الدرس الرابع

القالب
The Mold

أسئلة مفتاحية

ما مهام أدوات القولبة بالحقن؟
ما الأجزاء المكونة للقالب؟
ما أنواع أنظمة الفوهات والممرات الموجودة؟
ما أنواع أنظمة التسخين والتبريد المتاحة؟
ما أنواع الأنظمة الموجودة لإخراج المنتج من القالب (اللفظ أو النبذ)؟

المحتويات

(٤,١) مهام التشغيل وحالاته
(٤,٢) نظام الفوهات والممرات
(٤,٣) التجويف
(٤,٤) أنظمة التسخين والتبريد
(٤,٥) نظام اللفظ (النبذ)

أسئلة للمراجعة

المعرفة المسبقة

المبادئ الأساسية للدائن (الدرس الأول)
وحدة التلدين والحقن (الدرس الثالث)

(٤,١) مهام التشغيل وحالاته

المهام الرئيسة

المهام الأساسية لأدوات القولبة بالحقن، هي استيعاب المصهور وتوزيعه، وتشكيل القطع المقولبة وتبريدها، ثم إخراجها من القالب. وفي حالة المواد المرنة والمتصلبة حرارياً، فمن المهام أيضاً إضافة طاقة التنشيط والتصليد. وهناك مهام ثانوية ناتجة عن المهام الرئيسة، وهي امتصاص القوى، ونقل الحركة، وتوجيه القطع المقولبة.

المهام الثانوية

الحقن أو غرفة الانتظار

لتوضيح مهام قالب الحقن ووظائفه، يُفضَّل تتبع المادة خلال مسارها في آلة القولبة بالحقن إلى أن تتحول إلى منتج نهائي.

وخلال مرحلة التلدين، تُنقل المادة إلى غرفة الحقن، حيث تنصهر وتتجانس خلال مرحلة النقل.

عملية الحقن

المرحلة التي تلي مرحلة النقل والتلدين، هي مرحلة القولبة بالحقن، حيث تُحقن المادة المميعة والمجهزة في غرفة الحقن إلى القالب.

التجويف

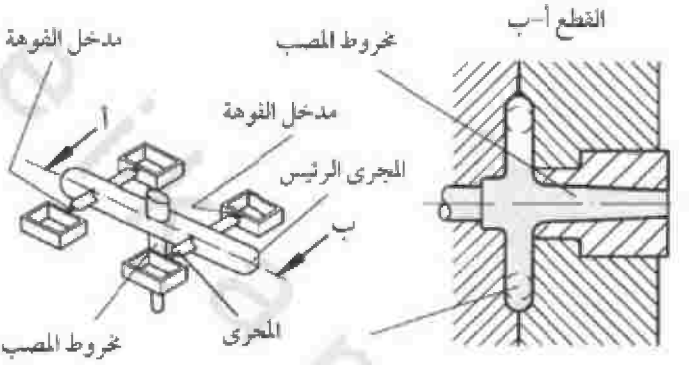
يقع الفراغ الذي تُحقن فيه المادة المراد قولبتها في القالب، ويسمى التجويف. تتصلب المادة المحقونة داخل التجويف بالتبريد لتكوِّن المقولب. وفي حالة المواد المرنة والمواد المتصلبة حرارياً، ينتج المقولب بتفاعل التقاطع الكيميائي.

القالب أحادي التجويف

عادة ينتج من كل دورة حقن قطعة مقولبة واحدة فقط، ويُطلق على القالب في هذه الحالة "القالب أحادي التجويف".

القالب متعدد التجاويف

ويمكن أن يتجاوز عدد القطع في دورة حقن واحدة مائة قطعة، كما في حالة مقولبات السيليكون، وفي هذه الحالة يُستخدم "قالب متعدد التجاويف" (انظر الشكل رقم ٤,١).



الشكل رقم (٤,١). نظام الفوهات والممرات لقالب رباعي التجاويف.

(٤,٢) نظام الفوهات والممرات

(٤,٢,١) المبادئ الأساسية

المصب، الممر، الفوهة

تدخل مادة القولبة المميعة إلى القالب من خلال الفوهة، وتُوزع في التجاويف، وهذه هي مهمة نظام الممر والمصب (انظر الشكل رقم ٤,١)، الذي يتكون من عدة أجزاء تختلف في تصميمها حسب الطلب. وعندما يغادر المصهور الفوهة، فإنه يمر بالمصب، ثم إلى الممر الموصل إلى فوهات التجاويف.

