

Plastiques

Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques

Partie 1: Principes généraux, et moulage des éprouvettes à usages multiples et des barreaux

Norme Marocaine homologuée

Par décision du Directeur de l'Institut Marocain de Normalisation N° B.O N° , publiée au

Cette norme annule et remplace la norme NM ISO 294-1 homologuée en 2004.

Correspondance

La présente norme est une reprise intégrale de la norme ISO 294-1 : 2017.

Droits d'auteur ⚠

Droit de reproduction réservés sauf prescription différente aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé électronique ou mécanique y compris la photocopie et les microfilms sans accord formel. Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients de l'IMANOR, Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

Avant-Propos National

L'Institut Marocain de Normalisation (IMANOR) est l'Organisme National de Normalisation. Il a été créé par la Loi N° 12-06 relative à la normalisation, à la certification et à l'accréditation sous forme d'un Etablissement Public sous tutelle du Ministère chargé de l'Industrie et du Commerce.

Les normes marocaines sont élaborées et homologuées conformément aux dispositions de la Loi N° 12-06 susmentionnée.

La présente norme marocaine NM ISO 294-1 a été examinée et adoptée par la Commission de Normalisation des des Matières plastiques (1).

projet de norme marocaine

Sommaire

Page

| | |
|--|-----------|
| Avant-propos | iv |
| Introduction | v |
| 1 Domaine d'application | 1 |
| 2 Références normatives | 1 |
| 3 Termes et définitions | 1 |
| 4 Appareillage | 6 |
| 4.1 Moules..... | 6 |
| 4.1.1 Moules ISO (à empreintes multiples)..... | 6 |
| 4.1.2 Moules à empreinte unique..... | 9 |
| 4.1.3 Moule mixte..... | 10 |
| 4.2 Machine de moulage par injection..... | 10 |
| 4.2.1 Généralités..... | 10 |
| 4.2.2 Capacité de charge d'injection..... | 11 |
| 4.2.3 Système de contrôle..... | 11 |
| 4.2.4 Vis..... | 11 |
| 4.2.5 Force de verrouillage..... | 11 |
| 4.2.6 Thermomètres..... | 12 |
| 5 Mode opératoire | 12 |
| 5.1 Conditionnement du matériau..... | 12 |
| 5.2 Moulage par injection..... | 12 |
| 5.3 Mesurage de la température du moule..... | 14 |
| 5.4 Mesurage de la température de fusion..... | 14 |
| 5.5 Traitement des éprouvettes après moulage..... | 14 |
| 6 Rapport sur la préparation des éprouvettes | 14 |
| Annexe A (informative) Exemple de configurations des canaux secondaires d'injection | 16 |
| Annexe B (informative) Composants normalisés des moules pour montage par injection | 17 |
| Annexe C (informative) Exemple de moule pour moulage par injection | 18 |
| Annexe D (informative) Méthodes de réglage des paramètres de moulage par injection | 19 |
| Annexe E (informative) Méthodes pour déterminer la pression de maintien et la durée de maintien | 24 |
| Bibliographie | 30 |

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 9, *Matériaux thermoplastiques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 294-1:1996), qui a fait l'objet d'une révision technique avec les changements suivants:

- les types d'éprouvettes ont été remplacés selon l'ISO 20753;
- l'[Annexe D](#) a été ajoutée pour clarifier les méthodes de réglage des paramètres opératoires sur les machines d'injection;
- l'[Annexe D](#) originale a été renommée [Annexe E](#).

Elle inclut aussi les Amendements ISO 294-1:1996/Amd.1:2001 et ISO 294-1:1996/Amd.2:2005.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 294 peut être trouvée sur le site internet de l'ISO.

Introduction

Plusieurs facteurs dans le processus de moulage par injection influencent les propriétés des éprouvettes moulées et donc les valeurs de mesures obtenues en utilisant les éprouvettes dans une méthode d'essai. Les propriétés mécaniques de telles éprouvettes dépendent en grande partie des conditions du processus de moulage mis en œuvre pour préparer les éprouvettes. Pour des conditions opératoires reproductibles, il est fondamental de définir de manière exacte les principaux paramètres inhérents au processus de moulage.

Lors de la définition des conditions de moulage, il est important de tenir compte de l'influence que peuvent avoir les conditions sur les propriétés à déterminer. Les thermoplastiques présentent des différences dans l'orientation moléculaire, de morphologie cristalline (pour les polymères cristallins ou semi-cristallins), de morphologie de phase (pour les thermoplastiques hétérogènes) et également dans l'orientation des charges anisotropes telles que les fibres courtes. L'existence de contraintes résiduelles («figées») dans les éprouvettes moulées et la dégradation thermique du polymère pendant le moulage influence aussi les propriétés. Chacun de ces phénomènes doit être maîtrisé pour minimiser la fluctuation des valeurs numériques correspondant aux propriétés mesurées.

Il a été pris soin de s'assurer que tous les moules ISO décrits peuvent être montés dans les équipements existants de moulage par injection et ont des plaques de cavités interchangeables.

Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques —

Partie 1:

Principes généraux, et moulage des éprouvettes à usages multiples et des barreaux

1 Domaine d'application

Le présent document établit les principes généraux à suivre en vue du moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques et donne des détails de conception des moules pour la préparation de deux types d'éprouvettes à utiliser pour l'acquisition de données de référence, c'est-à-dire les éprouvettes de type A1 et de type B1 telles que spécifiées dans l'ISO 20753. Elle constitue une base pour l'établissement de conditions de moulage reproductibles. Elle vise à fournir une description des principaux paramètres du processus de moulage et à établir une pratique uniforme pour consigner les conditions de moulage. Les conditions particulières requises pour la préparation reproductible des éprouvettes varieront selon le matériau utilisé et sont données dans la Norme internationale de matériau correspondante ou doivent faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

NOTE Les essais interlaboratoires avec de l'acrylonitrile/butadiène/styrène (ABS), du styrène/butadiène (SB) et du poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA) ont montré que la conception du moule est un facteur important à prendre en considération dans la préparation reproductible d'éprouvettes.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 179-1, *Plastiques — Détermination des caractéristiques au choc Charpy — Partie 1: Essai de choc non instrumenté*

ISO 294-2, *Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques — Partie 2: Barreaux de traction de petites dimensions*

ISO 294-3:2002, *Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques — Partie 3: Plaques de petites dimensions*

ISO 294-4, *Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques — Partie 4: Détermination du retrait au moulage*

ISO 20753, *Plastiques — Éprouvettes*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1
température du moule

T_C
température moyenne de la surface de la cavité du moule mesurée après que le système a atteint un équilibre thermique et immédiatement après l'ouverture du moule

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en degrés Celsius (°C).

3.2
température de fusion

T_M
température du plastique fondu dans une charge d'injection libre

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en degrés Celsius (°C).

3.3
pression de la matière fondue

p
pression du matériau plastique en aval de la vis à n'importe quel stade du processus de moulage

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

3.4
pression de maintien

p_H
pression de la matière fondue (3.3) appliquée pendant la durée de maintien (3.9)

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

3.5
cycle de moulage

séquence complète des opérations effectuées pendant le processus de moulage pour obtenir un jeu d'éprouvettes

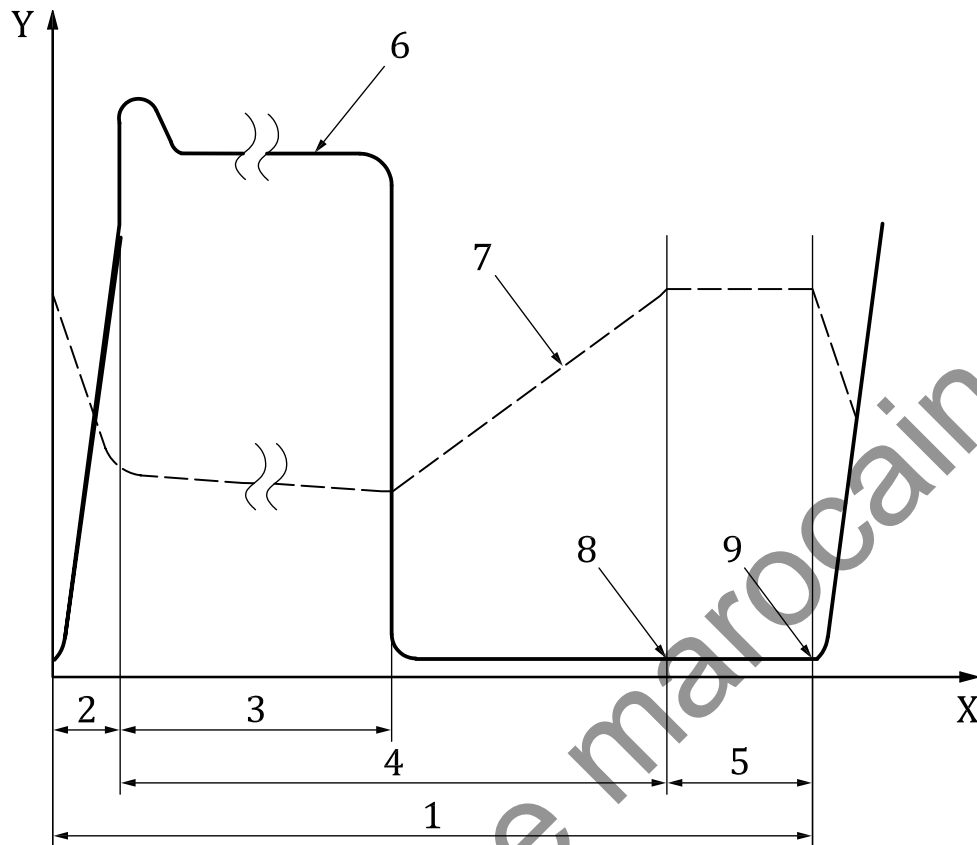
Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).

3.6
durée de cycle

t_T
temps nécessaire pour effectuer un cycle de moulage (3.5) complet

Note 1 à l'article: La durée de cycle est la somme de la durée d'injection t_I , de la durée de refroidissement t_C et de la durée d'ouverture du moule t_O .

Note 2 à l'article: Elle est exprimée en seconde(s).



Légende

- X durée, t
 Y pression de la matière fondue, p , et position longitudinale de la vis, l
 1 durée de cycle, t_T
 2 durée d'injection, t_I
 3 durée de maintien, t_H
 4 durée de refroidissement, t_C
 5 durée d'ouverture du moule, t_O
 6 pression de la matière fondue, p
 7 position longitudinale de la vis, l
 8 ouverture du moule
 9 fermeture du moule

NOTE La pression d'injection pendant la phase de refroidissement n'est pas nulle à cause des effets de la contre-pression.

