماية) البلاستيكية على المواد المختلفة:

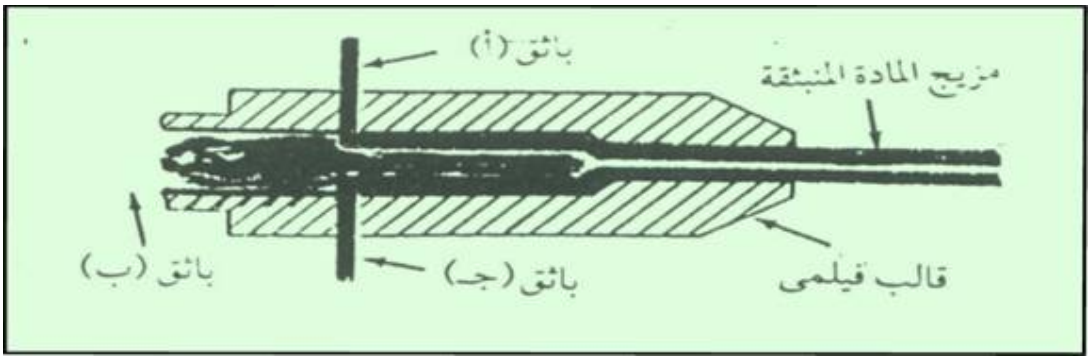
يمكن استخدام طريقة البثق في تغطية المواد المختلفة بغشاء بلاستيكي واقي (أو للتجميل) وذلك بضغط شرائط البلاستيك المنبثقة الساخنة من الماكينة مع المادة المطلوب تغطيتها بين بكرتين ضاغطتين بحيث تكون مادة البلاستيك أسفل المادة الأخرى. ولا تحتاج هذه العملية إلى إضافة مواد لاصقة حيث يكون الضغط الواقع على شريط البلاستيك الساخن كافياً لالتحامه بالمادة المطلوب لصقه عليها .
باستخدام شرائط ذات عرض قياس مناسب لسطح المادة المطلوب تغطيتها يمكننا تغليف مواد كالورق والملابس والرقائق المعدنية باستخدام طريقة البثق (شكل ٩ -٤)



شكل (٩ -٤) قطع يبين عملية التكسية بالبثق

٣ - الشرائط البلاستيكية متعددة الطبقات:

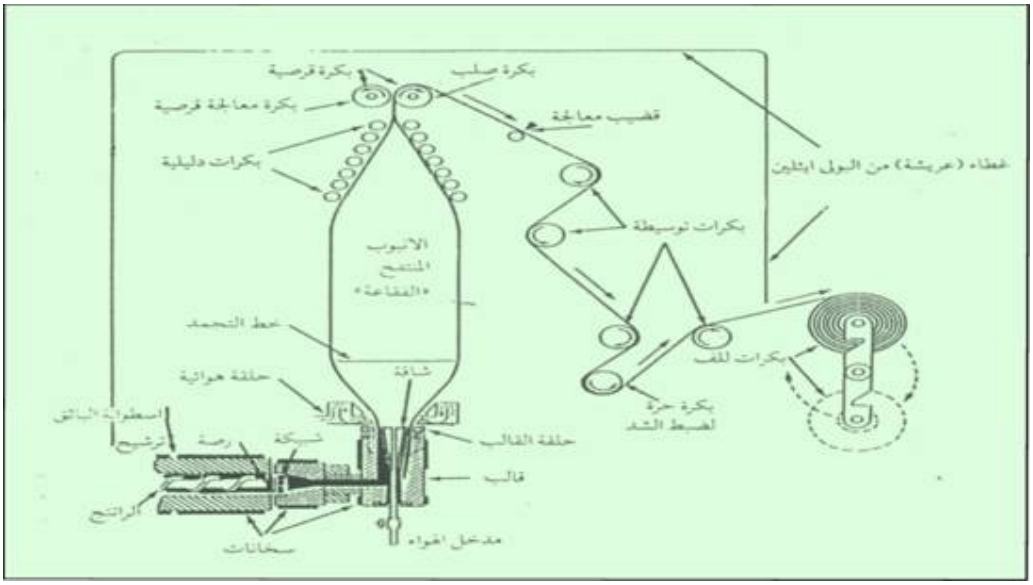
يمكننا الحصول على شرائط بلاستيكية متعددة الطبقات (كل طبقة تختلف في مادتها عن الأخرى) باستخدام عدة باثقات في الماكينة الواحدة تصب جميعها في لقمة القالب وتسمى هذه الطريقة بالبثق الإسهامي كما يوضح ذلك الشكل التخطيطي المرفق (شكل ١٠ -٤) وتستخدم الباثقات المتعددة لبثق عدة مواد بلاستيكية مختلفة أو ألوان مختلفة (لمادة واحدة) في لقمة القالب بواسطة نظام متشعب . والتطبيق العملي لهذه الطريقة ينتج منه لفائف الأطعمة المانعة للرطوبة وأبخرة الغازات وكذلك شفاطات المشروبات ذات اللونين وزجاج السيارات الأمامي