ويمكن وصف المهمة المطلوبة من نظام الفوهات والممرات في جملة واحدة:

قاعدة يجب أن يُصمم نظام الفوهات والممرات بحيث يملأ المصهور المتجانس كل التجاويف في آن واحد بالتساوي تحت الضغط نفسه.

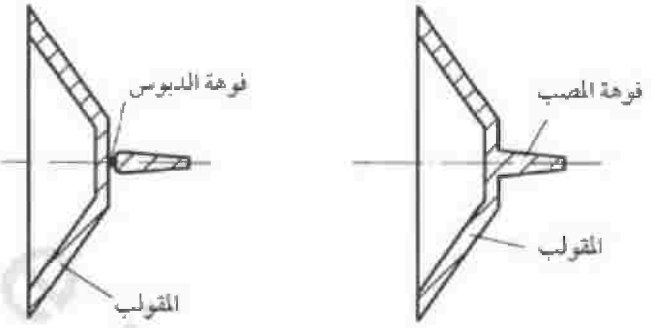
المجرى ويُصمَّم نظام الممرات ليناسب مواقع التجاويف في القالب، إذ إن موقع فوهات التجاويف وتصميمها مرتبط أساساً بتصميم المقولبات ومواصفاتها.

(٤,٢,٢) تصميم الفوهة

فوهة العارضة فوهة المصب (أو فوهة العارضة) الموضحة بالشكل رقم (٤,٢)، هي أبسط نوع من الفوهات. وتُستخدم للمقولبات ذات الجدر السميكة، ومقاومتها للمصهور قليلة بسبب كبر مساحتها المقطعية، حيث يسمح شكلها المخروطي بانسياب المصهور بسهولة.

وعند إخراج المقولب، يسحب المصب عند نهاية الفوهة الساخنة؛ لذا يظل العنق معلقاً بالمقولب، ويحتاج إلى عملية إضافية لإزالته. كما يتضح أن فوهات المجرى تُستخدم في القطع ذات الجودة العالية والمقولبات سميكة الجدر.

الفوهة الإبرية وعلى العكس، فإن الفوهة الإبرية (انظر الشكل رقم ٤,٢) تُسحب عند نقطة الاتصال بالمقولب؛ لذا تترك الفوهة الإبرية أثراً صغيراً على المقولب، الذي قد يُزال بلمسة نهائية بسيطة، كما يمكن أن تتم عملية سحب الفوهة آلياً.



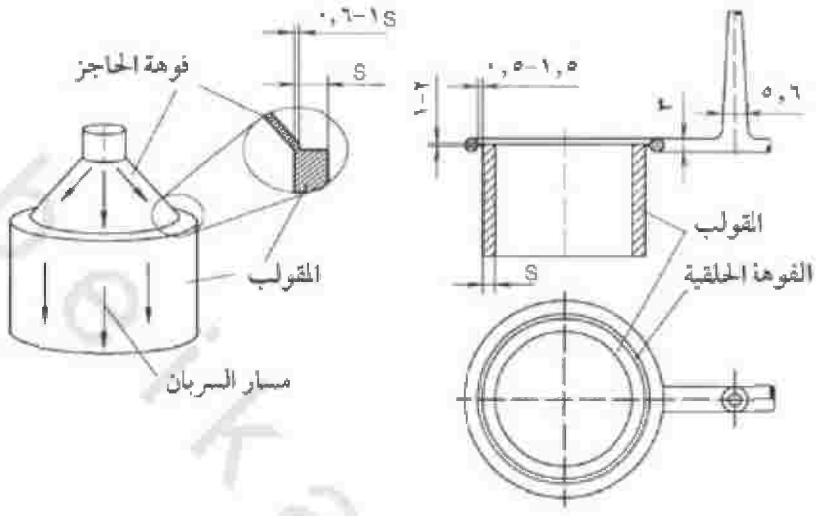
الشكل رقم (٤,٢). فوهة المصب والفوهة الإبرية.

فوهة الحاجز

وتستخدم فوهة الحاجز (الشكل رقم ٤,٣) مع القطع الدائرية المتماثلة حول المحور. في البداية، يوزع المصهور حول فوهة الحاجز، ثم تسيل إلى التجويف بشكل متساوٍ. وتمنع هذه الطريقة تكوُّن خطوط الالتحام الناتجة عن استعمال فوهات متعددة، ولهذا يجب أن يكون نوع الفوهة هذه مقطوعاً.

