الدرس الأول

المبادئ الأساسية للدائن
BASIC PRINCIPLES OF PLASTICS

الأسئلة المفتاحية

ما أنواع المبلمرات (اللدائن والمواد المرنة) الموجودة؟

ما سلوك هذه المواد تحت تأثير الحرارة؟

كيف تتغير اللزوجة بسبب الحرارة؟

ما اللدائن المستخدمة في القولبة بالحقن؟

المحتويات

(١,١) تصنيف المبلمرات (اللدنة والمرنة) وتعريفها.

(١,٢) خصائص التشوه في اللدائن.

(١,٣) مركبات القولبة وطرائق التشكيل.

(١,٣) مصهورات اللدائن.

أسئلة المراجعة

(١,١) تصنيف المبلمرات (اللدنة والمرنة) وتعريفها

المبلمرات

اللدائن والمواد المرنة هي الأسماء المعطاة للمبلمرات العضوية المصنعة المصنوعة من مركبات عضوية ذات وزن جزيئي منخفض تُسمى الأحاديات (monomers)، مثل: الإثيلين والستايرين وفينيل الكلوريد. ويمكن أن تُصنَّع هذه المبلمرات من مواد طبيعية ذات جزيئات كبيرة، مثل المطاط الطبيعي والسيليلوز والبروتينات.

طرق التكوين

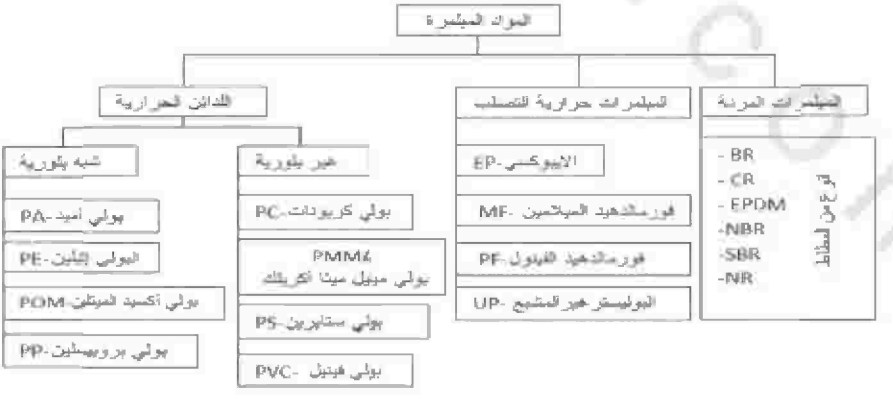
وتشمل طرائق تكوين المبلمرات الآتي:

- بلمرة السلسلة أو البلمرة بالإضافة.
- الإضافة المتعددة.
- التكثيف المتعدد (البلمرة الخطوية).

تمتلك اللدائن خصائص مختلفة لها تأثير فعال خلال عمليات الإنتاج، كما في القولبة بالحقن.

المجموعات

وتُقسَّم المبلمرات إلى ثلاث مجموعات رئيسة، كما في الشكل رقم (١,١).



الشكل رقم (١,١). تصنيف المواد المبلمرة، أسماء المجموعات وأمثلتها.

اللدائن الحرارية

اللدائن الحرارية قابلة للانصهار بشكل متكرر، وقادرة على الذوبان أو على الأقل الانتفاخ في كثير من المذيبات. وتختلف صفاتها – عند درجة حرارة الغرفة – من مواد قاسية ولينة إلى قابلة للاستطالة (مطيلة) أو صلبة. واللدائن الحرارية لها النصيب الأكبر كمياً في سوق اللدائن.

اللدائن الحرارية شبه البلورية وغير البلورية

تشبه اللدائن الحرارية غير البلورية الزجاج في تركيبها الجزيئي، وهي بذلك مختلفة عن اللدائن الحرارية شبه البلورية ذات المظهر الأبيض المعتم. وعندما يكون مظهر اللدائن شفافاً كالزجاج، فيمكن – عادة – اعتباره غير بلوري.

علب الأقراص المدمجة

وهناك أنواع كثيرة من علب الأقراص المدمجة المصنوعة من مواد مختلفة، غير أن أكثرها شيوعاً هو المعروف باسم "صندوق المجوهرات"، وهو مصنوع من مركبات لدنة غير بلورية. وتصنع أفضل أنواع علب الأقراص المدمجة من هذه المواد لشفافيتها التي تسمح بقراءة العناوين من خلالها. ويمكن – بسهولة – إضافة مواد ملونة إلى تلك المواد الشفافة. وليس هذا فحسب، بل إن الأقراص المدمجة ذاتها تُصنع من اللدائن الشفافة جدا كشفافية الزجاج، غير أنها مطلية (مرشوشة) بطبقة رقيقة عاكسة؛ تصنع عادة من الألومنيوم، وأحياناً من الذهب. وتُطلى بطريقة الترسيب في الفراغ، ثم يُطبع على هذه الطبقة. وتصبح هذه الطبقة – من الألومنيوم أو الذهب – كالمرآة، حيث تعكس أشعة الليزر بدلاً من نفاذها خلال القرص المدمج (الشكل رقم ١,٢).

المواد المرنة

لا يمكن صهر المواد المرنة أو إذابتها، ولكن يمكنها أن تنتفخ. وتتقاطع المواد المرنة بشكل شبكي واسع، ولذلك تصبح مرنة ولينة عند درجة حرارة الغرفة. ومن الأمثلة على المواد المرنة المصنوعة بطريقة القولبة بالحقن اللواصق والمنافخ والإطارات. ويمثل المطاط الطبيعي حالة خاصة في مجموعة المواد المرنة، حيث يُؤخذ من عصارة (صمغ) الأشجار الإستوائية.

الشكل رقم (١,٢). قرص مدمج وعلبة.

اللدائن حرارية التصلب

تتقاطع اللدائن حرارية التصلب بشكل شبكي ضيق في كل الاتجاهات، ولذلك فهي مقاومة للتشوه المرن والانصهار والحرارة. وبسبب كثافة ترابطها التقاطعي لا يمكن أن تذوب، ويصعب جداً أن تنتفخ، كما أنها قاسية وقصفة (قابلة للكسر) عند درجة حرارة الغرفة. ومن الأمثلة على استعمالات اللدائن الحرارية الصلبة، المقابس الكهربائية؛ لحاجتها إلى مقاومة عالية للحرارة. ولا يمكن - هنا - أن تقوم اللدائن الحرارية مقام اللدائن حرارية التصلب.

الآيزو ١٠٤٣

الآيزو ١٠٤٣ (ISO 1043) تُعطى لكل مبلمر لتعريفه بسلسلة من الرموز (الاختصارات)، التي تشير إلى صيغته البنائية الكيميائية. وتشير الأحرف الإضافية إلى استخدام المبلمر، ومواد الملء المضافة إليه وصفاته الأساسية، كالكثافة واللزوجة. ويعطي الشكل رقم (١,٣) مثالاً على هذا.

أردنا في هذا المثال أن نقدم هذه الخصائص فقط، وستُناقش بالتفصيل فيما بعد في هذا الدرس.

(١,٢) خصائص التشوه في اللدائن

اللدائن الحرارية: الحالة/ درجات الحرارة

تُظهر المواد المبلمرة خصائص مختلفة عند التسخين، وتعتمد هذه الخصائص على عوامل عديدة، منها البناء الكيميائي لجزيئات المبلمر، ونوع قوى الروابط بين الجزيئات.

وتعد القولبة بالحقن طريقة معالجة أساسية في عمليات القولبة. وبعبارة أخرى، يجب أن تكون المادة في حالة لدنة ليمكن تشكيلها. وتوصف هذه الحالة اللدنة بخصائص الجريان اللزج للمادة اللدنة الخام، مثل المساحيق والحبيبات.

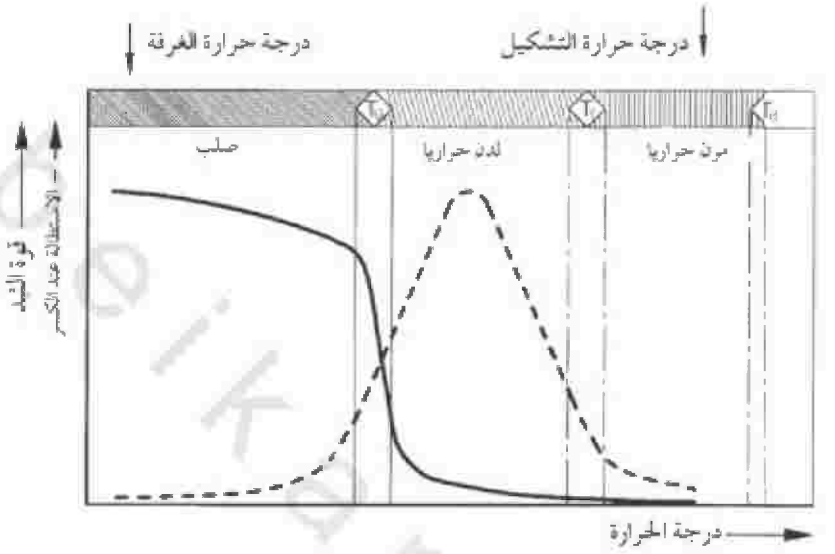
ويمثل الشكل رقم (١,٤) خاصية التشوه التي تظهر على المواد المبلمرة غير البلورية عند تعرضها للحرارة.

تحديد ماهية مادة لدنة (مبلمر)
PE-LLD (LLDPE)
تسمية المادة:
Linear low-density polyethylene
عديد الإثيلين خطي منخفض الكثافة
اختصار المبلمر الأساسي:
PE = polyethylene
عديد الإثيلين
حروف الشفرة للخصائص الإضافية:
خطي L = Linear (١- شفرة حرفية لخاصية معينة).
منخفض L = Low (٢- شفرة حرفية لخاصية معينة).
الكثافة D = Density (٣- شفرة حرفية لخاصية معينة).

الشكل رقم (١,٣). تعريف مادة لدنة.

تأثير الحرارة

المبلمر مادة صلبة عند درجة حرارة الغرفة. إن ضعف حركة الجزيئات ناتج عن القوى بين الجزيئات، كما أن زيادة الحرارة تؤدي إلى زيادة حركة الجزيئات، ويقود هذا إلى ضعف الروابط بين الجزيئات، وتردٍ في مقاومة المادة، وزيادة في تمددها واستطالتها.



الشكل رقم (١,٤). خاصية التشوه للدائن الحرارية غير البلورية.

الرموز:

T_g : درجة حرارة الانتقال الزجاجي.

T_f : المجال الحراري للجريان.

T_d : درجة حرارة التحلل (التفكك).

درجة حرارة الانتقال الزجاجي

عند تجاوز درجة حرارة الانتقال الزجاجي (T_g)، تصبح القوى بين الجزيئات ضعيفة جداً؛ مما يسمح للقوى الخارجية بالتأثير على الجزيئات لتنزلق مبتعدة عن بعضها بعضاً. وتتردى قوة المادة بشكل حاد، بينما يزداد تمددها. وفي هذا المجال الحراري، تكون اللدائن في حالة مرونة المطاط أو حالة المرونة.

مجال درجة حرارة الجريان

وباستمرار زيادة الحرارة، فإن القوى بين الجزيئات تنعدم تقريباً، بينما يبدأ المبلمر بالتحول من حالة المرونة إلى حالة اللدونة الحرارية أو الانصهار. وتوصف هذه المرحلة الانتقالية بأنها المجال الحراري للجريان (T_f)؛ لعدم إمكانية تحديد درجة الحرارة هذه بدقة. وتُجرى العمليات الأساسية لتشكيل المبلمرات، مثل القولبة بالحقن في مجال اللدونة الحرارية هذه.

درجة حرارة التفكك

وإذا استمر التسخين إلى ما فوق درجة التفكك (T_d)؛ فسيتلف المبلمر.

يوضح الشكل رقم (١.٥) خواص التشوه لمادة شبه بلورية.

درجة حرارة انصهار البلورات

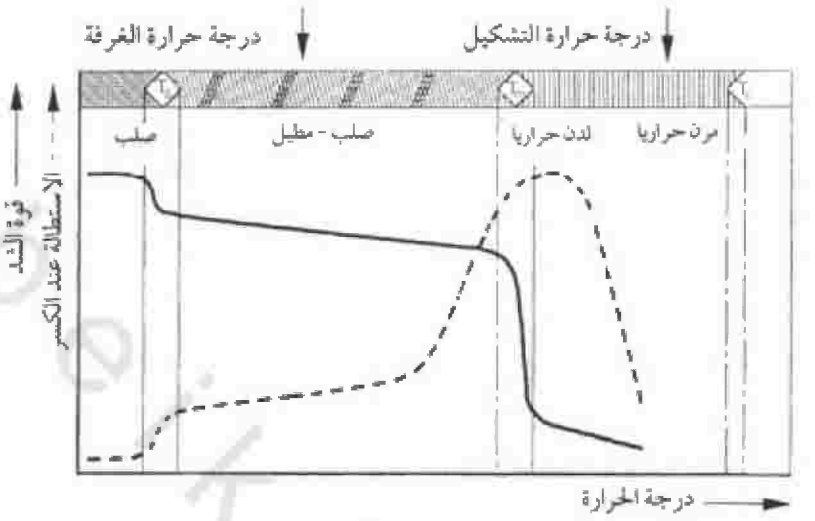
ويختلف الوضع في المبلمرات البلورية (شبه البلورية)، حيث يوجد فعلياً حالتان متجاورتان. الحالة الأولى هي المنطقة البلورية، حيث تكون الجزيئات مجتمعة ومتراصة بطريقة مرتبة. وهناك المنطقة الأخرى وهي غير البلورية، حيث تكون الجزيئات متباعدة وفي حالة غير منتظمة. وتكون القوى الجزيئية التي تربط المنطقة البلورية أقوى بكثير من تلك القوى التي تربط المنطقة غير البلورية. وعندما تتجاوز درجة الحرارة درجة حرارة الانتقال الزجاجي (T_g)، فإن المنطقة غير البلورية تلين. أما المنطقة البلورية فتبدأ بالانصهار عندما تصل درجة الحرارة إلى درجة انصهار البلورات (T_m).

سلوك الحرارة

وتتمتع اللدائن الحرارية شبه البلورية بقوة عالية ومرونة متزايدة بين درجة الانتقال الزجاجي T_g، ودرجة الانصهار T_m. إن درجة الحرارة التي تلين عندها المنطقة غير البلورية في اللدائن الحرارية شبه البلورية المعروفة، تكون أدنى بكثير من درجة حرارة الغرفة. وعند درجات الحرارة العملية (درجة حرارة الغرفة فما فوق)، تكون اللدائن الحرارية شبه البلورية قاسية وصلبة. وعندما تتجاوز درجة الحرارة درجة حرارة الانصهار، فإن قوة المادة تقل كثيراً، وتصل الاستطالة إلى حدها الأعلى (في مدى المرونة). وعندما يتبدد التماسك في المنطقة البلورية بسبب درجات الحرارة العالية، فإن الاستطالة تتناقص بشكل حاد ومفاجئ.

خصائص التشوه

ويرجع السبب في هذا الاختلاف بين اللدائن الحرارية شبه البلورية وغير البلورية إلى الاختلاف في بنائها الجزيئي. وكما ذُكر سابقاً، فإن القوة بين الجزيئات في الحالة البلورية تكون أعلى بكثير منها في الحالة غير البلورية.



الشكل رقم (١,٥). خواص التشوه لمادة شبه بلورية.

الرموز:

T_g: درجة حرارة الانتقال الزجاجي.

T_m: درجة حرارة التبلور.

T_d: درجة حرارة التحلل (التفكك).

(١,٣) مركبات القولبة وطرائق التشكيل

طرائق التشكيل

يمكن تقسيم طرائق القولبة المستخدمة في عمليات إنتاج اللدائن الحرارية بناءً على حالة تلك اللدائن الفيزيائية (المجالات الحرارية لها). ويوضح الشكل رقم (١,٦) تحديد طرائق القولبة بناءً على حالة المادة.

تقنية القولبة	الحالة الفيزيائية		
	الصلبة	المرنة حرارياً	اللدنة حرارياً
القولبة			القولبة بالحقن البثق الصب الصقل القولبة بالضغط
التشكيل		الطي/الثني الختم/التحزيز التشكيل بالشد التشكيل الحراري عمليات مشتركة	
التقطيع	الحفر الخراطة الطحن التخطيط النشر (بالمنشار) القطع الجرش		
الوصل (الربط)	التسمير (بالمسامير والبراغي) التثبيت الربط		اللحام

الشكل رقم (١,٦). طرائق القولبة.

القولبة بالحقن القولبة بالحقن واحدة من أهم عمليات القولبة الأساسية. وتتم هذه العملية في حالة اللدونة الحرارية للمادة، أي في درجات حرارة أعلى من درجة حرارة الجريان T_f أو درجة انصهار البلورات T_m، وأقل من درجة حرارة التفكك T_d.

مكونات القولبة مكونات القولبة وبتحديد أكثر مكونات القولبة بالحقن، تعني المواد الخام التي تُصنع منها المنتجات المقولبة. وتوفر مركبات القولبة من المصنعين على هيئة:

- حبيبات (مركبات قولبة مصنعة بطريقة البثق، ومقطعة إلى حبيبات صغيرة).
- مسحوق.
- مجروش.

التوصيل تُرسل مكونات القولبة معبأة في حاويات (براميل) معدنية (بسعة ١٠ كجم)، أو أكياس ورقية أو بلاستيكية، وفي بعض الحالات تُنقل في ناقلات كبيرة غير معبأة (سائبة) عبر الطرق الحديدية أو البرية.

الرطوبة يجب تخزين مواد القولبة في بيئة جافة، حيث يجب ألا تتجاوز نسبة الرطوبة الحد المسموح به، وهو ٠,١٪ إلى ٠,٣٪ (للدائن الحرارية). غير أن مركبات القولبة المبللة، مثل عديد الكربونات يمكن تجفيفها عند درجة حرارة ١٢٠ – ١٣٠ م° (٢٥٠–٢٧٠ ف)، لمدة ٨ – ١٢ ساعة.

المواد حرارية التصلب المبلمرات المرنة

ويختلف الوضع للدائن حرارية التصلب والمبلمرات المرنة، حيث تدخل إلى آلة القولبة على شكل أشرطة (شرائط)، (كما في حالة اللدائن المرنة)، أو على شكل سوائل، (كما هي الحالة في مواد المطاط السليكوني). وتكون إمدادات اللدائن حرارية التصلب على هيئة مساحيق أو سوائل، بينما تدخل اللدائن حرارية التصلب المقواة بالألياف الزجاجية الطويلة إلى آلة القولبة بشكل يشبه الملفوف المبشور.

(١,٤) مصهورات اللدائن

(١,٤,١) اللزوجة

اللزوجة

في عملية القولبة بالحقن، يكون المبلمر في حالته اللدنة حرارياً، حيث يجري بصورة لزجة، ولزوجة السائل هي مقياس لمقاومته للجريان. وتعرف اللزوجة (n) في السوائل النيوتونية – مثل الماء – كما في الشكل رقم (١,٧).

مقاومة الجريان

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

الرموز:

n اللزوجة (باسكال.ثانية)، و τ إجهاد القص (باسكال)، و $\dot{\gamma}$ معدل القص (ثانية/١).

الشكل رقم (١,٧). اللزوجة.

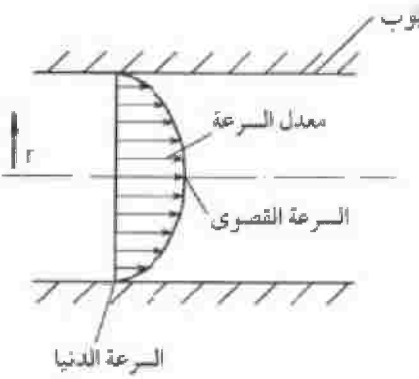
السائل اللزج

لتوضيح معنى اللزوجة، يمكن أن نتخيل حاويتين متساويتي الحجم، وفي أسفل كل منهما فتحة مغلقة، ولهما القطر نفسه. وإذا ملأنا إحداهما بالماء والأخرى بدهان لزج، ثم فتحنا الفتحتين في الوقت نفسه، فإن كمية الدهان الجارية إلى خارج الحاوية تحتاج إلى وقت أطول من الكمية نفسها من الماء. وبهذا نستنتج أن الدهان أعلى لزوجة من الماء. وإذا كانت لسائل ما لزوجة عالية جداً، فإنه يُوصف بأنه عالي اللزوجة.

(١,٤,٢) إجهاد القص ومعدل القص

منحنى معدل الجريان

عند جريان سائل ما في أنبوب، فإن أعلى سرعة جريان ستكون في منتصف الأنبوب، بينما تتناقص سرعة الجريان كلما اتجهنا إلى جدار الأنبوب، مكونة منحنى الجريان. ولذلك يمكننا تخيل أن السائل عبارة عن مجموعة من الطبقات الجارية عند سرعات مختلفة، كما في الشكل رقم (١,٨).

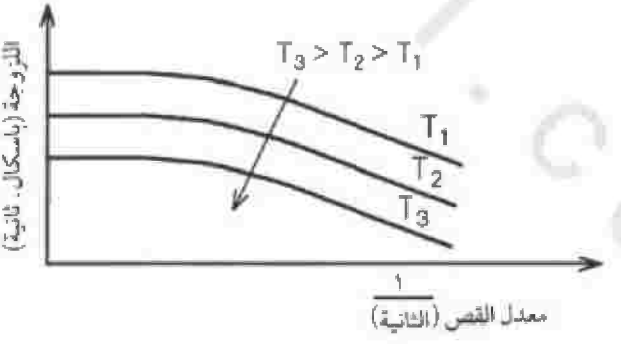


الشكل رقم (١,٨) منحنى السرعة لسائل مار خلال أنبوب.

إجهاد القص يحدث إجهاد القص من انزلاق طبقات جزيئات السائل
معدل القص بعضها فوق بعض. أما معدل القص فهو الفرق في معدلات الجريان، أو تسمى تدرج القص. ويعني هذا التغير في معدلات جريان طبقات السائل خلال نصف قطر الأنبوب، حيث تقل اللزوجة مع زيادة معدل القص.

(١,٤,٣) اللزوجة والحرارة

اللزوجة عندما يُسخَّن سائل ما، فإن لزوجته تقل. فإذا سخنا الدهان في مثالنا السابق، فإنه سيستغرق وقتاً أقل للجريان خارج الحاوية؛ لذا فإن لزوجة اللدائن لا تعتمد على معدل القص فقط، وإنما على درجة الحرارة أيضاً، كما في الشكل رقم (١,٩).



الشكل رقم (١,٩). دالة اللزوجة لمادة لدنة (بلاستيكية). (إحداثيات لوغارثمية).

الحرارة

تقل اللزوجة مع زيادة الحرارة، ولذا يبدأ مصهور اللدائن بالجريان بشكل أقل لزوجة. فلزوجة عديد الإثيلين – مثلاً – عند معدل قص ١٠٠٠ ١/ثانية، ودرجة حرارة ١٥٠ درجة مئوية (٣٠٠ درجة فهرنهيتية)، هي ١٣٨ (باسكال/ ثانية)، بينما تقل إلى ٥٢ (باسكال/ ثانية) تقريباً عند زيادة درجة الحرارة إلى ٢٧٠ درجة مئوية (٥٢٠ درجة فهرنهيتية)، وعند معدل القص نفسه.

بيانات المعالجة

وهناك عوامل أخرى – غير اللزوجة – تؤثر في إمكانية تشكيل اللدائن بالحقن. يوضح الشكل رقم (١,١٠) قائمة مختصرة لبعض أنواع اللدائن المستخدمة في القولبة بالحقن مع خصائصها المهمة عند التشكيل، مثل (الانكماش عند التشكيل، وإمكانية الجريان، ونطاق درجات الحرارة).

الاسم الكيميائي التركيب	الآيزو ١٠٤٣ (ISO 1043) الدان ٧٧٢٨ (DIN 7728)	الكثافة (جرام/سم ٣)	درجة حرارة المعالجة (درجة مئوية)	قابلية الجريان ج: جيد م:متوسط ض: ضعيف	الانكماش عند التشكيل (٪) ز= مقوى بالألياف الزجاجية
عديد الستايرين	PS	١,٠٥	١٨٠- ٢٨٠	ج	٠,٣- ٠,٨
ستايرين- بيوتادايين	SB	١,٠٥	١٨٠- ٢٨٠	ج	٠,٤- ٠,٧
ستايرين- أكريلونترل	SAN	١,٠٧	٢٠٠- ٢٦٠	م	٠,٤- ٠,٧ ز ٠,١- ٠,٣

الشكل رقم (١,١٠) الخصائص المهمة لبعض المواد.