شكل (١٠ -٤) يوضح كيفية ثلاث لدائن مختلفة عبر قالب فيلمي(عملية البثق الإسهامي).

٤ - شرائط البثق بالنفخ:

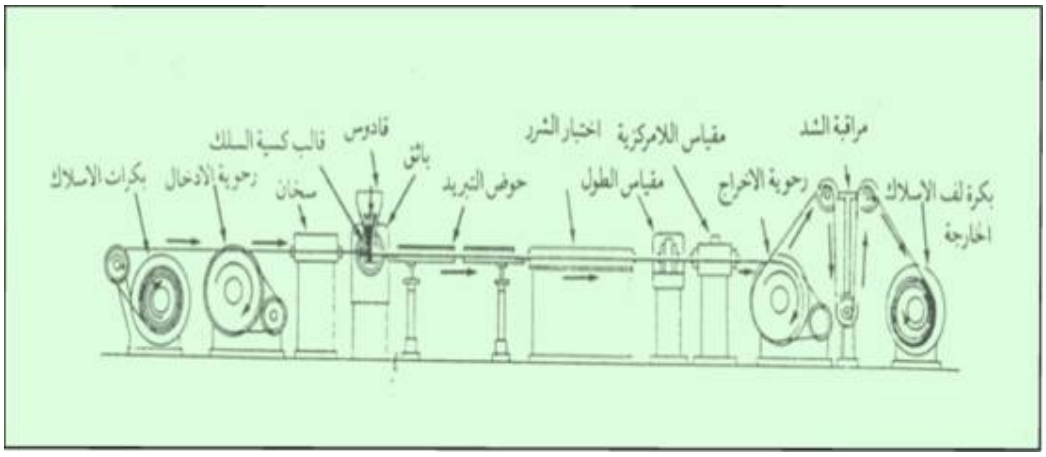
تستخدم هذه الطريقة نفس التقنية المستخدمة في إنتاج الألواح إلا أن لقمة القالب تكون على شكل تجويف أنبوبي يندفع خلاله تيار هوائي يمدد الشريط على شكل أسطواني يسمى ((الفقاعة)). وأثناء تصلب الفقاعة فإنها تضغط من الجانبين بين بكرتين لتكوين شريط مزدوج السمك وقد وجد علمياً أنه من الأفضل بثق واستلام الفقاعة من أسفل إلى أعلى ثم تسطيحها بين البكرتين وحملها إلى بكرة اللف (شكل ١١ -٤). وتستخدم هذه الطريقة في عمل لفات شرائط البلاستيك لاستخدامها في تغطية الأجسام كبيرة نسبياً كالمكائن والسيارات .. إلخ . ويمكن قطع الشرائط على مسافات قصيرة ولحامها من إحدى نهايتيها لتعطي لنا الحقائب البلاستيكية الخفيفة.