الفوهة الحلقية

تُستخدم الفوهة الحلقية للقطع الدائرية أو المشابهة للجلبة، والتي يحتاج وسطها إلى دعم ثنائي بسبب طولها، حيث تُمكّن من قولبة القطع الطويلة بسماكة ثابتة.



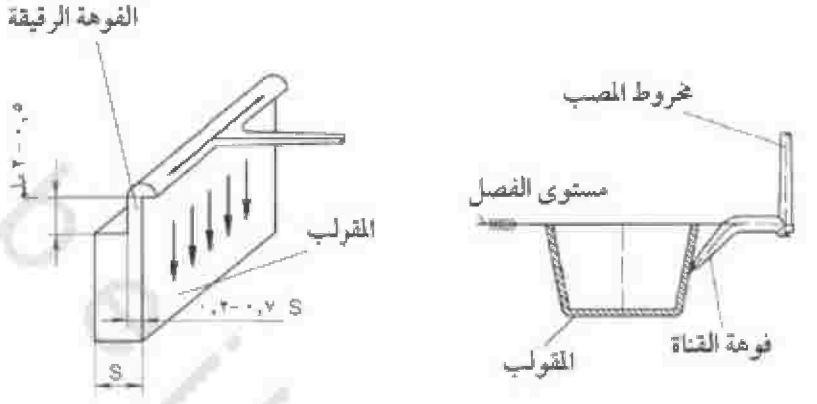
الشكل رقم (٤,٣). فوهة الحاجز والفوهة الحلقية.

الفوهة الرقيقة

مبدأ عمل الفوهة الرقيقة (الشكل رقم ٤,٤)، هو نفسه مبدأ عمل فوهة الحاجز، حيث تُستخدم الفوهة الرقيقة مع المقوليات المسطحة، وتساعد على ملء التجويف. (لا تدع خطوط التحام أو أي علامات أخرى على سطح المقولب).

الفوهة النفقية

الفوهة النفقية (الشكل رقم ٤,٤) تُستخدم مع القوالب متعددة التجاويف للقطع الصغيرة ومواد القولبة المرنة. وتكوّن الفوهة النفقية حداً فاصلاً بين موجه القالب والنفق؛ مما يؤدي إلى فصل نظام الصب عن المقولب خلال فتح القالب؛ مما يضمن قطعاً آلياً.



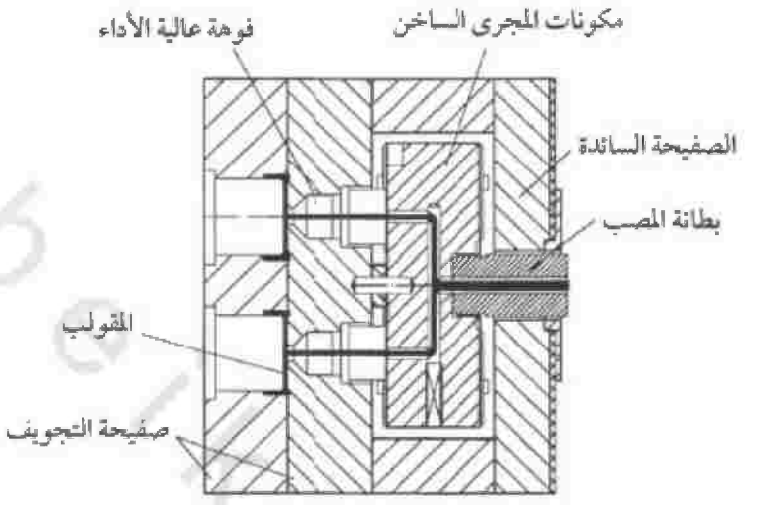
الشكل رقم (٤,٤). الفوهة الرقيقة والفوهة النفقية.

وتشترك كل أنواع المصبات في مشكلة ضياع كمية من المادة في نظام الفوهة والمجرى، وإن كان بالإمكان استرجاع جزء منها عبر "أنظمة إعادة التدوير الداخلية". وتُجرى محاولات لتجنب هذا الفقد من المادة – لأسباب اقتصادية وبيئية – عن طريق التحكم بدرجة حرارة نظام الفوهات والمجاري؛ للإبقاء على سيولة المصهور في هذه المنطقة.

نظام المجرى الساخن

نظام المجرى البارد

وبناء على ما سبق تُستخدم المجاري الساخنة في عمليات تشكيل اللدائن الحرارية، بينما تُستخدم المجاري الباردة في المواد المرنة لتمنعها من الترابط التقاطعي المبكر (انظر الشكل رقم ٤,٥).