أكريلونترل- بيوتادايين- ستايرين	ABS	-١,٠٨ ١,٢	-٢١٠ ٢٧٠	م ض	-٠,٤ ٠,٧ -٠,٢ ٠,٤ ز
عديد الإثيلين	PE	-٠,٩١ ٠,٩٧	-١٨٠ ٢٧٠ -٢٤٠ ٣٠٠	ج م ض	-١,٢ ٢,٨ -١,٢ ٢,٥
عديد ميثا أكريلات الميثيل	PMMA	١,١٨	-١٧٠ ٢٤٠	م	-٠,٣ ٠,٧
عديد الأميد	PA	-١,٠٤ ١,١٥	-٢٣٠ ٢٩٠	ض	-٠,٧ ٢,٠ -٠,٢ ٠,٨ ز
خلات السيلولوز	CA	١,٣١	-١٨٠ ٢٣٠	ج	-٠,٤ ٠,٧
عديد الكربونات	PC	١,٢٠	-٢٨٠ ٣٢٠	ض	-٠,٦ ٠,٨ -٠,٢ ٠,٥ ز
عديد كلوريد الفينيل الصلب	PVC	١,٣٨	-١٩٠ ٢٣٠	ض	-٠,٤ ٠,٧
عديد أكسيد الميثيلين	POM	١,٤١	-١٨٠ ٢٣٠	م	-١,٨ ٣,٠ -٠,٢ ٠,٦ ز
عديد البروبيلين	PP	٠,٩١	-٢٤٠ ٣٠٠	م ض	-٠,٥ ١,٢ ز

تابع الشكل رقم (١,١٠).

نطاق درجات حرارة التشكيل

يمكن ملاحظة أن نطاق درجات الحرارة ضيق لبعض المواد وواسع لمواد أخرى. وعلى سبيل المثال، فلدى عديد كلوريد الفينيل غير الملدّن (PVC-U) نطاق حراري ضيق جداً

(١٩٠-٢١٠ م° أو ٣٧٤-٤١٠ ف°)، بينما يمكن تشكيل عديد أكسيد الميثيلين (POM) بين ١٨٠ و ٢٣٠ م° (٣٥٦-٤٤٦ ف°) (انظر الشكل رقم ١,١٠).

خصائص عديد الكربونات المستخدمة في تصنيع الأقراص المدمجة

يوضح الشكل رقم (١,١١) خصائص عديد الكربونات (PC) المستخدم في صناعة الأقراص المدمجة، وكذلك قيم المتغيرات المستخدمة في آلة القولبة بالحقن.

وستوضح المصطلحات المستخدمة في الجدول السابق في الدروس القادمة بالتفصيل.

صفات المادة:

صلبة، قاسية، مقاومة للصدم إلى -١٠٠ م° (-١٤٨ ف°)، مقاومة للحرارة العالية، شفافة جداً، غير سامة.

مقاومة لـ:

الزيوت، الوقود، الأحماض المخففة، الغول (الكحول)، الشمع، الدهون، الصابون غير المعقد.

غير مقاومة لـ:

الأحماض المركزة، المحاليل القاعدية، البترين، الأمينات، النشادر (الأمونيا)، بعض مركبات المذيبات.

خواص المادة:

مقاومة للاحتراق، تطفأ بعيداً عن اللهب، زاهية اللهب، تنتج سناجاً (سخاماً)، تتفحم، تكون بثرة (فقاعة)، لها رائحة الفينول.

حرارة الأسطوانة :

منطقة التسخين الأولى: ٢٣٠-٢٦٠ م°

منطقة التسخين الثانية: ٢٥٠-٣٠٠ م°

منطقة التسخين الثالثة: ٢٦٠-٣٢٠ م°

الشكل رقم (١,١١). قيم ظروف عملية التشغيل لعديد الكربونات.

منطقة التسخين الرابعة: ٢٦٠-٣٢٠ م°

منطقة الفوهة: ٢٨٠-٣٣٠ م°

ضغط الحقن:

يحتاج إلى ضغط حقن عال جداً (١٣٠٠-١٨٠٠ بار = ١٩٠٠٠-٢٦٠٠٠ رطل/بوصة مربعة)؛ بسبب اللزوجة العالية للمادة.

ضغط التحميل:

يساوي ٤٠ -٦٠٪ من ضغط الحقن.

الضغط الانعكاسي:

٥٠-١٥٠ بار (٧٢٥-٢١٧٥ رطل/بوصة مربعة).

سرعة الحقن:

تعتمد على طول الممر وسمك الجدار. تحتاج إلى حقن سريع للجدران الرقيقة. يجب أن تكون السرعة أبطأ للحصول على أسطح بجودة جيدة.

سرعة دوران اللولب (دورة\دقيقة):

يحتاج اللولب إلى عزم (فتل) عال؛ ولذا يجب أن تكون السرعة متوسطة.

الوسادة الصهارية:

٢-٦ مم (٠,٠٨-٠,٢٤ بوصة) حسب حجم التغذية.

درجة حرارة القالب:

لا تقل عن ٨٥ م° (١٨٥ ف°). إن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى إتمام ملء القالب، وتحسين جودة المقولب، في حين أن حرارة القالب العالية تزيد من مدة الدورة بشكل طفيف، حيث إن درجة حرارة الانتقال الزجاجي هي ١٤٥ م° (٢٩٣ ف°).

التجفيف قبل الحقن:

٤-١٢ ساعة (أو ٢-٥ ساعات في فرن التجفيف عالي السرعة) عند درجة حرارة ١٠٠-١٢٠ م° (٢١٢-٢٤٨ ف°). وتوجد القياسات الفضلى للاستطالة والصلابة ومقاومة الصدمات المخزنة عند رطوبة أقل من ٠,٠٢٪.

الانكماش:

٠,٧-٠,٨٪ (٠,١-٠,٥ ٪ عندما تكون عديد الكربونات مملوءة بألياف الزجاج).

كمية (حجم) الحقن:

١٥-٨٥٪ من حجم الأسطوانة الفعلي.

إطفاء الآلة:

إذا كان الإنتاج يوقف أثناء الليل، نظّف الأسطوانة من المادة، وأبقها عند درجة حرارة ١٦٠-١٨٠ م° (٣٢٠-٣٥٦ ف°).

تابع الشكل رقم (١,١١).

الأقراص المدمجة

مما سبق يتبين أن هناك عدداً كبيراً من العوامل التي يجب اعتبارها عند تشكيل مادة بجودة عالية. ويمكن أن تأخذ قيم المتغيرات أثناء المعالجة مجالاً واسعاً. يحتاج تشكيل الأقراص المدمجة إلى عديد كربونات ذي لزوجة منخفضة، ودرجة حرارة تشكيل في نطاق ٣٢٠ - ٣٦٠ م° (٦٨٠-٦١٠ ف°). واللزوجة المنخفضة ضرورية ليمكن إتقان الأشكال الهندسية للنقرات (Pits) على جهة المعلومات من القرص المدمج بدقة عالية، وإذا لم يتحقق هذا، فستفقد المعلومات. وعلى الرغم من وجود مصحح للأخطاء في مشغل الأقراص المدمجة، غير أن قدرته على تصحيح المعلومات المفقودة (غير الموجودة أو الموجودة بشكل جزئي) محدودة.

أسئلة مراجعة

م	السؤال	الاختيار
١	هناك ثلاثة أنواع متباينة من اللدائن هي : المتصلبة حرارياً ، واللدنة حرارياً و.....	الأحادية المصنّعة المرنة
٢	اللدائن الحرارية قابلة للذوبان و	ذات ترابط تقاطعي كثيف قابلة للانصهار غير قابلة للانصهار
٣	اللدائن الحرارية غير البلورية .....عندما تكون بدون مواد ملء أو إي إضافات.	شفافة بيضاء معتمة
٤	مادة عديد الكربونات التي تقولب منها الأقراص المدمجة هي لدائن حرارية	غير بلورية شبه بلورية
٥	لا يمكن صهر ..... أو إذابتها ، ولكن يمكن نفخها.	اللدائن الحرارية المرنة المتصلبة حرارياً
٦	الدائن المتصلبة حرارياً غير قابلة للانصهار و.....	لينة ذات ترابط تقاطعي كثيفة
٧	القوى الجزيئية البينية في الحالة البلورية ..... كثيراً منها في الحالة غير البلورية.	أضعف أقوى

٨	اختصار عديد الأميد – حسب ISO 1043 – هو.....	PS PA PC
٩	درجات حرارة تشكيل اللدائن الحرارية .....من درجات حرارة تشكيل المعادن.	أعلى أقل
١٠	اللزوجة مقياس لـ.....المصهور.	صلابة خواص جريان
١١	كلما قلت الحرارة، .....اللزوجة	زادت انخفضت
١٢	توصف القولبة بالحقن بأنها طريقة.....	إعادة تشكيل معالجة أساسية
١٣	تتطلب عملية القولبة بالحقن أن يكون المبلمر.....	لدن حرارياً مرن حرارياً

obeikandi.com