شكل(١١ -٤) رسم تخطيطي يوضح خطوات انتاج فيلم منفوخ (فقاعة بواسطة البثق)

٥ - البثق لتغطية الأسلاك :

من أهم التطبيقات العملية لطريقة البثق هو تغطية الأسلاك المعدنية والكابلات بمادة بلاستيكية عازلة للكهرباء ومقاومة للتآكل وعومل الجو . وهي تماثل عملياً طريقة بثق الأنابيب إلا أن الشاقة 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) ويخرج الاثنان كوحدة واحدة من لقمة القالب حيث يبردان ويلف السلك أو الكابل على بكرات ذات أحجام وأطوال قياسية (شكل١٢ -٤). ومن الراتنجات الشائع استخدامها في تغطية الأسلاك والكوابل راتنج البولي إيثلين وكلوريد البولي فنيل والنايلون كما يستخدم أحياناً راتنج السيليكون للكابلات ذات المقاومة العالية للحرارة .



شكل (١٢ -٤) رسم تخطيطي عام للأجزاء المكونة لخط إنتاج أسلاك مكسية بالبثق.

٦ - البثق لعمل الحبيبات والمركبات :

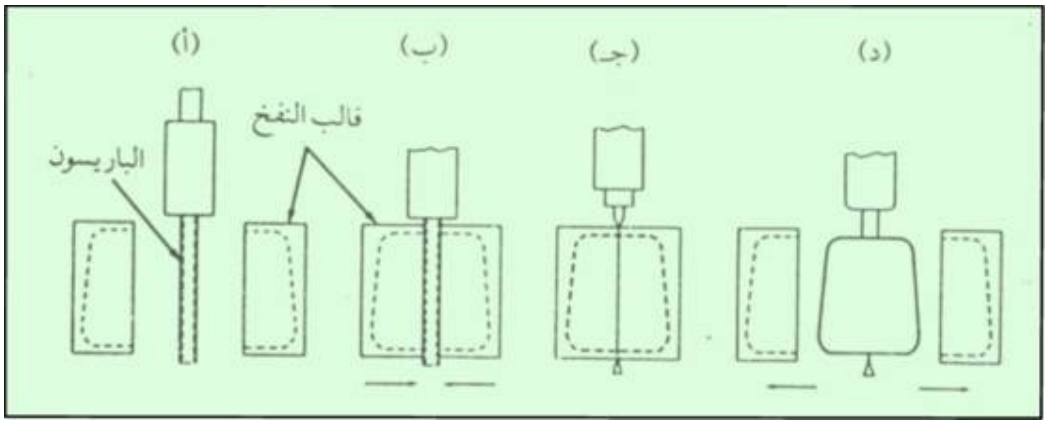
تستخدم تقنيات البثق في مصانع إنتاج المركبات الراتنجية وذلك لخلط وتلوين وتشكيل الحبيبات الراتنجية التي تباع إلى مصانع إنتاج المنتج البلاستيكي النهائي . وغالباً تحتاج الراتنجات الأساسية إلى مواد مضافة لتناسب تطبيقات عملية محددة ذات مواصفات خاصة أو قد تحتاج إلى التلوين بلون مطلوب أو يكون الإنتاج المطلوب على شكل عصى أو حبيبات أو ... إلخ وتضاف المواد الإضافية أو الألوان إلى الراتنج وتخلط جيداً لتكوين مزيج متجانس في الحبيبات الناتج 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 . ويختلف شكل

الحبيبات من الأسطواني إلى المكعب أو الكرات الصغيرة البيضاء أو الملونة حسب الطلب ونؤكد هنا ما سبق ذكره عن إمكانية إعادة استخدام الراتنجات البلاستيكية المستخدمة في طرق البثق حيث إنها مواد ثرموبلاستيكية.

الفصل الرابع: 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 .

ويستخدم راتنج البولي إيثلين بكثرة في علميات النفخ حيث إنه راتنج مثالي لإنتاج القوارير الخفيفة المرنة وكذلك الحاويات الصلبة القوية . ويمكن استخدام النفخ في معظم أنواع المواد الثرموبلاستيكية إلا أن الإيونومر وكلوريد البولي ، والبولي كربونات والاسيتال تستخدم بكثرة في هذا المجال . ويعتبر أهم تطبيق عملي تجاري لعملية النفخ هو إنتاج القوارير والأدوات ذات الاستخدام الواحد نظراً لخفة وزنها وعدم قابليتها للكسر وسهولة التخلص منها كفضلات بالحرق والتكلفة الإنتاجية البسيطة جداً مقارنة بالزجاج