الشكل رقم (٤,٥). نظام مجرى ساخن.

عدد التجاويف

كلما كان تعقيد القطع المقولبة بالحقن أكثر، وازداد الطلب عليها؛ قلّت إمكانية تشكيلها متزامنة (في حقنة صب واحدة). والسبب في هذا أن العملية يجب مراقبتها بدقة شديدة للحصول على الخصائص المطلوبة. وكلما زاد عدد التجاويف في القالب الواحد، صعب ضمان قولبة كل الأجزاء عند ظروف التشكيل نفسها، ولهذا فإن أنظمة المجاري الساخنة تُستخدم غالباً في القوالب ذات التجاويف القليلة فقط.

الأقراص المدمجة

إن الأقراص المدمجة مثال على المقولبات المعقدة المذكورة آنفاً، حيث تخضع الأقراص المدمجة لمواصفات بصرية عالية. وتُصنع الأقراص المدمجة في قوالب أحادية التجويف باستخدام

فوهة مخروطية تُطرق بعد إخراج القطعة من القالب. ويبدو أن هناك توجهاً لاستخدام أنظمة المجاري الساخنة في عمليات إنتاج الأقراص المدمجة.

(٤,٣) التجويف

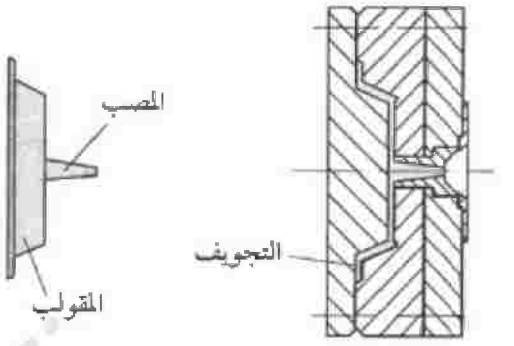
يمر المصهور السائل عبر نظام الفوهة والمجرى إلى تجويف (أو تجاويف) القالب. ويتشكل المقولب – في القالب- إما بالتصلب في حالة اللدائن الحرارية وإما بتفاعل الترابط التقاطعي، كما في حالة المواد المرنة أو المواد المتصلبة حرارياً.

الانكماش

يعد تجويف القالب (أو قالب الصب بصورة أدق) صورة عكسية للقطعة المراد تشكيلها (انظر الشكل رقم ٤,٦)، غير أن تصلّب المادة - كما في كل حالات الصب - يؤدي إلى نقص في حجم المادة المقولبة (انكماش المقولب).

التعويض عن الانكماش

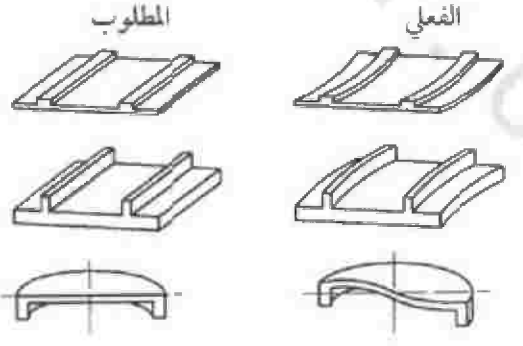
إن أي قالب صب - بما في ذلك التجاويف في عملية القولبة بالحقن - يجب أن يكون أكبر قليلاً من القطعة المراد قولبتها. ويجب أن تساوي هذه الزيادة في الأبعاد الحجم المفقود خلال الانكماش، بحيث تكون أبعاد القطعة المقولبة هي الأبعاد الصحيحة، مثال ذلك التروس الموجودة في أجهزة المطبخ الكهربائية. ويُقدَّر الانكماش في اللدائن الحرارية غير البلورية بـ٠,٥-٠,٨٪، بينما يُقدَّر في اللدائن الحرارية شبه البلورية بـ ١-٢٪.



الشكل رقم (٤,٦). مثال على تجويف القالب.

الالتواء

وإلى جانب الانكماش – المحدد بالمادة – فهناك انحراف بعدي آخر بين التجويف والمقولب النهائي، ألا وهو الالتواء (انظر الشكل رقم ٤,٧). مثال ذلك الانثناء الظاهر على الأسطح المستوية الطويلة.



الشكل رقم (٤,٧). الالتواء.

معدل التبريد ينشأ الالتواء نتيجة اختلاف معدلات التبريد في مناطق المادة المقولبة ذات السمك المختلف. وسبب آخر للالتواء، هو التوجيه البعدي خلال مرحلة الحقن.

التوجيه ويشمل التوجيه الاصطفافات الاتجاهية المفضلة لجزيئات المادة المحقونة.

الدعائم بسبب عدم إمكانية تفادي الأسطح الطويلة المستوية، تُستخدم دعائم لتقوية الأجزاء الحرجة للقطعة المقولبة – حسب الإمكان – وذلك لمنع الانحناءات، ومن الأمثلة على ذلك أغطية أجهزة التلفاز وأبواب آلات التصوير. وعند عدم إمكانية استخدام الدعائم، يجب استخدام موانع أخرى. ومن الممكن تحسين القالب بما يسمح بخروج القطعة المقولبة مستوية نتيجة التواء لاحق، ويعني هذا السماح بحدوث الالتواء خلال تصميم القالب. وهناك طريقة أخرى تتمثل في استخدام تقنية حقن الغاز، حيث يُضخ الغاز للحصول على ضغط داعم في مناطق معينة لمقاومة الانكماش والالتواء (انظر الفصل ٢,٣).

مكان الفوهة من المعتاد أن تترك الفوهة أثراً على المنتج النهائي.

الآثار السطحية ويفترض عدم ظهور هذه العلامات، وخاصة على الأجزاء المرئية من المقولبات. وفي الوقت نفسه، هناك حدود للتعقيد المسموح به في تصميم أنظمة المجاري. وهذا أيضاً عامل في الطول الأقصى المسموح به لمسارات الموائع حسب المادة

اللدنة المختارة، أو الحد الأعلى المسموح به من المادة المفقودة عند استخدام نظام مجارٍ أكبر، ولهذه الأسباب فهناك قيود على موقع التجويف في القالب في بعض الحالات. وهناك عامل آخر محدد لموقع التجويف، ألا وهو التأكد من سهولة إزالة المقولب من القالب بلا أضرار.

(٤,٤) أنظمة التسخين والتبريد

إن الهدف هو إنتاج مقولب صلب وثابت من المصهور في التجويف، كما ذُكر سابقاً، حيث تخضع اللدائن الحرارية إلى عملية تصلُّب، بينما يطرأ على المواد المتصلبة حرارياً والمواد المرنة تفاعل ترابط تقاطعي كيميائي.

التبريد

سنشرح عملية التصلب بتفصيل أكثر؛ كونها تحدث في حالة اللدائن الحرارية. وعند تشكيل اللدائن الحرارية، فإنها تُسخَّن في مرحلة التلدين بما يكفي لصهرها وحقنها إلى تجويف القالب. ويجب إزالة تلك الحرارة من القالب ليتصلب المصهور على الهيئة النهائية للمنتج؛ لذا يجب أن يكون القالب المستخدم في اللدائن الحرارية قادراً على إزالة تلك الحرارة من المقولب.

التوصيل الحراري

الترابط التقاطعي

وتختلف الحال في عملية تشكيل مركبات القولبة المتفاعلة (المواد حرارية التصلب والمواد المرنة). وفي الحقيقة فإن هذه المواد تُسخَّن في مرحلة التلدين لتتحول إلى مائع، غير أن القطعة في القالب لا تتصلب بتصليد المصهور، ولكن بتفاعل

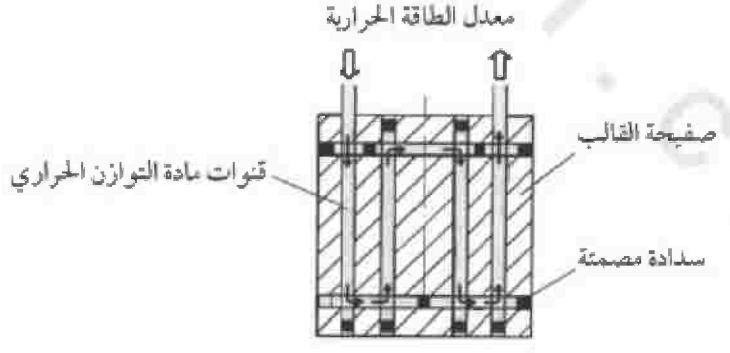
التقاطع الكيميائي للمادة المقولبة. وهذا التفاعل يحتاج للحرارة؛ لذا يجب أن يكون القالب المستخدم في قولبة المركبات المتفاعلة قادراً على إضافة حرارة إلى المقولب.