Figure 1 — Graphique schématique d'un cycle de moulage par injection, représentant la pression de la matière fondue (trait plein) et la position longitudinale de la vis (trait interrompu fort) en fonction du temps

3.7

durée d'injection

t_I

durée comprise entre le moment où la vis entame son mouvement vers l'avant et celui où l'on commute de la phase d'injection à la phase de maintien

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en secondes (s).

3.8
durée de refroidissement

t_c
durée comprise entre la fin de la phase d'injection et le moment où le moule commence à s'ouvrir

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en secondes (s).

3.9
durée de maintien

t_H
durée pendant laquelle la pression est maintenue à la *pression de maintien* (3.4)

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en secondes (s).

3.10
durée d'ouverture du moule

t_0
durée comprise entre le moment où le moule commence à s'ouvrir et celui où il est de nouveau fermé et exerce la *force de verrouillage* (3.19) maximale

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en secondes (s).

Note 2 à l'article: Elle comprend le laps de temps nécessaire pour le retrait des objets moulés du moule.

3.11
cavité
partie creuse du moule dans laquelle se forme une éprouvette

3.12
moule à empreinte unique
moule comportant une seule *cavité* (3.11)

3.13
moule à empreintes multiples
moule comportant au moins deux *cavités* (3.11) identiques, disposées en flux parallèle

Note 1 à l'article: Le fait que les circuits d'écoulement soient géométriquement identiques et que les cavités du moule soient disposées de manière symétrique permet de conférer des propriétés équivalentes aux éprouvettes d'une même charge d'injection.

3.14
moule mixte
moule à empreintes multiples (3.13) comprenant des *cavités* (3.11) de géométries différentes

3.15
moule ISO
Un quelconque de plusieurs moules (désignés ISO 20753 types A1, B1, C1, D11 et D12) destinés à la préparation reproductible d'éprouvettes ayant des propriétés comparables

Note 1 à l'article: Les moules ont une plaque fixe à carotte centrale, combinée avec une plaque de cavités à empreintes multiples comme décrit en 3.13.

Note 2 à l'article: De plus amples détails sont donnés en 4.1.1.4. Un exemple de moule complet est représenté à l'Annexe C.

3.16**surface critique de la section transversale** A_c

surface d'une section transversale de la *cavité* (3.11) d'un *moule à empreinte unique* (3.12) ou d'un *moule à empreintes multiples* (3.13), à une position qui donne naissance à la partie critique de l'éprouvette, c'est-à-dire la partie sur laquelle le mesurage sera effectué

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres carrés (mm²).

Note 2 à l'article: Pour des éprouvettes de traction par exemple, la partie critique de l'éprouvette est la partie étroite supportant la contrainte la plus importante pendant la traction.

3.17**volume de moulage** V_M

rapport de la masse de l'objet moulé à la masse volumique du plastique solide

Note 1 à l'article: Il est exprimé en millimètres cubes (mm³).

3.18**surface projetée** A_p

profil global de l'objet moulé projeté sur le plan de la surface de séparation

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres carrés (mm²).

3.19**force de verrouillage** F_M

force de serrage des plaques d'un moule

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en kilonewtons (kN).

3.20**vitesse d'injection** v_I

vitesse moyenne du flux fondu passant par la *surface critique de la section transversale* (3.16)

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres par seconde (mm/s).

3.21**capacité de charge d'injection** V_S

produit de la course maximale de réglage de la machine de moulage par injection, par la surface de la section transversale de la vis

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en millimètres cubes (mm³).

3.22**masse de l'objet moulé**

masse totale des éprouvettes, du ou des canaux secondaires d'injection et de la carotte

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en grammes (g).

3.23**masse de l'éprouvette**

masse d'une éprouvette sans le ou les canaux secondaires d'injection et sans la carotte

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en grammes (g).

3.24

rapport de retassure

SR

indicateur de la profondeur de retassure provoquée à la surface de l'éprouvette, défini par:

$$SR = \frac{(h_{\max} - h_{\min})}{h_{\max}}$$

où

h_{\min} est l'épaisseur minimale de l'éprouvette, calculée comme étant la moyenne de l'épaisseur aux trois points $P_{\min 1}$, $P_{\min 2}$ et $P_{\min 3}$ le long de l'éprouvette, tels que définis aux [Figures E.2](#) et [E.3](#);

h_{\max} est l'épaisseur maximale de l'éprouvette, calculée comme étant la moyenne de l'épaisseur aux trois points $P_{\max 1}$, $P_{\max 2}$ et $P_{\max 3}$ le long de l'éprouvette, tels que définis aux [Figures E.2](#) et [E.3](#).

Note 1 à l'article: SR est exprimé avec deux chiffres significatifs (par exemple 0,032).

3.25

pression dans l'empreinte

pression du plastique fondu dans une empreinte, mesurée à l'aide d'un capteur de pression sur la face interne de l'empreinte

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

4 Appareillage

4.1 Moules

4.1.1 Moules ISO (à empreintes multiples)

4.1.1.1 Les moules ISO sont vivement recommandés en vue de la production d'éprouvettes qui sont destinées à l'acquisition de données destinées à être comparées (voir ISO 10350-1, ISO 10350-2, ISO 11403-1, ISO 11403-2 et ISO 11403-3) et le recours à ces moules s'avère approprié en cas de litige impliquant des Normes internationales.

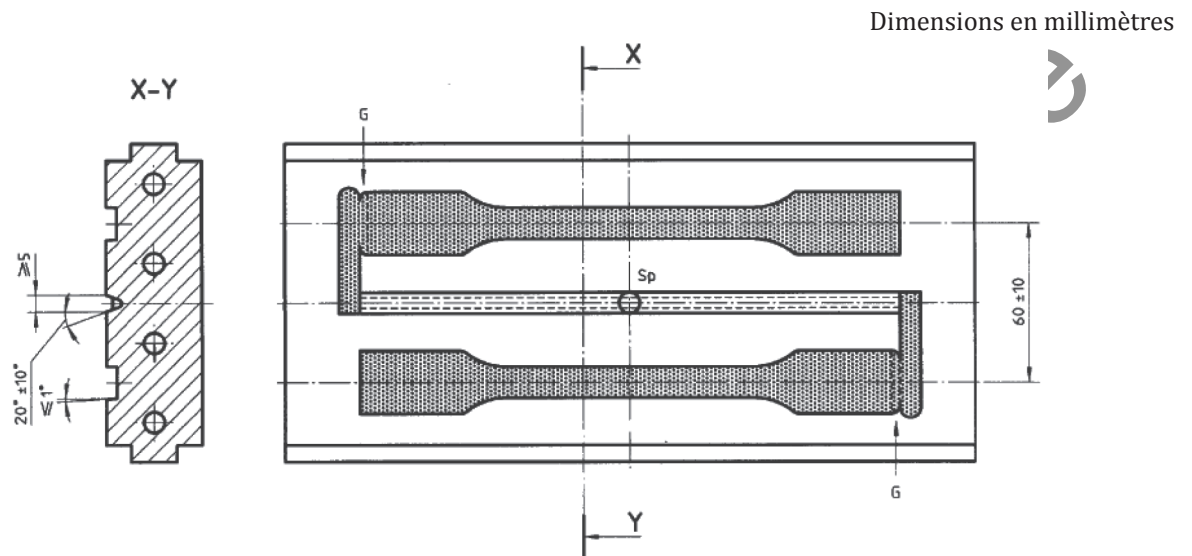
4.1.1.2 Les éprouvettes à usages multiples conformes à l'ISO 20753 type A1 doivent être moulées dans un moule ISO de type A à deux empreintes comportant un canal secondaire d'injection en «Z» ou en «T» (voir [Annexe A](#)). Le moule, tel que représenté à la [Figure 2](#), doit satisfaire aux spécifications de [4.1.1.4](#). Parmi ces deux types de canaux, il est préférable d'utiliser le canal en «Z» en raison de l'application plus symétrique de la force de fermeture. Les éprouvettes moulées doivent avoir les dimensions de l'éprouvette ISO 20753, type A1, spécifiée dans l'ISO 20753.

4.1.1.3 Les barreaux rectangulaires de 80 mm x 10 mm x 4 mm (ISO 20753, type B1) doivent être moulés dans un moule à quatre empreintes comportant un canal secondaire d'injection en «double T». Le moule doit être tel que représenté à la [Figure 3](#) et doit satisfaire aux spécifications de [4.1.1.4](#). Les barreaux produits doivent avoir les mêmes dimensions de section transversale que les éprouvettes à usages multiples en leur partie centrale (voir ISO 20753), et une longueur de 80 mm ± 2 mm.

4.1.1.4 Les principaux détails de construction des moules ISO 20753, de types A1 et B1 doivent être tels que représentés aux [Figures 2](#) et [3](#) et doivent satisfaire aux spécifications suivantes:

- a) Le diamètre de la carotte sur le côté de la buse doit être d'au moins 4 mm.
- b) La largeur et la hauteur (ou le diamètre) du canal secondaire d'injection doivent être d'au moins 5 mm.

- c) Les cavités doivent comporter une entrée à une extrémité, conformément aux représentations des [Figures 2](#) et [3](#).
- d) La hauteur de l'entrée doit correspondre au moins aux deux tiers de la hauteur de la cavité et la largeur de l'entrée doit être égale à celle de l'empreinte, à l'emplacement où l'entrée pénètre dans l'empreinte.
- e) L'entrée doit être aussi courte que possible et ne doit en aucun cas dépasser 3 mm.

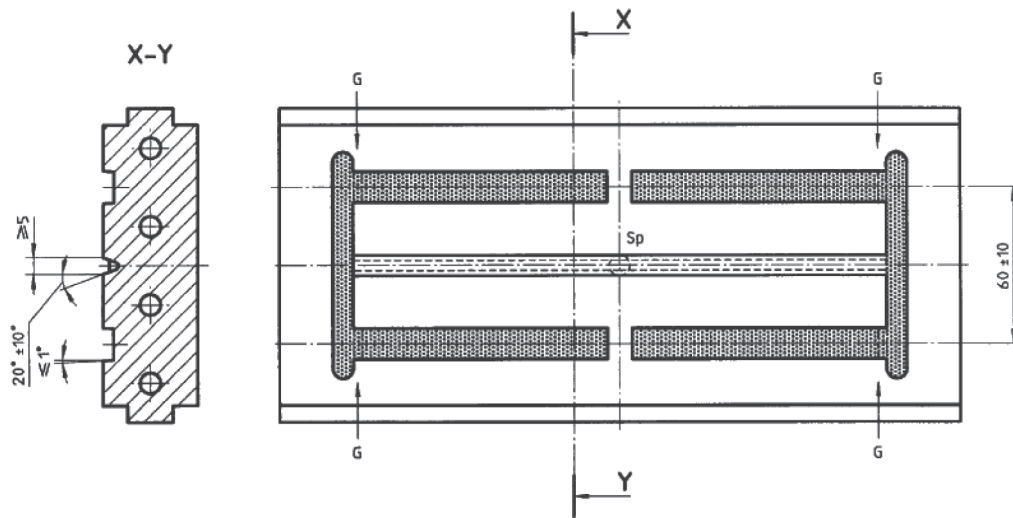


Légende

Sp carotte
G entrée

NOTE Volume de moulage, $V_M \approx 30\,000\text{ mm}^3$, surface projetée, $A_p \approx 6\,300\text{ mm}^2$.