شكل(١٣ -٤)يوضح تتابع خطوات عملية القولبة بالنفخ

مكائن النفخ وطريقة عملها:

تستخدم قوالب النفخ في إنتاج الأجزاء البلاستيكية من مادة الثرموبلاستيك ذات التجويف رقيق الجدران (كالقوارير مثلاً) وذلك بوضع أسطوانة من البلاستيك تسمى ((باريسون)) بين فكي القالب الذي يقوم بثني نهايتي الأسطوانة البلاستيكية الساخنة بينما يندفع هواء مضغوط بقوة ليدفع بالمصهور البلاستيكي إلى جدران القالب ، وبالتبريد يصبح البلاستيك المتراكم على جدران القالب الداخلية جامداً وقوياً متخذاً شكلها (شكل ١٣ -٤). ويتأثر جسم ماكينة النفخ حسب مقاس لولب الباثق وعدد رؤوس لقمة القالب وجسم القالب الذي سيوضع في الماكينة (شكل ١٤ -٤) .

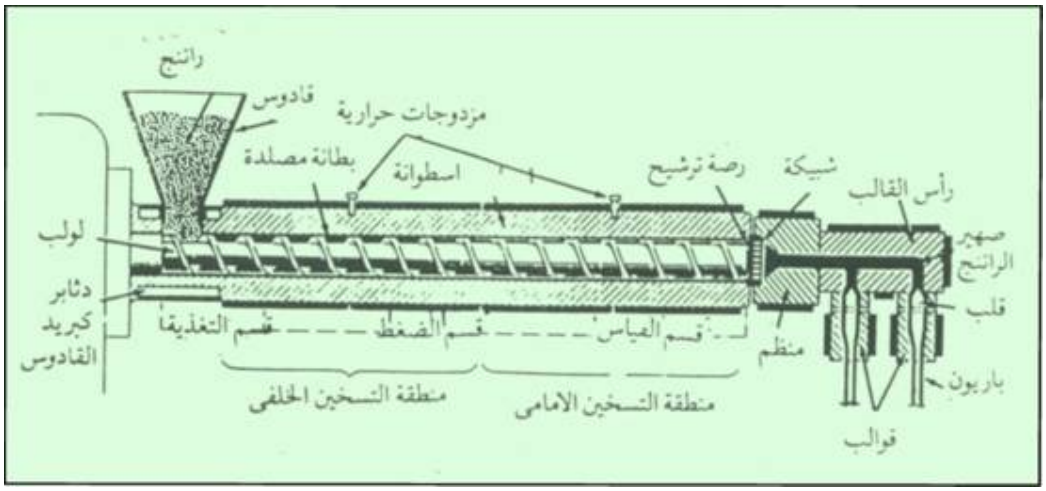
ولفهم عملية النفخ يجب دراسة أجزاء القالب المستخدم بالتفصيل ، ويبين الخط الفاصل على المنتج محل التقاء نصفي القالب أما أجزاء القالب التي تقوم بكبس الأسطوانة (الباريسون) ولحامها قبل النفخ فتعرف بالكماشات. وتلك الأجزاء التي يتم عندها لحام جزئي الأسطوانة يتم قطعها فيما بعد في عملية التشطيب ويسمى الجزء المنثني في قاع القارورة بالذيل (شكل١٥ -٤). ويستخدم عنصر الألومنيوم في صناعة القوالب المستخدمة في عمليات النفخ بدلاً من سبيكة النحاس والبريليوم التي كانت تستخدم في السابق.

ويمكن حصر تقنية النفخ في ثلاث مراحل أساسية :