أنظمة التسخين/التبريد

إن هذين المتطلبين من أدوات القولبة بالحقن مختلفان، ولهذا فقد يكون هناك اختلافات بنائية كبيرة بين القوالب المستخدمة للدائن الحرارية، وتلك المستخدمة لمركبات القولبة المتفاعلة.

قالب للدائن الحرارية

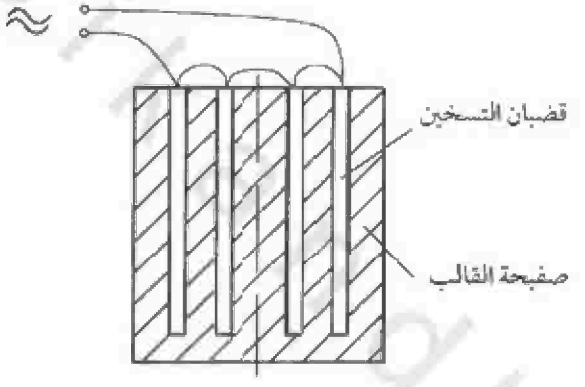
تُزود القوالب المستخدمة للدائن الحرارية بقنوات قريبة من التجويف من أجل التبريد. يوضح الشكل رقم (٤,٨) تركيب نظام تسخين يستخدم وسطاً سائلاً. ولتكوين شبكة قنوات، تثقب قنوات طولياً وعرضياً في القالب، وبعد ذلك تُغلق هذه القنوات في أماكن محددة لتكوين نظام دائري لسائل التبريد والتسخين. وتتراوح حرارة السائل بين ٣٠ و ١٠٠ م° (٨٦-٢١٢ ف°) حسب المادة المقولبة.



الشكل رقم (٤,٨). نظام تسخين باستخدام وسط سائل.

قالب اللدائن المرنة
قالب اللدائن حرارية التصلب

غالباً ما تُستخدم أقطاب تسخين كهربائية القالب في حالة اللدائن حرارية التصلب واللدائن المرنة. والشكل رقم (٤.٩) يوضح نظام التسخين الكهربائي. وفي هذه الحالة تدخل أقطاب التسخين إلى ثقوب في القالب لتسخينه إلى درجات الحرارة المطلوبة للتقاطع، وتتراوح بين ١٥٠-٢٠٠ م° (٣٠٠-٤٠٠ ف°).



الشكل رقم (٤.٩). رسم توضيحي لنظام التسخين الكهربائي.

أنظمة التوازن الحراري

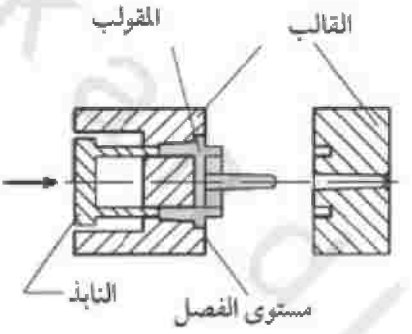
ومن الممكن أيضاً استخدام نظام توازن حراري باستخدام وسط تسخين سائل. وبسبب درجات الحرارة العالية يُستخدم غالباً زيت الانتقال الحراري وسيطاً.

ويُستخدم المصطلح العام "توازن الحرارة"؛ لأن الحرارة مستخدمة في كل حالة، سواء مبعدة من القالب (تبريد) عند قولبة اللدائن الحرارية، أو مضافة إليه (تسخين) عند قولبة اللدائن حرارية التصلب أو اللدائن المرنة.

(٤,٥) نظام اللفظ (النبذ)

الخط الفاصل عندما تتصلّب القطعة المقولبة في التجويف عند نهاية دورة الحقن، فمن المهم التأكد من إمكانية إزالة القطعة من القالب. ولهذا الغرض يتكون القالب من نصفين، ليمكن فتحه عند الخط الفاصل بينهما. والشكل رقم (٤,١٠) يوضح قالباً مفتوحاً، حيث يظهر في الشكل المقولب وهو يُزال باستخدام النابذ.

الإزالة



الشكل رقم (٤,١٠) القالب وخط الفصل.

الإزالة اليدوية عند فتح القالب يُزال مباشرة المقولب عند خط الفصل. وفي أبسط الحالات، يمكن إزالة المقولب يدوياً، غير أن عملية القولبة بالحقن مصممة خصيصاً لإنتاج كميات كبيرة من المقولبات، وبمعدل إنتاج عال، ولذا يجب أن تعمل آلياً بشكل كامل. ولهذا يتضح أن إزالة المقولبات يدوياً تأخذ وقتاً طويلاً، إضافة إلى أن وقت الدورة الإنتاجية يتذبذب بسبب تدخل المشغل في دورة الآلة، وقد يؤدي هذا إلى اختلافات

في جودة المقولب. وفي حالة اللدائن الحرارية، تُستخدم الإزالة اليدوية في حالات خاصة، عندما تكون المقولبات حساسة أو معقدة الشكل.