Figure 2 — Plaque de cavités pour un moule ISO 20753, de type A1



Légende

Sp carotte
G entrée

NOTE Volume de moulage, $V_M \approx 30\,000\text{ mm}^3$, surface projetée, $A_p \approx 6\,500\text{ mm}^2$.

Figure 3 — Plaque de cavités pour un moule ISO 20753 de type B1

- f) L'angle de dépouille des canaux secondaires d'injection doit être d'au moins 10° , sans toutefois dépasser 30° . L'angle de dépouille de la cavité ne doit pas être supérieur à 1° , sauf dans la zone de l'épaulement où cet angle ne doit pas dépasser 2° .
- g) Les dimensions des cavités doivent permettre de produire des éprouvettes dont les dimensions sont conformes aux spécifications de la norme d'essai correspondante. Pour tenir compte des différents niveaux de retrait au moulage, les dimensions des cavités doivent être choisies de façon qu'elles soient comprises entre la valeur nominale et la limite supérieure des dimensions spécifiées pour l'éprouvette en question. Dans le cas des moules ISO 20753, des types A1 et B1, les dimensions principales des cavités, en millimètres, doivent être les suivantes (voir ISO 20573):
- épaisseur: 4,0 mm à 4,2 mm;
 - largeur de la section centrale: 10,0 mm à 10,2 mm;
 - longueur (moule ISO 20753, de type B1): 80 mm à 82 mm.
- h) En cas d'utilisation, les broches d'éjecteurs doivent être localisées en dehors de la surface d'essai de l'éprouvette, c'est-à-dire aux épaulements des éprouvettes haltères produites par les moules ISO 20753 des types A1 et C (pour le moule de type C, voir ISO 294-2), en dehors de la section centrale, longue de 20 mm, des barreaux produits par les moules ISO 20753 de type B1 et en dehors de la section centrale de 50 mm de diamètre des plaques produites par les moules ISO 20753 de type D (voir ISO 294-3).
- i) Le système de chauffage/refroidissement pour les plaques de cavités doit être conçu de sorte que, dans les conditions de fonctionnement, la différence de température en tout point de la surface d'une cavité et entre chaque moitié du moule soit inférieure à 5°C .
- j) Il est recommandé d'utiliser des plaques de cavités interchangeables et des inserts d'entrée afin de pouvoir passer rapidement de la production d'un type d'éprouvette donné à celle d'un autre type. De tels changements sont rendus aisés par l'emploi de capacités de charge d'injection V_S aussi similaires que possible. Un exemple est donné dans l'[Annexe A](#).

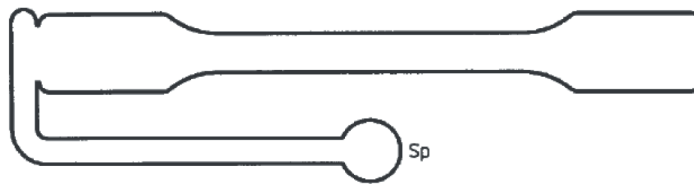
- k) Il est recommandé d'installer un capteur de pression dans le canal d'injection central, permettant ainsi d'avoir un contrôle correct de la phase d'injection (le capteur est impératif pour les applications traitées dans l'ISO 294-4). Une position de capteur appropriée pour les divers types de moules ISO est donnée dans l'ISO 294-3:2002, Figure 2 and 4.1 k).
- l) Pour s'assurer que les plaques de cavités sont interchangeable entre divers moules ISO, il est important de noter les détails de construction suivants en plus de ceux donnés aux [Figures 2 et 3](#) et de ceux donnés dans l'ISO 294-2 et l'ISO 294-3:
- 1) Pour les éprouvettes à usages multiples moulées avec un moule ISO 20753 de type A1, il est recommandé d'utiliser une cavité ayant une longueur de 170 mm. On obtient alors la longueur maximale de 180 mm pour l'espace entre les plaques de cavités.
 - 2) La largeur des plaques de cavités peut être influencée par la distance minimale requise entre les points de jonction pour les canaux de chauffage/refroidissement. En outre, un espace peut être nécessaire dans les moules ISO 20753 de type B1 pour l'adaptation d'un insert particulier pour le moulage de barreaux entaillés à utiliser dans l'ISO 179-1.
 - 3) Les marques le long desquelles les éprouvettes peuvent être découpées pour les séparer des canaux d'alimentation peuvent être définies, par exemple distantes de 170 mm, dans le cas de moules ISO 20753 des types A1, B1 et C (pour le type C, voir ISO 294-2). Une deuxième paire de marques, distantes de 80 mm, peut être définie pour découper des barreaux provenant d'éprouvettes à usages multiples (moule de type A) ainsi que pour découper des petites plaques moulées (voir ISO 294-3).
- m) Pour rendre aisée la vérification que toutes les éprouvettes d'un moule à empreintes multiples sont identiques, il est recommandé de repérer les cavités individuellement, mais à l'extérieur de la surface d'essai de l'éprouvette [voir h) ci-dessus]. Cela peut simplement être réalisé par la gravure de symboles appropriés sur les têtes des broches d'éjecteurs, évitant ainsi tout dommage sur la surface de la plaque de cavités.
- n) Des imperfections de surface peuvent avoir une répercussion sur les résultats, en particulier ceux des essais mécaniques. Le cas échéant, les surfaces des cavités du moule doivent donc être fortement polies, le sens du polissage correspondant au sens dans lequel l'éprouvette sera mise sous charge lors de l'essai.

4.1.1.5 Pour de plus amples informations sur ces composants de moule décrits dans d'autres Normes internationales, voir l'[Annexe B](#).

4.1.2 Moules à empreinte unique

La cavité d'un moule à empreinte unique (voir [Figure 4](#)) peut être en forme d'haltère, de disque ou de toute autre forme. Les éprouvettes d'un moule à empreinte unique donnent généralement des valeurs, pour certaines propriétés, différentes de celles obtenues avec des éprouvettes de moules ISO.

NOTE Il est possible que cette différence se produise du fait que le rapport du volume de la cavité au volume de moulage V_M peut être différent de celui pour les moules ISO. D'autre part, en raison du volume plus faible du moulage produit par un moule à empreinte unique, il est plus difficile de satisfaire aux spécifications relatives au rapport de volume données en [4.2.2](#), et un manquement auxdites spécifications peut contribuer à l'obtention de valeurs non comparables pour les propriétés.



a) Carotte (Sp) perpendiculaire à la plaque de moule



b) Carotte parallèle au plan de la surface de séparation (la courbure du canal évite les projections)

Figure 4 — Exemples de moules à empreinte unique

4.1.3 Moule mixte

Un moule mixte (voir [Figure 5](#)) peut être utilisé pour produire, par exemple, des barreaux plats plus des haltères et des disques. Un moule mixte peut être utilisé lorsque les propriétés des éprouvettes obtenues correspondent à celles obtenues lorsqu'on utilise des moules ISO.

NOTE Dans la plupart des cas, un remplissage continu et simultané des diverses cavités n'est pas possible dans plus d'un ensemble de conditions de moulage avec un moule mixte. C'est pour cela que ce type de moule n'est généralement pas adapté à la préparation des éprouvettes de référence. En outre, la vitesse d'injection v_1 ne peut pas être définie avec exactitude pour un moule mixte.

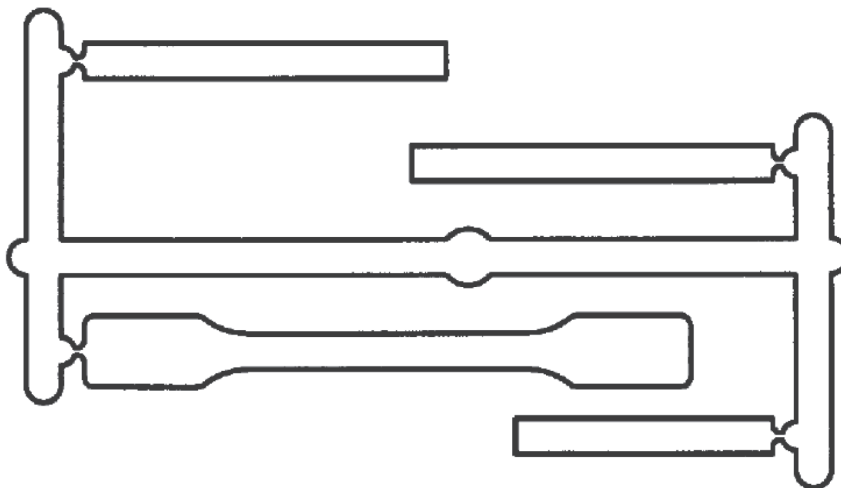


Figure 5 — Exemple de moule mixte

4.2 Machine de moulage par injection

4.2.1 Généralités

Pour davantage d'information, voir la Référence [7].

Pour la préparation reproductible d'éprouvettes à même de donner des résultats comparables, on doit utiliser uniquement des machines de moulage par injection à vis à mouvement alternatif, équipées de tous les dispositifs nécessaires au contrôle des conditions de moulage.

4.2.2 Capacité de charge d'injection

Le rapport du volume de moulage V_M à la capacité de charge d'injection V_S doit être compris entre 20 % et 80 %, à moins qu'un rapport supérieur ne soit requis par la norme de matériau correspondante, ou recommandé par le producteur.

4.2.3 Système de contrôle

Le système de contrôle de la machine doit permettre de maintenir les conditions de fonctionnement avec les tolérances suivantes:

| | |
|------------------------------|---|
| durée d'injection, t_I | $\pm 0,1$ s |
| pression de maintien, p_H | ± 5 % |
| durée de maintien, t_H | ± 5 % |
| température de fusion, T_M | ± 3 °C |
| température du moule, T_C | ± 3 °C jusqu'à 80 °C ± 5 °C au-dessus de 80 °C |
| masse de l'objet moulé | ± 2 % |

4.2.4 Vis

La vis utilisée doit être d'un type approprié au matériau à mouler (par exemple longueur, diamètre, profondeur de filet, taux de compression).

Il est recommandé d'utiliser une vis ayant un diamètre compris entre 18 mm et 40 mm.

4.2.5 Force de verrouillage

La force de verrouillage du moule F_M doit être suffisamment élevée pour empêcher la formation de bavures, dans toute condition de fonctionnement.

La force minimale de verrouillage nécessaire peut être calculée à l'aide de la [Formule \(1\)](#):

$$F_M \geq A_p \times p_{\max} \times 10^{-3} \quad (1)$$

où

F_M est la force de verrouillage, en kilonewtons;

A_p est la surface de projection, en millimètres carrés;

p_{\max} est la valeur maximale de la pression de la matière fondue, en mégapascals.

La pression de la matière fondue p peut être calculée en se basant sur la force F_S , par exemple générée hydrauliquement, agissant longitudinalement sur la vis, à l'aide de la [Formule \(2\)](#):

$$p = \frac{4 \times 10^3 F_S}{\pi D^2} \quad (2)$$

où

p est la pression de la matière fondue, en mégapascals;

F_S est la force longitudinale, en kilonewtons, agissant sur la vis;

D est le diamètre, en millimètres, de la vis.

La force minimale de verrouillage F_M recommandée pour les moules ISO 20753 de types A1 et B1 est donnée par $F_M \geq 6\,500 \times p_{\max} \times 10^{-3}$, soit 520 kN pour une pression maximale d'injection de 80 MPa.

Un système de moulage par injection avec des plaques de cavités interchangeables nécessitera de prendre en compte les moules ISO 20753 de types D1 et D2 pour lesquels $A_p \approx 11\,000 \text{ mm}^2$, exigeant donc une force de verrouillage de moule nettement plus élevée.

4.2.6 Thermomètres

Un thermomètre à sonde à aiguille, ayant une précision de $\pm 1^\circ\text{C}$, doit être utilisé pour mesurer la température de fusion T_M . Une sonde thermométrique de surface, ayant une précision de $\pm 1^\circ\text{C}$, doit être utilisée pour mesurer la température de la surface de la cavité du moule, donnant ainsi la température du moule T_C .

5 Mode opératoire

5.1 Conditionnement du matériau

Avant le moulage, conditionner les granules ou grains du matériau thermoplastique comme requis par la norme de matériau correspondante, ou recommandé par le producteur si aucune norme n'aborde ce sujet.

Éviter d'exposer le matériau à une atmosphère dont la température est nettement inférieure à celle de l'atelier afin d'éviter la condensation d'humidité sur le matériau.

5.2 Moulage par injection

5.2.1 Régler la machine aux conditions spécifiées dans la norme de matériau correspondante, ou ayant fait l'objet d'un accord entre les parties intéressées si aucune norme n'aborde ce sujet.

5.2.2 Pour de nombreux thermoplastiques, la plage la plus appropriée pour la vitesse d'injection v_I est de $200 \text{ mm/s} \pm 100 \text{ mm/s}$ en utilisant les moules ISO 20753 de type A1 ou B1. Noter que, pour une valeur déterminée de la vitesse d'injection v_I , la durée d'injection t_I est inversement proportionnelle au nombre n de cavités du moule [voir [Formule \(3\)](#)]. Conserver les variations de la vitesse d'injection, pendant la phase d'injection, aussi faibles que possible.

NOTE Des méthodes de réglage des paramètres de moulage par injection sont données dans l'[Annexe D](#).

La vitesse d'injection n'est applicable qu'aux moules à empreinte unique ou à empreintes multiples, et elle peut être calculée à l'aide de la [Formule \(3\)](#):

$$v_I = \frac{V_M}{t_I \times A_c \times n} \quad (3)$$

où

v_I est la vitesse d'injection, en millimètres par seconde;

n est le nombre de cavités;

A_c est la surface critique de la section transversale, en millimètres carrés;

V_M est le volume de moulage, en millimètres cubes;

t_I est la durée d'injection, en secondes.

5.2.3 La pression de maintien p_H est déterminée par la structure et les propriétés du matériau. Il convient qu'elle soit confirmée par les caractéristiques pertinentes de l'éprouvette avec différentes pressions de maintien. La pression de maintien basse est recommandée quand sont acquises à différentes pressions de maintien des caractéristiques similaires de l'éprouvette qui sont exemptes de retassures, de vides, de bavures et autres défauts visibles.

La pression de maintien peut être déterminée à l'aide de l'une des méthodes suivantes:

- a) utilisation de la masse des éprouvettes découpées dans le moulage;
- b) utilisation du rapport de retassure;
- c) utilisation de la pression de maintien maximale ne provoquant pas de bavure.

NOTE [L'Annexe E](#) décrit chacune de ces méthodes pour déterminer la gamme de pression de maintien, par exemple la méthode c) pour la pression de maintien maximale. D'autres méthodes comparables de détermination de la pression de maintien appropriée sont aussi autorisées.

5.2.4 S'assurer que la pression de maintien est maintenue constante jusqu'à ce que le matériau situé dans l'entrée se solidifie, à savoir la durée de maintien t_H . La durée de maintien peut être déterminée à l'aide des méthodes suivantes:

- a) utilisation de la masse des éprouvettes;
- b) utilisation de la pression de cavité.

NOTE [E.2](#) décrit chacune de ces méthodes. D'autres méthodes comparables de détermination de la durée de maintien correcte sont aussi autorisées.

5.2.5 Mettre au rebut les objets moulés avant que la machine ait atteint des conditions de fonctionnement constantes. Une fois ces conditions obtenues, enregistrer les valeurs correspondantes et commencer à recueillir les éprouvettes.

Pendant le processus de moulage, maintenir les conditions de fonctionnement constantes par un moyen approprié tel que le contrôle de la masse de l'objet moulé.

5.2.6 Si un changement de matériau a lieu, vider la machine et la nettoyer soigneusement à fond. Mettre au rebut au moins 10 objets moulés faits avec le nouveau matériau avant de commencer à recueillir de nouveau les éprouvettes.

5.3 Mesurage de la température du moule

Déterminer la température du moule T_C une fois que le système a atteint un équilibre thermique et immédiatement après avoir ouvert le moule. Mesurer la température de la surface de la cavité du moule en quatre points sur chaque paire de cavités, au moyen d'un thermomètre de surface. Soumettre le moule à au moins trois cycles entre chaque relevé avant de procéder au prochain point de mesurages. Enregistrer chaque mesure et calculer la moyenne des valeurs ainsi obtenues pour obtenir la température du moule.

5.4 Mesurage de la température de fusion

Mesurer la température de fusion T_M par l'une des méthodes suivantes:

- a) Une fois l'équilibre thermique atteint, injecter une charge libre d'injection d'au moins 30 cm³ dans un conteneur isolé non métallique de dimensions appropriées, puis introduire immédiatement la sonde d'un thermomètre à aiguille préchauffé, à réponse rapide, au centre de la masse fondue, en l'agitant sans à-coups jusqu'à ce que le thermomètre affiche un maximum. S'assurer que la température de préchauffage du thermomètre est voisine de la température de fusion. Utiliser les mêmes conditions d'injection pour la charge libre que celles qui doivent être utilisées pour mouler les éprouvettes, en laissant s'écouler la durée de cycle appropriée entre chaque charge d'injection.
- b) La température de fusion peut également être mesurée au moyen d'un capteur de température approprié, sous réserve que le résultat obtenu soit le même que celui l'ayant été en appliquant la méthode de la charge libre d'injection. Les pertes thermiques induites par le capteur doivent être faibles et ce dernier doit répondre rapidement aux modifications de la température de fusion. Monter le capteur à un emplacement approprié, par exemple dans la buse de la machine de moulage par injection. En cas de doute, utiliser la méthode décrite en a).

5.5 Traitement des éprouvettes après moulage

Une fois les éprouvettes retirées du moule, les laisser refroidir progressivement et à la même vitesse jusqu'à la température ambiante afin d'éviter que les antécédents des différentes éprouvettes ne comportent des différences. Protéger les éprouvettes en thermoplastiques sensibles à l'exposition atmosphérique en les conservant dans des conteneurs étanches à l'air, associés éventuellement avec un agent déshydratant si nécessaire. Effectuer tout conditionnement complémentaire comme spécifié dans la norme de matériau ou de produit pertinente.

6 Rapport sur la préparation des éprouvettes

Le rapport doit contenir les informations suivantes:

- a) une référence au présent document, c'est-à-dire l'ISO 294-1;
- b) la date, l'heure et le lieu de moulage des éprouvettes;
- c) une description complète du matériau utilisé (type, désignation, fabricant, numéro de lot);
- d) des détails sur le conditionnement du matériau effectué avant le moulage;
- e) le type de moule utilisé (type A1, type B1 ou, dans le cas d'un autre type de moule, le type d'éprouvette produite, la norme correspondante, le nombre de cavités et les dimensions et l'emplacement de l'entrée);
- f) des détails sur la machine de moulage par injection utilisée (constructeur, capacité de charge d'injection, force de verrouillage du moule, systèmes de contrôle);
- g) les conditions de moulage:
 - 1) la température de fusion T_M , en degrés Celsius,

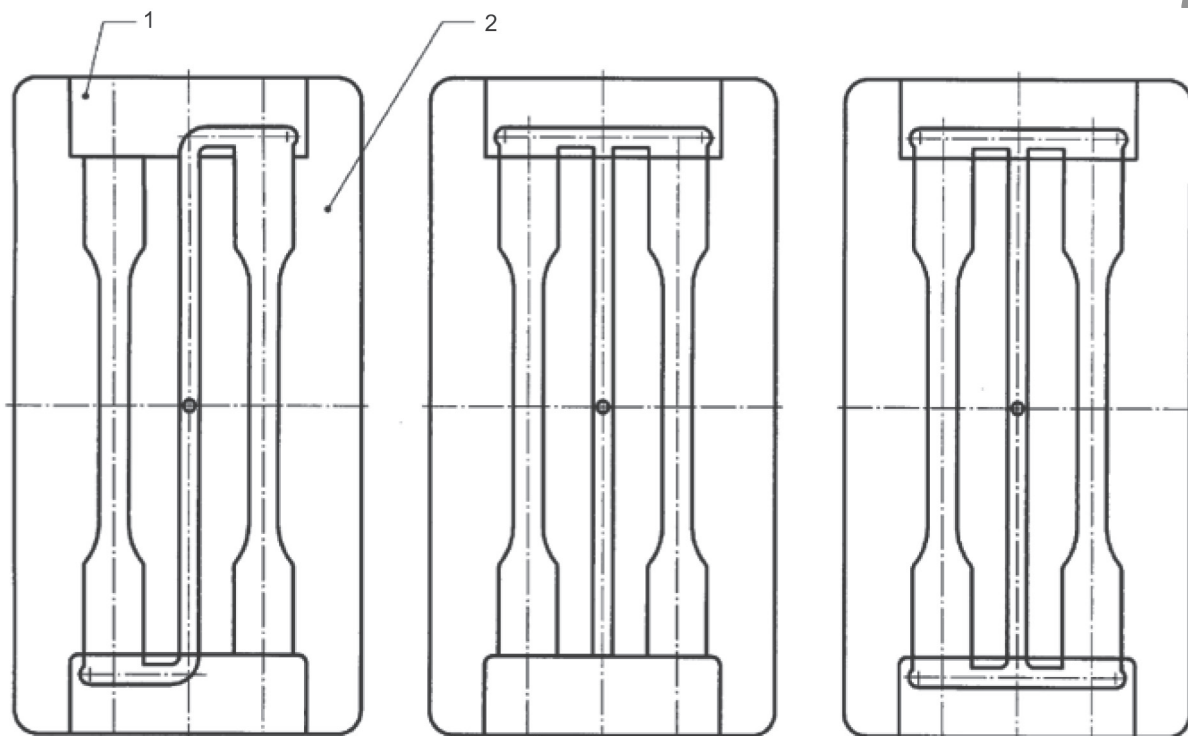
- 2) la température du moule T_C , en degrés Celsius,
 - 3) la vitesse d'injection v_I , en millimètres par seconde,
 - 4) la durée d'injection t_I , en secondes,
 - 5) la pression de maintien p_H , en mégapascals,
 - 6) la durée de maintien t_H , en secondes,
 - 7) la durée de refroidissement t_C , en secondes,
 - 8) la durée de cycle t_T , en secondes,
 - 9) la masse de l'objet moulé, en grammes;
- h) d'autres détails pertinents (par exemple, le nombre d'objets moulés mis au rebut au début, le nombre d'objets conservés, le traitement après moulage).

Projet de norme marocaine

Annexe A (informative)

Exemple de configurations des canaux secondaires d'injection

La disposition d'un moule peut être modifiée au moyen d'inserts comme représenté à la [Figure A.1](#).



a) Moule d'injection avec canal d'injection secondaire en «Z»

b) Variante avec un canal secondaire d'injection en «T»

c) Variante avec un canal secondaire en «double T» (par exemple pour l'étude de résistance des soudures)

Légende

- 1 insert d'entrée interchangeable
- 2 plaque de cavité interchangeable

Figure A.1 — Variantes de l'emplacement de l'entrée

Annexe B (informative)

Composants normalisés des moules pour montage par injection

- ISO 6751, *Outillage de moulage — Éjecteurs à tête cylindrique*
- ISO 6753-2, *Outillage de presse et de moulage — Plaques usinées — Partie 2: Plaques usinées pour moules*
- ISO 8017, *Outillage de moulage — Colonnes de guidage, droites et épaulées, et épaulées avec plot de centrage*
- ISO 8018, *Outillage de moulage — Bagues de guidage, à collerette et à collerette avec plot de centrage*
- ISO 8404, *Outillage de moulage — Doigts de démoulage*
- ISO 8405, *Outillage de moulage — Éjecteurs tubulaires à tête cylindrique — Série de base pour usages généraux*
- ISO 8406, *Outillage de moulage — Éléments de moule — Plots de centrage cylindriques et rondelles de réglage*
- ISO 8693, *Outillage de moulage — Éjecteurs à lame*
- ISO 8694, *Outillage de moulage — Éjecteurs épaulés*
- ISO 9449, *Outillage de moulage — Douilles de centrage*
- ISO 10072, *Outillage de moulage — Buses d'injection — Dimensions*
- ISO 10073, *Outillage de moulage — Piliers d'entretoisement*
- ISO 10907-1, *Outillage de moulage — Bagues de centrage — Partie 1: Bagues de centrage pour montage sans feuille d'isolation dans les petits et les moyens moules — Types A et B*
- ISO 12165, *Outillage de moulage — Moulage par compression, moules d'injection et moules pour fonderie sous pression — Termes et symboles*

Annexe C
(informative)

Exemple de moule pour moulage par injection

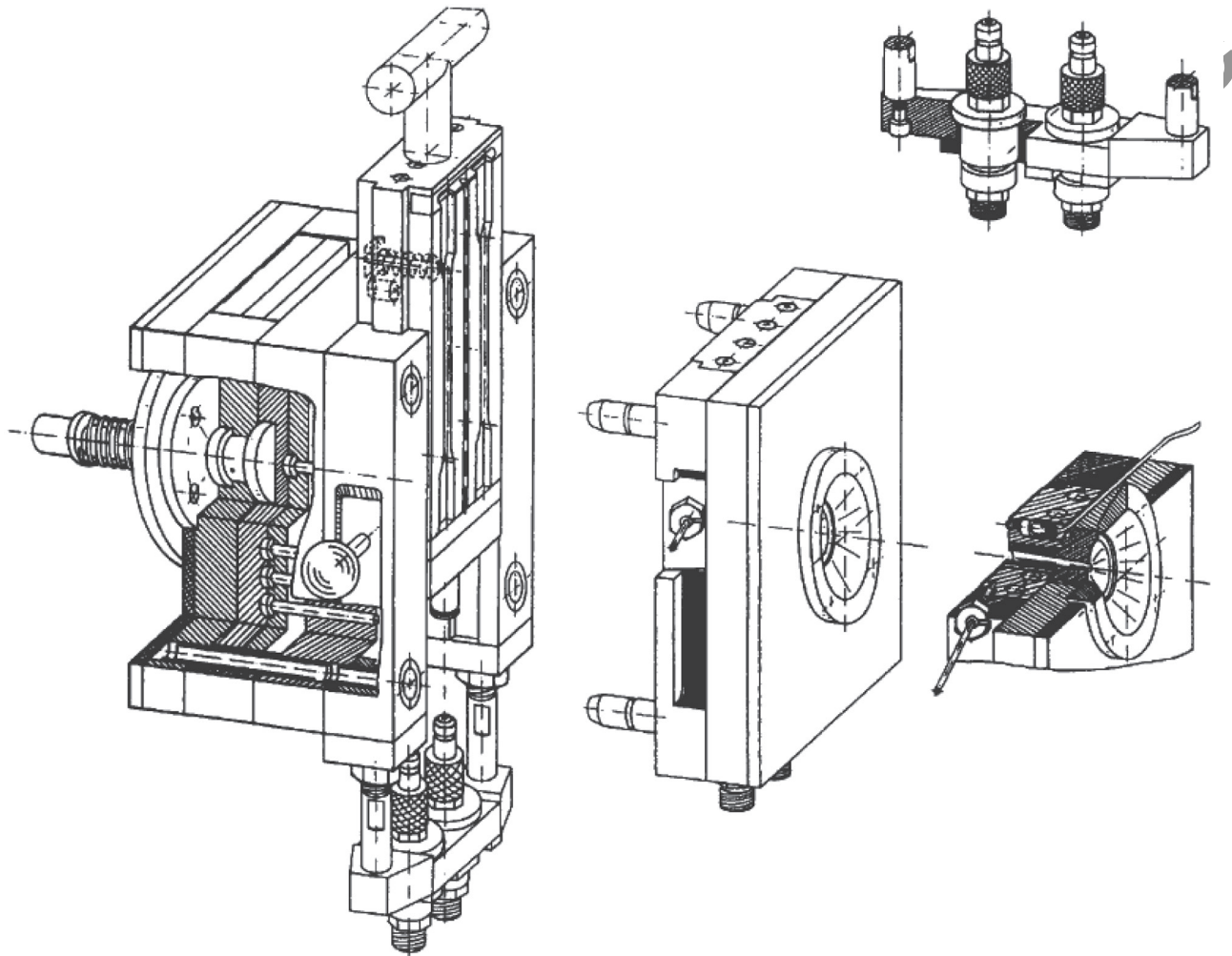


Figure C.1 — Vue éclatée d'un moule pour moulage par injection à plaque de deux cavités interchangeables pour un moule ISO 20753 de type A1

Annexe D (informative)

Méthodes de réglage des paramètres de moulage par injection

D.1 Généralités

La présente annexe recommande une méthode de réglage des paramètres de moulage par injection pour préparer les éprouvettes selon [5.2](#) et les exigences techniques suivantes.

Il convient que l'utilisateur de la présente méthode d'essai se réfère aux spécifications du matériau pour les conditions de moulage spécifiques; dans le cas contraire, les paramètres de moulage par injection doivent être déterminés par accord entre les deux parties selon cette annexe.

D.2 Réglage de la température

Régler la température de fusion et la température du moule en fonction des spécifications applicables pour le matériau ou par accord mutuel.

D.3 Plastification des matériaux

D.3.1 Généralités

Les machines de moulage par injection plastifient et homogénéisent les particules de plastique (c'est-à-dire les matériaux) pour fournir une matière fondue homogène jusqu'à l'extrémité avant de la vis. Un certain volume de matière fondue est injecté au cours de chaque cycle de moulage par injection afin de produire le moulage. Une partie de cette matière reste à l'extrémité avant de la vis pour servir de matelas ou matelas en réserve à la fin de l'étape d'injection pour «compacter» le moule et minimiser le retrait. Afin d'assurer la consistance et l'homogénéité de la matière fondue au cours de chaque cycle de moulage par injection, les paramètres tels que la contre-pression, la vitesse de la vis, la durée de plastification (rétraction de la vis) et le volume de plastification sont contrôlés pendant le stade de refroidissement.

D.3.2 Détermination de la contre-pression

Régler la contre-pression à la valeur appropriée pour la matière et s'assurer que la matière est entièrement plastifiée. Une température de fusion excessive et une dégradation de la matière peuvent résulter d'une contre-pression excessive. Une matière mal fondue et non homogène peut résulter d'une contre-pression inadéquate. Les deux conditions affecteront la qualité de la matière fondue et la qualité des éprouvettes.

D.3.3 Réglage de la durée de plastification

La vitesse de la vis et la contre-pression doivent être équilibrées pour fournir une durée de plastification (rétraction de la vis) plus courte que la durée de refroidissement.

D.3.4 Détermination du volume de plastification (dosage)

Le volume de plastification (dosage) inclut le volume de moulage par injection au moment de la préparation du moulage et de l'introduction de la matière fondue dans le processus de maintien, et le volume du matelas. Le volume dépend du volume du matelas nécessaire après le processus de maintien, et le volume du matelas dépend du transfert efficace de la poussée de la vis. Voir [D.6](#).

D.3.5 Réglage de la décompression du fourreau

À la fin de la plastification par la vis, si la matière fondue se trouvant dans le fourreau s'échappe de la buse sous l'action de la contre-pression, la vis va se rétracter sur une certaine distance afin d'abaisser la pression de la matière fondue. Cette étape garantit un contrôle précis du volume d'injection tout au long du processus de moulage par injection. La distance de rétraction réglée doit donc être la plus courte possible, de manière à éviter que la matière fondue sorte de la buse avant le début du moulage par injection.

D.4 Moulage par injection

D.4.1 Généralités

Il s'agit du processus au cours duquel la matière fondue remplit la cavité du moule à une vitesse d'injection donnée, jusqu'à ce qu'elle soit pleine; voir la [Figure D.1](#). La fin de ce processus est contrôlée en réglant le point de commutation. En général, la machine d'injection utilise des modes de commutation du volume (course), de la pression et de la durée. Il est recommandé d'utiliser la méthode de réglage du point de commutation en réalisant une conversion du volume (ou du déplacement) conformément à [D.4.3.1](#) et en injectant la matière fondue à une vitesse de vis constante. Il est recommandé que la conversion du volume soit utilisée (voir [D.4.3.1](#)) avec une vitesse d'injection constante car la conversion de la pression ou de la durée peut conduire à un remplissage excessif ou incomplet de la cavité par la matière fondue.

NOTE 1 D'autres méthodes de contrôle du point de commutation sont acceptables, à condition qu'elles ne conduisent pas à un remplissage incomplet de la cavité.

NOTE 2 La préparation de l'éprouvette suivant cette méthode garantit une bonne répétabilité et une bonne reproductibilité.

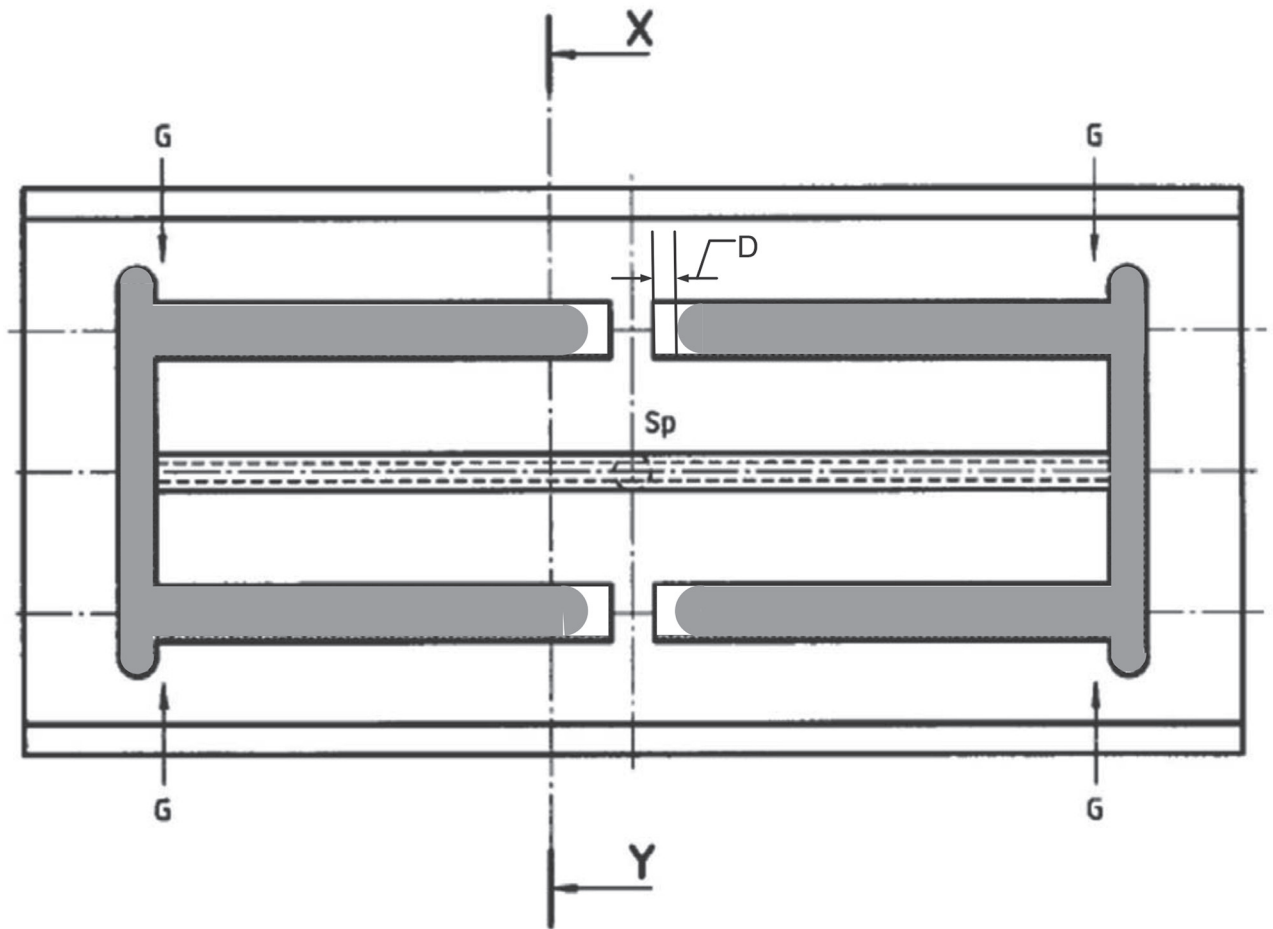
D.4.2 Détermination du volume de moulage par injection

Lorsque la matière fondue remplit presque la cavité du moule, le volume de matière fondue injecté dans le moule est le volume de moulage par injection. Pour déterminer le volume, régler la pression de maintien à zéro et injecter la matière fondue à une vitesse de la vis pré-réglée, puis observer la distance entre l'extrémité avant de la matière fondue et la « fin » de la cavité après l'injection de la matière fondue dans le moule et laisser refroidir pendant une durée appropriée. Modifier le volume au point de commutation (déplacement) pour atteindre l'état dans lequel la matière fondue vide presque la cavité.

Enregistrer le volume de plastification (dosage) (ou le déplacement) et le volume au point de commutation (ou le déplacement) une fois que la distance entre l'extrémité avant du flux de matière fondue et la « fin » de la cavité est comprise entre 1 mm et 2 mm (voir la [Figure D.1](#)). La différence entre ces deux valeurs correspond au volume de moulage par injection (déplacement) à la vitesse d'injection actuelle.

NOTE 1 La vitesse de la vis réglée à cette étape peut différer de celle de l'étape finale déterminée en [D.4.3.1](#).

NOTE 2 Il est possible que le moulage ne puisse pas être démoulé normalement en raison de dépressions sur l'échantillon résultant de l'absence de processus de maintien.



Légende

Sp carotte

G seuils

D distance entre le bord fondu et la cavité: 1 mm ~ 2 mm

Figure D.1 — Position de la matière fondue avant le remplissage de la cavité

D.4.3 Sélection du mode de commutation

D.4.3.1 Commutation du volume

Passer en mode de commutation du volume (course de la vis) et régler le volume (course de la vis) sur le volume de moulage par injection identifié en [D.4.1](#). Régler la vitesse d'injection de la vis, la maintenir constante pour l'injection de la matière fondue et obtenir la durée d'injection affichée sur la machine de moulage par injection en accord avec la durée d'injection calculée avec la [Formule \(D.1\)](#). La [Formule \(D.1\)](#) est une conversion de la [Formule \(3\)](#).

$$t_I = \frac{V_M}{v_I \cdot A_c \cdot n} \quad (\text{D.1})$$

où

t_I est la durée d'injection, en s;

V_M est le volume de moulage, en mm³;

v_I est la vitesse d'injection, en mm/s;

A_c est la surface critique de la section transversale, en mm²;

n est le nombre de cavités.

Lors de ce processus, la pression d'injection est la valeur affichée, qui est censée augmenter progressivement tout au long de l'injection. Enregistrer la pression maximale comme étant la pression d'injection. La pression d'injection (pression au point de commutation) est différente pour chaque cycle en raison de la différence d'homogénéité de la matière fondue et de la précision de la machine d'injection.

Si la pression d'injection s'arrête à une certaine valeur, régler la pression d'injection de la machine de moulage par injection pour qu'elle soit supérieure à la pression d'injection affichée. En cas d'augmentation brusque, la matière fondue remplit excessivement la cavité du moule et le volume de moulage par injection doit être ajusté.

Répéter les étapes [D.4.1](#) et [D.4.2](#), et vérifier que le volume d'injection de la matière fondue à la vitesse d'injection de la vis remplit presque la cavité. La vitesse d'injection de la vis en [D.4.1](#) peut différer de la vitesse de la vis à ce moment-là, et la variation de la pression d'injection conduira donc à une variation du volume de moulage par injection.

D.4.3.2 Commutation de la pression

Passer en mode de commutation de la pression et choisir la pression d'injection souhaitée. La pression peut être la pression de la matière fondue ou la pression mesurée dans la cavité du moule. Régler le volume (déplacement) sur le volume de moulage par injection identifié en [D.4.1](#). Modifier ensuite la pression pour garantir que la durée d'injection vérifie la [Formule \(D.1\)](#) lorsque la matière fondue remplit presque la cavité, et enregistrer la pression d'injection, la vitesse d'injection maximale ou moyenne de la vis et le volume de moulage par injection.

Si l'injection d'une quantité excessive de matière fondue dans la cavité est nécessaire pour que le matériau soit enrobé (ou pour un remplissage excessif) à l'étape d'injection, le volume de matière fondue injecté doit être ajouté au volume de moulage par injection déterminé en [D.4.2](#), et la pression d'injection doit être augmentée. Enregistrer la pression d'injection, la vitesse d'injection de la vis et le volume de moulage par injection. Indiquer les opérations d'enrobage (le cas échéant) dans le rapport.

En raison de l'augmentation du volume d'injection, la vitesse de la matière fondue dans la section transversale critique doit être accélérée pour s'assurer que la durée d'injection est la même qu'en [D.4.3.1](#), ce qui peut faire augmenter la pression de la matière fondue dans la cavité à l'état d'écoulement.

D.4.3.3 Commutation de la durée

En tant que paramètre critique pour le contrôle de la vitesse d'injection, la durée d'injection est influencée par de nombreux paramètres. Cette méthode ne peut donc être utilisée que lorsque les conditions d'injection sont déterminées par la commutation du volume ou de la pression ou par d'autres méthodes. Enregistrer la pression d'injection, la vitesse de la vis et le volume de moulage par injection.

D.5 Détermination des conditions de maintien

Déterminer la pression de maintien et la durée de maintien conformément à la norme de produit ou à l'[Annexe E](#), et démarrer le processus de maintien à une vitesse identique à la vitesse d'injection.

Après le processus de maintien, un certain matelas de matière fondue est nécessaire à l'avant de la vis dans le fourreau. À ce moment-là, le déplacement de la vis est généralement maintenu à 3 mm ~ 6 mm. Lors de l'ajustement du matelas, s'assurer que le volume de moulage par injection utilisé en [D.4.2](#) est inchangé. Cette méthode sert à augmenter ou à réduire simultanément le volume de plastification (déplacement) et le volume au point de commutation (déplacement) de la même valeur afin de maintenir le dosage constant.

D.6 Réglage de la durée de refroidissement

Après le processus de maintien, continuer à réduire la température de l'échantillon jusqu'à ce que les parties moulées se démoulent facilement et jusqu'à ce que l'échantillon ne soit plus déformé. La plastification de la matière fondue (voir [D.3](#)) se fait à cette étape. Par conséquent, la durée de refroidissement réglée sur la machine doit être plus longue que la durée de plastification.

NOTE La durée de refroidissement réglée sur une machine d'injection est différente de la durée de refroidissement définie en [3.8](#).

D.7 Réglage de la durée d'ouverture du moule

La durée d'ouverture du moule doit être suffisante pour assurer un démoulage aisé et pour éviter l'interruption du cycle d'injection.

D.8 Détermination de la durée de cycle

Régler les paramètres de moulage par injection de la machine d'injection en fonction des différents modes de commutation et injecter la matière fondue dans le cycle pour vérifier si la durée totale du cycle satisfait aux exigences des normes de produits correspondantes. En cas d'écart, ajuster les paramètres tels que la durée de refroidissement et la durée d'ouverture du moule, ou déterminer la durée finale du cycle par accord mutuel.

D.9 Préparation de l'échantillon

Démarrer la préparation de l'éprouvette une fois que la durée totale du cycle a atteint un équilibre comme défini dans les normes de moulage et de matériaux appropriées.

Annexe E (informative)

Méthodes pour déterminer la pression de maintien et la durée de maintien

E.1 Méthodes pour déterminer la pression de maintien

E.1.1 Méthode utilisant la masse de l'objet moulé

E.1.1.1 Domaine d'application

Cette méthode détermine la pression de maintien à utiliser pour le moulage (voir [5.2.3](#)) comme étant la pression de la matière fondue à laquelle la masse de l'éprouvette atteint une valeur constante après avoir augmenté avec l'augmentation progressive de la pression de la matière fondue. Lorsque la masse de l'objet moulé continue à augmenter avec l'augmentation de la pression de la matière fondue ou qu'une valeur constante ne peut être obtenue qu'une fois que la pression de la matière fondue a atteint un niveau excessivement élevé, la pression de maintien peut être déterminée en prenant la masse de l'éprouvette comme indicateur au lieu de la masse de l'objet moulé. Dans ce cas, il est nécessaire de pouvoir mesurer la masse de l'éprouvette avec une répétabilité suffisante car la masse de l'éprouvette est inférieure à celle de l'objet moulé.

Une fois la pression de maintien déterminée par l'une des méthodes décrites au [E.1.1](#), [E.1.2](#) et [E.1.3](#), il n'est pas nécessaire de répéter la détermination pour un matériau identique et la détermination peut être simplifiée pour des matériaux similaires.

E.1.1.2 Mode opératoire

La durée de maintien étant suffisante pour obtenir que la masse fondue solidifie dans la zone de seuil, augmenter progressivement la pression de la matière fondue et extraire un objet moulé pour chaque pression de la matière fondue. Il est recommandé que la première valeur de la pression de la matière fondue utilisée soit de 10 % de la pression d'injection et que les pressions subséquentes de la matière fondue soient des multiples entiers de cette première pression (sinon, les résultats obtenus sur des éprouvettes d'essai moulées par injection dans différents laboratoires ne seront pas nécessairement comparables). Enregistrer la masse de l'objet moulé, mesurée à l'aide d'une balance d'une précision de $\pm 0,1$ g. Porter sur le graphe la masse de l'objet moulé en fonction de la pression de la matière fondue, comme indiqué à la [Figure E.1](#), courbe A. Si trois lectures ou plus de la masse de l'objet moulé sont des mesures qui peuvent être déterminées statistiquement comme une valeur constante en fonction de l'augmentation de la pression de la matière fondue (points 1 à 3 sur la courbe A), calculer la valeur moyenne des trois premiers points de mesure comme étant la pression de maintien.

Si la masse de l'objet moulé continue à augmenter au fur et à mesure de l'augmentation de la pression de maintien (courbe C) ou si la masse de l'objet moulé ne se stabilise qu'après avoir atteint une pression de la matière fondue excessivement élevée, telle que la pression à laquelle des bavures peuvent apparaître, la pression de maintien peut être déterminée comme étant la pression minimale d'injection à laquelle la masse d'une éprouvette sans aucune bavure (au lieu de la masse de l'objet moulé) atteint une valeur constante lorsqu'elle est portée sur un graphe en fonction de la pression de la matière fondue. Sinon, la pression de maintien peut être déterminée selon l'une des méthodes décrites en [E.1.2](#) et en [E.1.3](#).

E.1.2 Méthode utilisant le rapport de retassure

E.1.2.1 Domaine d'application

Cette méthode est destinée à établir la pression de maintien en utilisant le rapport de retassure (SR) qui indique quantitativement la profondeur d'une retassure apparaissant à la surface de l'éprouvette. La pression de maintien à utiliser pour le moulage (voir 5.2.3) est la pression de la matière fondue la plus basse au point où le SR présente une valeur constante après avoir diminué (en d'autres termes, où la retassure est la plus petite) lors de l'augmentation progressive de la pression de la matière fondue. Cette méthode est efficace pour des matériaux tels que les polymères cristallins pour lesquels la retassure apparaissant à la surface de l'éprouvette est importante et pour lesquels la profondeur de retassure change nettement au fur et à mesure de l'augmentation de la pression de la matière fondue.

E.1.2.2 Mode opératoire

La durée de maintien étant suffisante pour obtenir une zone de seuil solidifiée, augmenter progressivement la pression de la matière fondue et extraire un objet moulé pour chaque pression de la matière fondue. Il est recommandé que la première valeur de la pression de la matière fondue utilisée soit de 10 % de la pression d'injection et que les pressions subséquentes de la matière fondue soient des multiples entiers de cette première pression (sinon, les résultats obtenus sur des éprouvettes d'essai moulées par injection dans différents laboratoires ne seront pas nécessairement comparables).

À l'aide d'un micromètre dont la pointe hémisphérique a un rayon de 4 mm et une exactitude de $\pm 0,01$ mm, mesurer h_{\min} en $P_{\min 1}$, $P_{\min 2}$ et $P_{\min 3}$ à 0,01 mm près, pour chacun des spécimens produits.

À l'aide d'un pied à coulisse ayant une exactitude de $\pm 0,05$ mm, mesurer h_{\max} en $P_{\max 1}$, $P_{\max 2}$ et $P_{\max 3}$ à 0,01 mm près, pour chacun des spécimens produits.

Mesurer l'épaisseur de toutes les éprouvettes à peu près au même moment après moulage et dans la même atmosphère, car l'épaisseur des éprouvettes varie dans le temps.

Pour chaque pression de la matière fondue, calculer le SR au moyen de la formule indiquée en 3.24. Tracer la courbe B donnant SR en fonction de la pression de la matière fondue, comme montré à la Figure E.1. Si au moins trois des valeurs de SR sont statistiquement constantes lorsque la pression de la matière fondue augmente, prendre la valeur moyenne de la pression de la matière fondue correspondant à ces trois premiers points (points 1 à 3 sur la courbe B) comme étant la pression de maintien.

Si h_{\max} varie peu lorsque la pression de la matière fondue augmente, h_{\min} peut remplacer le SR comme indicateur pour ajuster la pression de maintien.

E.1.3 Méthode utilisant la pression maximale d'injection ne provoquant pas de bavure

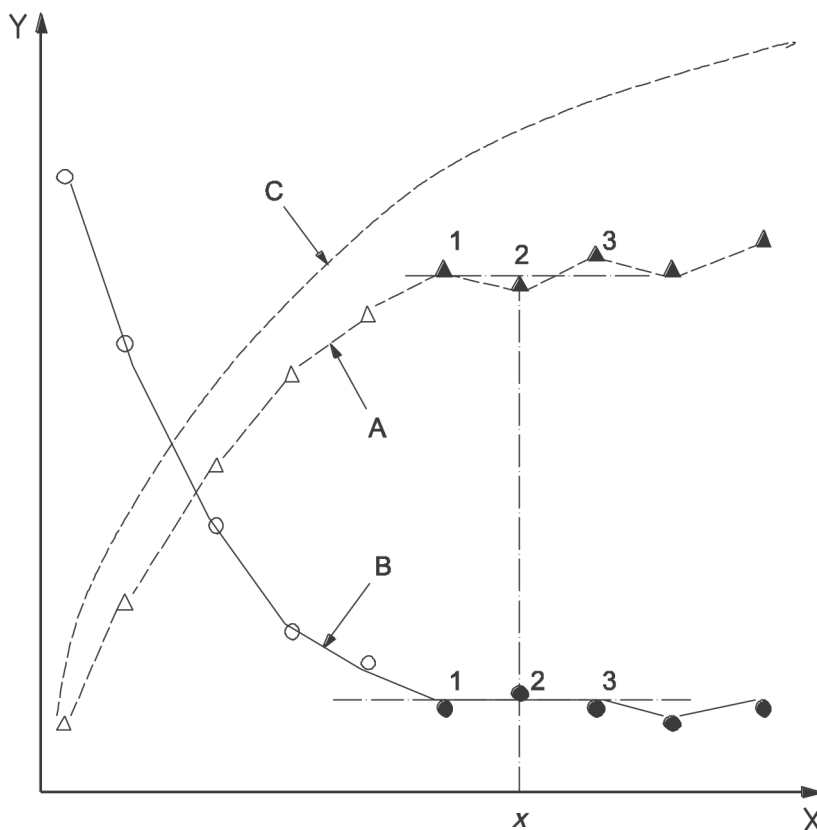
E.1.3.1 Domaine d'application

Cette méthode détermine la pression de maintien à utiliser pour le moulage (voir 5.2.3) comme étant la pression de la matière fondue au point où se produit une bavure lors de l'augmentation progressive de la pression de la matière fondue. Cette méthode d'ajustement de la pression de maintien est valable pour les matériaux extrêmement fluides lors de l'injection et susceptibles de provoquer des bavures.

E.1.3.2 Mode opératoire

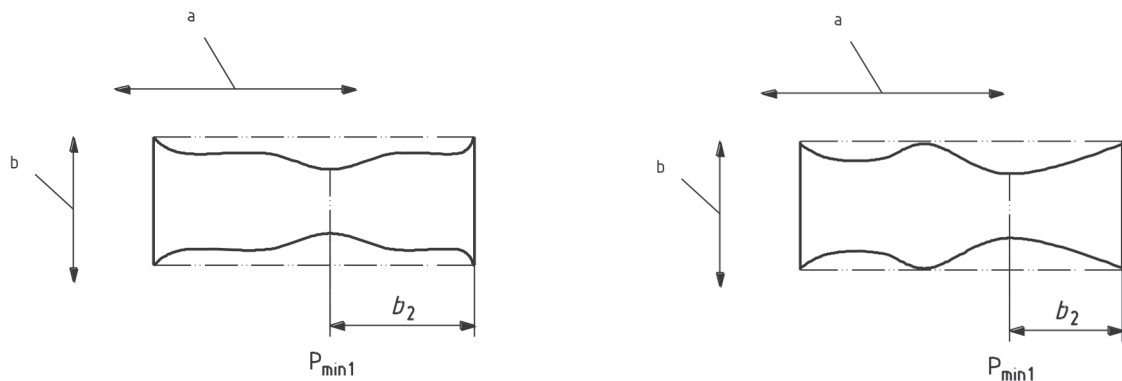
La durée de maintien étant appropriée et suffisante pour obtenir une zone de seuil solidifiée, augmenter progressivement la pression de la matière fondue et extraire un objet moulé pour chaque pression de la matière fondue. Il est préférable que la première valeur de la pression de la matière fondue utilisée soit de 10 % de la pression d'injection et que les pressions subséquentes de la matière fondue soient des multiples entiers de cette première pression (sinon, les résultats obtenus sur des éprouvettes d'essai moulées par injection dans différents laboratoires ne seront pas nécessairement comparables). Rechercher la présence de bavures dans l'objet moulé en l'observant à l'œil nu ou à la loupe.

Dans le cas d'une machine de moulage équipée d'un dispositif de programmation de la durée en fonction de la pression, augmenter progressivement le remplissage de plastique fondu dans l'empreinte et observer la rapide augmentation de la matière fondue provoquée par la formation de bavures. Prendre comme pression de maintien une pression de la matière fondue convenable au point où l'on obtient une valeur (par exemple 5 MPa) immédiatement inférieure à celle correspondant à l'apparition des premières bavures.



| Axe des X | Axe des Y | Propriété déterminée | Courbe |
|-------------------------------|---|------------------------|--------|
| Pression de la matière fondue | Massé de l'objet moulé ou de l'éprouvette | Pression de maintien | A, C |
| Pression de la matière fondue | Rapport de retassure | Pression de maintien | B |
| Durée | Massé de l'objet moulé ou de l'éprouvette | Durée de maintien | A, C |
| x | | Valeur de la propriété | A, B |

Figure E.1 — Graphique schématisant de la détermination de la pression de maintien et de la durée de maintien (pour les cas où les mesures sont effectuées à intervalles réguliers, comme recommandé par exemple en [E.1.3.2](#))



a) Retassure en position centrale

b) Retassure en toute autre position hors du centre

Légende

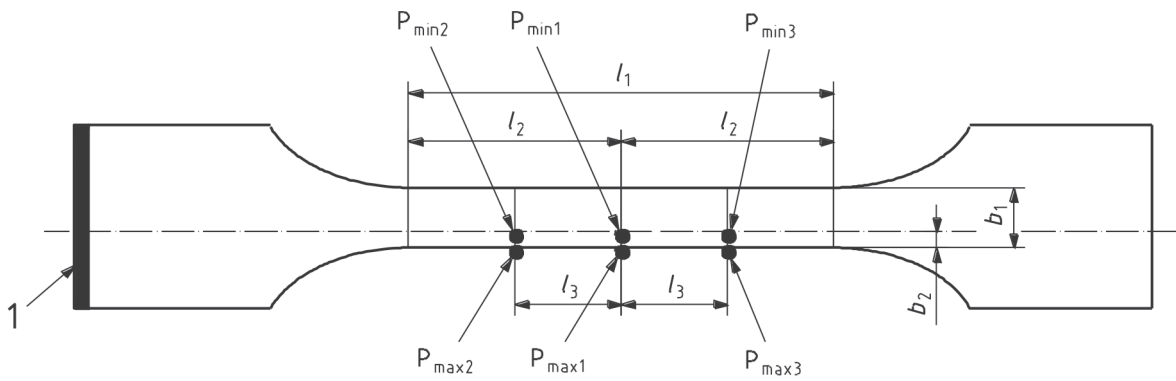
b_2 distance, dans le sens de la largeur, entre un bord et $P_{\min 1}$

$P_{\min 1}$ point central, dans le sens de la longueur, de la section à bords parallèles de l'éprouvette (voir aussi la [Figure E.3](#)) où l'épaisseur, dans le sens de la largeur, est la plus petite (le point $P_{\min 1}$ peut se situer au centre de la largeur de l'éprouvette comme illustré à la figure de gauche ou en toute autre position hors du centre comme illustré à la figure de droite.)

a Sens de la largeur.

b Sens de l'épaisseur.

Figure E.2 — Position du point de mesure $P_{\min 1}$ dans la section transversale de l'éprouvette



| | |
|-------|---------------|
| l_1 | 80 mm |
| l_2 | 40 mm |
| l_3 | 15 mm à 25 mm |
| b_1 | 10 mm |

Légende

- 1 seuil
- b_1 largeur de l'éprouvette
- b_2 distance, dans le sens de la largeur, entre un bord et P_{min1} (voir aussi la [Figure E.2](#))
- P_{min1} point central, dans le sens de la longueur, de la section à bords parallèles de l'éprouvette (voir aussi la [Figure E.2](#)) où l'épaisseur, dans le sens de la largeur, est la plus petite. Le point P_{min1} peut se situer au centre de la largeur de l'éprouvette [[Figure E.2, a](#)] ou en toute autre position hors du centre [[Figure E.2, b](#)]
- P_{min2} et P_{min3} sont situés à égale distance b_2 de P_{min1} dans le sens de la largeur en partant d'un bord et respectivement à des distances de $+l_3$ et de $-l_3$ de P_{min1} dans le sens de la longueur
- P_{max1} , P_{max2} et P_{max3} sont respectivement situés aux mêmes emplacements que P_{min1} , P_{min2} et P_{min3} dans le sens de la longueur, mais sur un bord latéral dans le sens de la largeur d'une section à bords parallèles de l'éprouvette, comme montré à la figure

Figure E.3 — Points de mesure de h_{min} et h_{max} sur une éprouvette à usages multiples

E.2 Méthodes d'ajustement de la durée de maintien

E.2.1 Méthode utilisant la masse de l'objet moulé

E.2.1.1 Domaine d'application

Cette méthode détermine la durée de maintien t_H à utiliser pour le moulage (voir [5.2.4](#)) comme la durée prise par la masse de l'objet moulé pour atteindre une valeur constante après avoir augmenté pendant l'augmentation progressive de la durée de maintien.

Une fois déterminée la durée de maintien en se basant sur l'une des deux méthodes décrites au [E.2.1](#) et [E.2.2](#), il n'est pas nécessaire de répéter le mode opératoire pour un matériau identique et la détermination peut être simplifiée pour des matériaux similaires.

E.2.1.2 Mode opératoire

À partir d'un essai préliminaire, estimer, tout d'abord, le temps approximatif que met le plastique fondu pour se solidifier dans la zone de seuil et définir ainsi une «durée de maintien provisoire». Recueillir ensuite un objet moulé à des intervalles de temps se situant dans la plage de ± 10 s de la durée de maintien

provisoire, par paliers de 1 s. Mesurer la masse de l'objet moulé sur une balance ayant une exactitude de $\pm 0,1$ g et porter sur un graphe la masse de l'objet moulé en fonction de la durée de maintien, comme montré à la [Figure E.1](#) (courbe A). Choisir pour t_H une durée de maintien plus longue de 3 s à 5 s que le temps mis pour parvenir à masse constante.

NOTE Une méthode alternative existe qui estime la durée de maintien à partir des propriétés thermiques du matériau^[8]. La durée de maintien est estimée sous forme d'un nombre entier obtenu en multipliant par un coefficient de sécurité de 1,5 le temps mis par le plastique fondu pour se solidifier dans la zone de seuil, à la température indiquée du plastique à l'état fondu et du moule. La valeur estimée n'est pas une valeur prévue dans des conditions de moulage spécifiques, pour un matériau donné, bien qu'elle puisse servir à obtenir la durée de maintien «provisoire» en remplacement de l'essai préliminaire.

E.2.2 Méthode utilisant la pression dans l'empreinte

E.2.2.1 Domaine d'application

Cette méthode détermine la durée de maintien t_H à utiliser pour le moulage (voir [5.2.4](#)) comme étant le temps mis par la pression dans l'empreinte pour diminuer par solidification du plastique fondu dans la zone de seuil.

E.2.2.2 Mode opératoire

Appliquer la pression de maintien pendant une durée suffisante pour amorcer une diminution de la pression dans l'empreinte par solidification du plastique fondu dans la zone de seuil. Choisir pour t_H une durée de maintien plus longue de 3 s à 5 s que le temps mis pour amorcer une diminution de la pression dans l'empreinte.

Bibliographie

- [1] ISO 294-5, *Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques — Partie 5: Préparation d'éprouvettes normalisées pour déterminer l'anisotropie*
- [2] ISO 10350-1, *Plastiques — Acquisition et présentation de caractéristiques intrinsèques comparables — Partie 1: Matériaux pour moulage*
- [3] ISO 10350-2, *Plastiques — Acquisition et présentation de caractéristiques intrinsèques comparables — Partie 2: Plastiques renforcés par de longues fibres*
- [4] ISO 11403-1, *Plastiques — Acquisition et présentation de données multiples comparables — Partie 1: Propriétés mécaniques*
- [5] ISO 11403-2, *Plastiques — Acquisition et présentation de données multiples comparables — Partie 2: Propriétés thermiques et caractéristiques relatives à la mise en oeuvre*
- [6] ISO 11403-3, *Plastiques — Acquisition et présentation de données multiples comparables — Partie 3: Effets induits par l'environnement sur les propriétés*
- [7] JOHANNABER F. KUNSTSTOFFE (German Plastics), 79 (1989), 1, pp. 15-28
- [8] BALLMAN R.L., & SHUSMAN T. Easy way to calculate injection molding set-up times. Modern Plastics. 1959, 37 (3) p. 126

Projet de norme marocaine