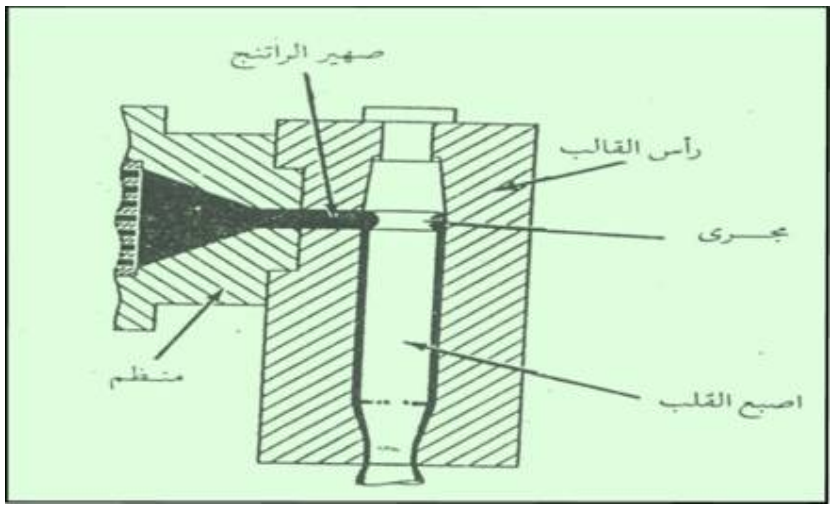
أولاً : تليين الراتنج بالتسخين وذلك باستخدام باثق لتسخين اللدينة إلى حالة الانصهار ودفعها إلى رأس لقمة القالب (وهذه المرحلة مشابهة تماماً لعملية البثق) .

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 تجاويف القالب متخذة شكله (زجاجة مثلاً) علماً بأنه عند إغلاق نصفي القالب فإن الضغط الهيدرولكي المستخدم في الإغلاق يقوم بثني نهايتي أسطوانة الباريسون .



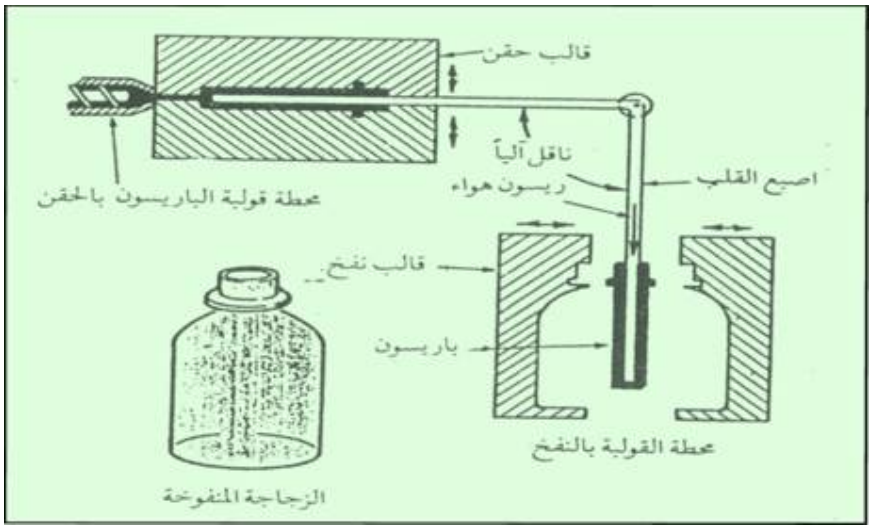
شكل (١٤ -٤) مقطع يبين وحدات القوالب والباثق في آلة قولبة بالنفخ ذات رأسين.



شكل (١٥ -٤)يوضح رسم تخطيطي لقالب يغذي جانبيا قلب محزز يضبط القلب ليعطي السمك المطلوب لجدران.

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 تجاويف القالب (شكل ١٦ -٤).



شكل (١٦ -٤) رسم تخطيطى لعملية قولبة بالحقن والنفخ

وتتميز هذه العملية بأن المنتج النهائي لا يحتاج إلى قطع الزوائد حيث إنه لم يتم تثنية 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 .