الإزالة اليدوية للمواد المرنة

تختلف الحالة شيئاً ما عند قولبة المواد المرنة. فمن جهة، نجد أن المرونة المطلوبة في تطبيقات المقولبات المطاطية تجعل الإزالة اليدوية خلال دورة القولبة صعبة. ومن جهة أخرى، فإن هناك قطعاً معقدة الأشكال وإنتاجها بطريقة القولبة بالحقن غير مربحة لولا الحاجة إلى مرونتها، ومثال ذلك المنافخ وأكواع الخراطيم. ولذا فمن غير الممكن - غالباً - أن تتحاشى الإزالة اليدوية لمقولبات المطاط، حتى عند إنتاج الكميات الكبيرة.

النبذ الآلي

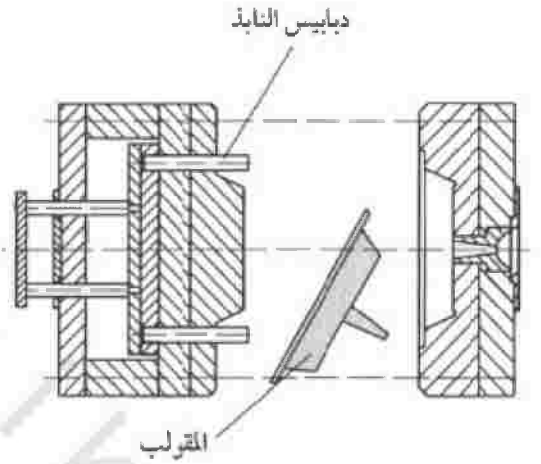
تقوم - عادة - النوابذ الآلية بعملية الإزالة، والتي تشغلها آلة القولبة بالحقن عند انفتاح القالب عند خط الفصل في نهاية دورة القولبة. وتقوم هذه النوابذ بالتأكد من فصل المقولب عن القالب، على الرغم من وجود الزوائد وقوى الالتصاق والإجهادات الداخلية التي تحاول استبقاء المقولب في التجويف.

نوع النابذ

ويمكن استخدام نوابذ متعددة التصاميم، ويعتمد الاختيار على شكل المقولب وموقعه في القالب وقوى الاستبقاء. يوضح الشكل رقم (٤.١١) نظام الدبوس مثالاً على النوابذ في أدوات القولبة بالحقن.

دبابيس النابذ

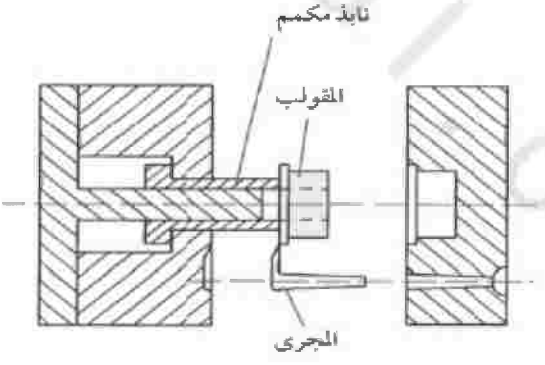
وتترك دبابيس النابذ آثار ضغط على القطع المقولبة، ويجب عدم استعمالها على الأجزاء الظاهرة من المقولب حسب الإمكان.



الشكل رقم (٤,١١). الإزالة بدبابيس النابذ.

النوابذ المكممة

النابذ المكمم (الشكل رقم ٤,١٢) مثال آخر على النوابذ، وهو قادر على نقل قوة إخراج أكبر. ويستعمل النابذ المكمم عادة مع القوالب المتماثلة محورياً.

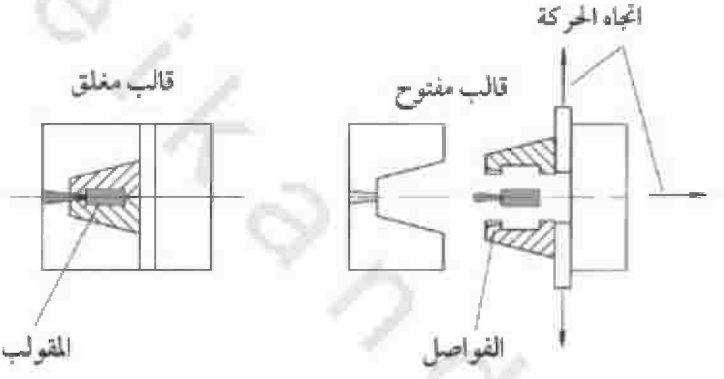


الشكل رقم (٤,١٢). الإزالة بواسطة النابذ المكمم أو جلبة الدفع.

الزوائد

إذا كان المقولب ذا زوائد، فليس مناسباً أن يكون النابذ المستخدم مصمما لإزالة عادية خالية من الإشكالات. وفي مثل هذه الحالات يُصمم القالب بخط فاصل إضافي، ينفتح خلال مرحلة النبذ لتحرير الزوائد. يوضح الشكل رقم (٤,١٣) مثالاً للقالب المقسوم.

الخط الفاصل الإضافي



الشكل رقم (٤,١٣). القالب المقسوم.

نقل المقولب

عندما تكون مواصفات المقولب لا تتطلب دقة عالية، فإن المقولب يسقط على حزام ناقل أو وعاء بعد قذفه من القالب.

أجهزة المناولة

أما المقولبات ذات الأسطح عالية الجودة، مثل (صدامات السيارات)، فيجب إزالتها بجهاز مناولة لمنع تلف القطعة. ومثل هذه الأجهزة تشمل المناولات آلية التحكم (الروبوتات) على سبيل المثال. وهناك فائدة أخرى لاستعمال

الوضع

أجهزة المناولة عندما تكون المقولبات بحاجة إلى عمليات تكميلية، حيث يضع الماسك المقولب في المكان الصحيح لإجراء تلك التكميلات، ويوفر هذا وقتاً وجهداً يمكن أن يضيع في الصف والترتيب.

الأقراص المدمجة

تعد الأقراص المدمجة مثالاً على المقولبات عالية الدقة التي تحتاج إزالتها إلى جهاز مناولة. ولو سُمح للقرص المدمج أن يقع - بفعل الجاذبية - على حزام ناقل، فلربما تضرر بدرجة لا يصلح معها للاستخدام المراد. والفائدة الأخرى أن المناول الآلي يمكنه نقل القرص المدمج إلى محطة الرش (الطلاء المعدني).

أسئلة مراجعة

م	السؤال	الاختيار
١	من مكونات القالب.....	اللولب التجويف
٢	في فوهة المصب، ثقب المصب في القالب	أسطواني مخروطي
٣	في نوع معين من الفوهات، يمر المصهور فوق فراغ ضيق إلى القالب، بسبب أن عرض الفراغ لا يتجاوز أحياناً عدة أعشار المليمتر، وتسمى هذه الفوهة بـ.....	فوهة المصب الفوهة الرقيقة فوهة الحاجز الفوهة الإبرية
٤	لتقليل كمية الفقد، وخاصة عند تشكيل المواد الثمينة، يستخدم....	نظام مجرى فوهة مصب مجرى ساخن
٥	يسمى نقص الحجم نتيجة تصلب المقولب....	التواءً انكماشاً
٦	نسبة الانكماش في اللدائن الحرارية شبه البلورية هي	٠,٥-٠,٨٪ ١-٢٪ ١٠-١٥٪
٧	أجزاء القالب مختلفة السمك تتعرض لمعدلات تبريد مختلفة ؛ مما يسبب.....	التواءً انكماشاً
٨	حرارة القوالب المستخدمة للدائن الحرارية .... من حرارة القوالب المستخدمة للمركبات المقولبة في عملية الحقن.	أقل أعلى

٩	.....القوالب المستخدمة لتشكيل اللدائن حرارية التصلب واللدائن المرنة.	تسخن تبرد
١٠	يجب أن.....المقولب بعد أن يتصلب في القالب.	يزال يجانس
١١	تشمل وسائط التوازن الحراري، الماء و.....	الزيت الصوديوم
١٢	للقالب .... مما يسمح بإزالة المقولب من القالب عند نهاية عملية القولبة بالحقن.	زوائد خط فاصل نظام تسخين كهربائي.
١٣	من الأمثلة على النوابذ المستخدمة في قوالب الحقن، النوابذ المكممة و.....	أجهزة المناولة دبابيس النبذ
١٤	تُنتج الأقراص المدمجة باستخدام	فوهة الحجز الفوهة الإبرية