الفصل الخامس : تشكيل اللدائن بالضغط والنقل

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

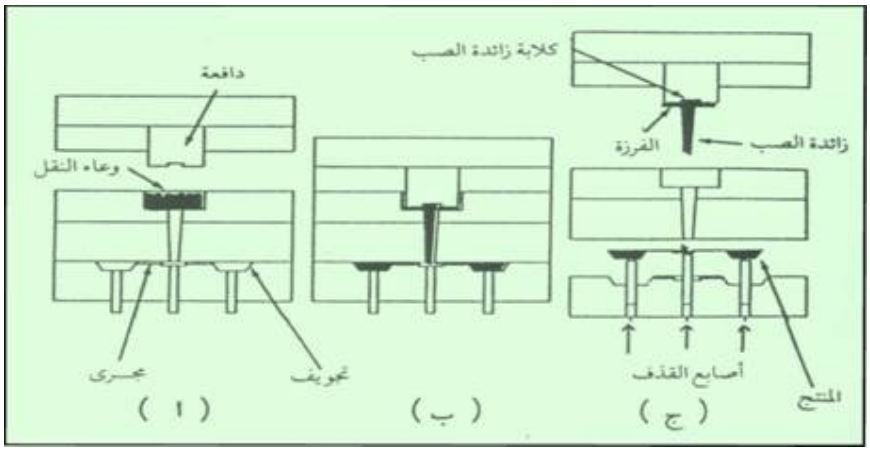
أولاً : التشكيل بالضغط

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 ٩٣م ، ٢٠٥م بينما يتراوح الضغط في المكبس بين ١٠٠٠ ، ١٠٠٠٠ رطل / بوصة مربعة وتكتمل عملية بلمرة الراتنج في زمن ما بين ٣ ، 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 ويطرد 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 القولبة بالنقل على نفس أساسيات طريقة الضغط السالفة إلا أن الاختلاف البين بينهما هو في كيفية ملأ 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 يزاد 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 القولبة 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 القولبة ما عدا الثرموسيتنج لا يمكن إعادة تصنيعها . وتتميز طريقة قوالب الضغط في عدم وجود زوائد في المنتج النهائي مما يجعلها بسيطة التشطيب 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.



شكل(١٧ -٤) رسم تخطيطي لدورة القولبة 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 تنفك الفرزة وزائدة الصب ويطرد المنتج بواسطة أصابع القذف.

التدريبات النظرية للوحدة الرابعة

١. ما هي المزايا والخواص التي تجعل اللدائن من المواد الهندسية الهامة؟

٢. اذكر ثلاثاً من مميزات اللدائن وثلاثاً من عيوبها؟

٣. ما هو الفرق الأساسي بين اللدائن من حيث تأثرها بالحرارة؟

٤. عدد أربع طرق لتشكيل اللدائن

٥. اشرح طريقة تشكيل اللدائن بالحقن؟ وما أهم مزاياها

٦. اشرح طريقة تشكيل اللدائن بالكبس تحت الضغط على الساخن

٧. ما الفرق بين البوليمر والمونومر واضرب مثالاً واحداً لكلٍ منهما؟

٨. قارن بين اللدائن اللدنة بالحرارة واللدائن الصلدة بالحرارة من ناحية:تأثير الحرارة، الصلابة، الاستخدام، وطريقة التصنيع.

٩. ما المقصود بعملية البلمرة ؟ وما أنواعها؟

١٠ اشرح طريقة تشكيل اللدائن بالبثق؟ وما هي أنواعها؟ وما هي منتجاتها؟

بالإضافة إلى أسئلة متعددة ومتنوعة يستطيع المدرب استنباطها من المواضيع المذكورة بهذه الوحدة

١- تشابمان - ترجمة أ.د لطفي عبد اللطيف و أ.م.د عبد الرحمن موسى - (تكنولوجيا الإنتاج وأعمال الورش -الجزء الأول) - طبعه ١٩٩٠م -

٢- أحمد فؤاد راشد، توفيق الميداني، محمد على منصور، ومحمد على المكي - (أسس سبك المعادن) - طبعة ١٩٩٩م

٣- روبرت سميث والتربيور - ترجمة محمد زكي منير – (صنع النماذج والسباكة)

٤- كيميائي عادل محمد سويلم – (اللدائن : ماهيتها -أنواعها -طرق تصنيعها -تشغيلها) - طبعة ١٩٩٤م

٥- محمد زهير الحمصي – (موسوعة اللدائن) - الطبعة الثانية

٦- محمد نصر الدين دمير - (تكنولوجيا هندسة الإنتاج)

٧- قحطان الخزرجي و عادل حسن – (مباديء عمليات الإنتاج)

٨- Kalpakjian S., Schmid S, "Manufacturing Engineering and Technology," Addison Wesley Longman, Singapore, 4th ed., 2000

الوحدة الأولى: المواد الهندسية وخواصها ١
مقدمة الوحدة الأولى ٢
الفصل الأول :أنواع المواد الهندسية ٣
أولاً: المواد المعدنية ٣
ثانياً: المواد غير المعدنية ٨
ثالثاً: المواد المركبة ٩
الفصل الثاني : خواص المواد الهندسية ١١
خواص المواد ١١
التعرف على المواد ١٥
التدريبات النظرية للوحدة الأولى ١٦
الوحدة الثانية: سباكة المعادن ١٨
مقدمة الوحدة الثانية ١٨
الفصل الأول: السباكة الرملية ١٩
خطوات السباكة الرملية: ١٩
الفصل الثاني: أساليب السباكة الأخرى ٣٣
١ - السباكة في قوالب دائمة ٣٣
٢ - السباكة في القوالب الدائمة تحت الضغط: ٣٤
٣ - السباكة بالطرد المركزي: ٣٥
التدريبات النظرية للوحدة الثانية ٣٧
الوحدة الثالثة: عمليات تشكيل المعادن في الحالة الجامدة ٤٠
مقدمة الوحدة الثالثة ٤٠
الفصل الأول: عمليات التشكيل الميكانيكي على الساخن ٤٢
أ -الدرفلة على الساخن. ٤٢
ب - الحدادة. ٤٤
ج - عمليات البثق ٤٦
د - التشكيل الساخن بالدوران. ٤٧

هـ - التشكيل بالخرق على الساخن. ٤٧
مزايا وعيوب التشكيل على الساخن: ٤٨
الفصل الثاني: عمليات التشكيل الميكانيكي على البارد ٤٩
أ - الدرفلة على البارد. ٤٩
ب - عمليات السحب على البارد: ٥١
ج - التشكيل البارد بالدوران: ٥٣
د - البثق البارد (البثق الصدمي والبثق الضغطي): ٥٣
هـ - التشكيل بالسك والختم: ٥٤
و -التشكيل بضغط السوائل أو المطاط: ٥٥
مزايا وعيوب التشكيل على البارد: ٥٥
الفصل الثالث: تشكيل الألواح المعدنية ٥٧
أولاً: عمليات التشكيل اليدوي للألواح ٥٧
ثانياً: عمليات التشكيل بالإسطمبات (المكابس) Press Work ٦١
الفصل الرابع: أساليب جديدة لتشكيل المعادن ٦٤
أولا - تشكيل مساحيق المعادن: ٦٤
ثانيا - عملية التشكيل الفائقة السرعة والطاقة، أو عملية التشكيل بالمتفجرات: ٦٦
التدريبات النظرية للوحدة الثالثة ٦٨
الوحدة الرابعة : اللدائن ٧٢
مقدمة الوحدة الرابعة ٧٢
الفصل الأول: أنواع اللدائن ومميزاتها ٧٣
عملية البلمرة : Polymerization ٧٣
المواد التي تتلدن بالحرارة والتي تتصلد بالحرارة Thermoplastic and Thermosetting ٧٥
مزايا وعيوب اللدائن (البلاستيك) : ٧٩
الفصل الثاني: تشكيل اللدائن بالحقن ٨٠
مكائن الحقن في قوالب ٨٠
قوالب الحقن ٨٢
المعدات الثانوية المساعدة في مكائن الحقن: ٨٤

حقن مواد الثرموست (مواد التصلد بالحرارة) : ٨٤
الحقن في قوالب مع التفاعل ٨٥
الفصل الثالث : تشكيل اللدائن بالبثق ٨٧
مكائن البثق وطريقة عملها : ٨٧
منتجات عملية البثق وكيفية إنتاجها : ٨٩
الفصل الرابع : تشكيل اللدائن بالنفخ ٩٤
مكائن النفخ وطريقة عملها : ٩٥
عملية النفخ مع الحقن : ٩٦
الفصل الخامس : تشكيل اللدائن بالضغط والنقل ٩٧
أولاً : التشكيل بالضغط ٩٨
ثانياً : التشكيل بالنقل ٩٨
التدريبات النظرية للوحدة الرابعة ١٠٠
مراجع حقيبة تقنية التشكيل ١٠١
محتويات حقيبة تقنية التشكيل ١٠٢

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS