

MOUSSES DE POLYURÉTHANE : UN RATIO, SINON RIEN



DR Secmer

Coulée de polyuréthane dans un moule.

L'industrie du polyuréthane n'a pas souvent l'honneur d'être à la Une de la presse professionnelle française. Et pourtant, ce secteur fortement lié à l'automobile, mais pas seulement, pèse des milliards d'euros. Comment mouler ces pièces en mousse à partir de produits visqueux ? Un processus qui repose avant tout sur une technique de dosage...

Les mousses de polyuréthane sont particulièrement présentes dans les voitures. Il s'agit de la matière utilisée pour la fabrication des tableaux de bord, des revêtements des volants, des pommeaux de levier de vitesse, des toits, du bourrage des sièges et des appuie-têtes, des pare-chocs etc. Au delà de l'industrie automobile, ces mousses se trouvent aussi bien dans les articles ménagers que dans les meubles, les textiles, les emballages spéciaux, le bâtiment ou l'aéronautique. Les roulettes de patin, les casques de vélo, les coussins, les matelas, les canapés, les panneaux d'isolation sont d'autres exemples de l'emploi de ces mousses. Selon Nicolas Charles, directeur technique de Secmer,

une société commercialisant des machines pour la coulée de mousses polyuréthanes, « la production mondiale de polyuréthane est d'environ 100 millions de tonnes, dont plus des $\frac{3}{4}$ est représenté par la mousse polyuréthane, qu'elle soit souple, semi-rigide ou rigide ».

Une affaire de mélange

A première vue, on pourrait croire que le polyuréthane (PU) est une sorte de plastique. Ce n'est pas le cas. Le plastique est obtenu par la fonte de granulés, tandis que le PU est un produit obtenu en mélangeant plusieurs liquides. Dans sa forme la plus simple, ce fluide est issu de la réaction de deux composés principaux que sont le polyol (la base) et l'isocyanate (le durcisseur) ; c'est ce que l'on appelle un « bicomposant ». Le polyol n'est pas un produit chimique très dangereux. Il ressemble à une pâte assez épaisse dont la viscosité oscille entre 2 000 et 100 000 cSt (centistoke). « Rien à voir avec l'eau dont la viscosité est de 1 cSt. Si vous retournez un pot de polyol, il ne coulera pas », illustre Stéphane Bredel. L'isocyanate est moins visqueux, « entre 100 et 2 000 cSt selon les cahiers des charges ». En revanche, il est assez agressif et nocif pour le personnel. Irritant, il attaque la peau, les yeux et les poumons. Une fois la mousse formée, tous ces désagréments disparaissent.

L'isocyanate existe en deux variantes : TDI (Toluène Di Isocyanate) et MDI (Diphényl Méthane di Isocyanate). Selon que l'on choisisse l'une ou l'autre, les utilisateurs ont constaté empiriquement que les mousses auront des caractéristiques physiques différentes. Dans l'industrie automobile, « certains préfèrent le MDI car ils ont une impression de confort légèrement supérieure, en sachant qu'ils n'ont jamais vraiment réussi à le démontrer scientifiquement. Lors des tests, des individus se sont simplement assis sur des sièges en mousse de polyuréthane MDI, et, après avoir roulé, ont jugés

que ceux-ci étaient plus confortables que les TDI », explique Patrice Szymanski, responsable maintenance et sécurité chez Proseat, société fabriquant des coussins en mousse polyuréthane pour les sièges de voiture. Classé dans la catégorie des toxiques, le TDI obéit une réglementation plus contraignante en termes de stockage que le MDI, nocif et moins dangereux. Avec 80 m³ de TDI et MDI en stock, le site de Proseat a été classé « Seveso », une directive qui répertorie les usines à risque pour l'environnement. Soumises à des normes bien particulières, celles-ci sont beaucoup plus surveillées par le législateur. « Les produits sont

conservés dans deux grandes cuves de 40 m³ chacune, sous atmosphère contrôlée. La température ambiante du local est chauffée à 20°C, car, en dessous de 13 ou 14°C, TDI et MDI cristallisent » détaille Patrice Szymanski. Si la température, la pression, le débit



Les automobiles comportent de nombreuses pièces en mousse de polyuréthane.

DR Worldex Media

L'industrie du polyuréthane en France

« Le secteur du polyuréthane est loin d'être négligeable en terme de résultats, puisqu'il est fortement lié aux secteurs de l'automobile et de l'aéronautique, ainsi qu'aux produits de grande consommation. Mais pour une raison que j'ignore, il est boudé par l'ensemble des médias professionnels français, contrairement aux autres puissances industrielles que sont l'Allemagne, l'Italie, la Grande-Bretagne, les USA, le Japon... sans parler à présent de la Chine ou de l'Inde. En Allemagne par exemple, il existe des magazines uniquement consacrés au polyuréthane », lance Stéphane Bredel, directeur d'exploitation de Suco-VSE, fournisseur de groupes motopompes « tout intéressés ».

Comment expliquer cette situation alors que la mousse de polyuréthane est largement présente dans notre univers quotidien ? Parce que le nombre de fabricant est faible dans l'Hexagone, ce qui ne va pas aller en s'arrangeant à en croire les économistes qui observent une réduction progressive du tissu industriel dans son

ensemble. Selon l'ADEME – Agence public de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie – « le marché français du polyuréthane est relativement modeste, quantitativement parlant, par rapport au marché allemand et au marché italien. Il représente environ 10% de l'ensemble Europe de l'Ouest. (...) La France n'a pas de producteurs locaux, ni au niveau matière première de base, TDI, MDI, polyol, ni véritablement au niveau de la formulation. » L'Allemagne est bien implantée en isolation, mais également en automobile. La présence outre-Rhin de Bayer et de BASF, tous deux producteurs majeurs de polyuréthane, est un atout indéniable. L'Italie, pour sa part, est plutôt spécialisée dans l'ameublement.

Néanmoins, si la France a raté le coche du PU, tout n'est pas sombre ; elle conserve une place importante dans certaines niches : « Le seul point véritable de leadership pour la France, en terme d'application polyuréthanes réside dans la position forte dans le domaine des sièges automobiles », nuance l'ADEME.



Machine de dosage

et les produits impliqués (viscosité) sont des paramètres changeants, le schéma du process de fabrication des mousses de polyuréthane reste toujours le même. L'idée est de mélanger un produit A et un produit B à l'aide d'une machine de dosage bicomposants et d'injecter le PU obtenu dans un moule pour obtenir une pièce. On retrouve les systèmes bicomposants dans d'autres process industriels (fabrication de certaines colles, de joints silicones...).

Des mousses plus originales peuvent être coulées. Il suffit d'élaborer des formulations plus complexes en y ajoutant des additifs. Dans ce cas, on ne

parle plus de bicomposants, mais de systèmes « multicomposants » à trois, quatre, cinq composants, ou plus ! Des adjuvants permettent, par exemple, de rendre la mousse difficilement combustible, de la durcir, d'augmenter ou diminuer la vitesse de réaction et d'expansion de la mousse dans le moule, d'augmenter ou diminuer la taille des cellules. Il est envisageable, pourquoi pas, de rajouter des colorants afin d'apprécier des couleurs plus jolies ou des effets visuels. « Certes c'est du marketing, mais en attendant, il faut quand même faire le dosage » lance Stéphane Bredel, « certains fabricants mélangent aussi des produits chargés, contenant

des particules abrasives ou peu abrasives à l'intérieur. Tout est faisable, c'est une question de dosage, de rapport de mélange » ajoute-t-il. Les professionnels parlent de « ratio ». Il faut impérativement le respecter car toute la problématique des systèmes bicomposants ou multicomposants PU se situe là. Les machines de fabrication restent, dans le principe du moins, très similaires les unes aux autres. Ce sont les rapports de dosage qui changent. Le non-respect du ratio risquerait de déboucher sur un résultat complètement différent de celui attendu.

Au toucher, les mousses produites se distinguent en trois grands types : les souples, les rigides et les mousses à « effet de peau ». Les mousses souples servent à faire des matelas par exemple, tandis que les mousses rigides, dites « expansées », sont dures (densité de l'ordre de 40 kg/m³), et sont employées en isolation (panneaux d'isolation de bâtiment, de réfrigérateurs etc.). Les mousses « à effet de peau » ont une densification en surface, caractéristique permettant de fabriquer des pièces n'ayant pas besoin de revêtement. « A la différence des mousses rigides ou souples classiques, leurs surfaces ont un aspect lisse, on ne distingue pas les pores. Elles sont très utilisées dans l'automobile : volants, accoudoirs, tableaux de bords. Si vous coupez un volant, vous verrez à l'intérieur de la mousse identique à celle des sièges », révèle Nicolas Charles.

Autopsie d'une machine de coulage

Il existe donc des machines d'injection mono-, bi- ou multicomposants. Le mélange étant déjà effectué dans le cas des systèmes monocomposants. Les machines disposent d'autant de réservoirs qu'il y a de composants dans la formulation du PU. En fonction du composant contenu, ces réservoirs vont être soit refroidis par une boucle de refroidissement, soit chauffés



Débitmètre à engrenage avec afficheur pour systèmes bicomposants. L'écran du haut affiche le débit du produit A, celui du milieu le débit B, et celui du bas le ratio.

DR Suco-VSE



Tête de coulée mélangeant 5 composants.

DR Secmer

fés par un thermoplongeur (cas du TDI). Derrière chaque réservoir, il y a un filtre, puis une pompe de dosage qui va diriger le produit vers la tête de mélange. Celle-ci est embarquée sur un robot qui va suivre les moules en mouvement permanent. Le moulage s'effectue par injection. A son ouverture, les produits mélangés coulent dans le moule, à chaud, selon des trajectoires destinées à bien napper le fond. La mousse occupe rapidement tout le moule et le « potlife » (temps de réaction) est très court : au bout de 15 secondes la réaction se déclenche. La réaction étant exothermique, il faut travailler à 20°C. Le traitement des mousses PU demandent une extrême vigilance en matière de régulation de température. A 30 ou 40°C, le temps de réaction descendrait à 5 secondes ; dans ces conditions, le polyuréthane n'aurait pas le temps de couler. L'expansion et

la maturation de la mousse prend, à peu près, 7 ou 8 minutes. « D'une couche de 3 ou 4 millimètres dans le fond, on arrive à remplir par extension une empreinte de moule qui peut faire jusqu'à 10 ou 12 cm de hauteur. » raconte Patrice Szymanski. Aux yeux de Nicolas Charles, dont la société Secmer conçoit des appareils de coulée, le choix de la machine est lié au produit utilisé (viscosité, température ambiante, type de charge, dangerosité...). « La moitié des machines que nous vendons ne sont pas disponibles sur notre catalogue, elles sont réalisées à partir de cahiers des charges précis pour des produits bien définis », précise-t-il.

Le choix de la pompe demeure toujours difficile, la solution universelle n'existant pas. En effet, un fabricant d'objets en mousse PU n'aura jamais les mêmes conditions de moulage à tout instant. D'une part parce que les caractéristiques des objets à couler et des composants ne sont jamais toujours les mêmes, d'autre part, comme le souligne Stéphane Bredel, parce que les conditions atmosphériques du local ne sont pas immuables : « Dans un atelier qui n'est pas équipé de système de régulation, la température va changer selon les saisons, donc le produit va subir des variations de viscosité. Or, comme pour les huiles et les graisses, la notion de viscosité est très importante pour le polyuréthane ». Le comportement de la pompe sera souvent changeant, le fabri-



DR Suco-VSE

Système bicomposants

EKATO GROUP

DU LABORATOIRE
AUX SOLUTIONS
INDUSTRIELLES
NOUS AVONS LA
SOLUTION À VOS
APPLICATIONS

MÉLANGE
AGGLOMÉRATION
FERMENTATION
GRANULATION
HUMIDIFICATION
HYDROGÉNATION
ENROBAGE, SÈCHAGE
RÉACTION



ADHÉSIF
PIGMENTS
MATIÈRES PLASTIQUES
PEINTURES ET LAQUES...

EKATO S.A.R.L. 30, Avenue de l'Amiral Lemonnier, 78160 Marly-le-Roi
Tel: 01 30 08 75 50, Fax: 01 30 08 75 50, e-mail: rse@ekato.com, www.ekato.com

cant a donc besoin de souplesse. Mais quelles que soient les applications, se sont toujours des pompes volumétriques, lesquels sont soit des pompes à engrenages, soit des pompes à pistons. Les pompes à engrenages ne peuvent pas dépasser les 180-200 bars. Pour aller au-delà, il faut s'équiper de pompes à pistons. Pour ces dernières, il existe deux technologies : pistons radiaux et pistons axiaux. « La plupart du temps, ce sont des pompes à pistons axiaux qui sont utilisées dans l'industrie du polyuréthane. Elles offrent la possibilité de pouvoir contrôler la cylindrée et donc de pouvoir modifier ainsi les débits et les ratios de mélange. Ainsi une machine s'adapte facilement à plusieurs types de pièce à couler », explique Stéphane Bredel. « Cependant, depuis quelques années, on assiste au retour des pompes à pistons radiaux. Avec des variateurs de fréquences, il est possible de jouer sur la vitesse des moteurs et de changer de la sorte le débit. C'est encore plus souple que de jouer sur la cylindrée, et ces pompes sont globalement moins chères ». D'autres jouent à la fois sur la cylindrée et sur la vitesse du moteur...

Pas de sécurité sans étanchéité

L'étanchéité est essentielle. En cas de fuite, l'air s'engouffre dans la pompe, entre en contact avec l'isocyanate et entraîne la cristallisation de celui-ci. La pompe se bloque. Afin de parer à ce genre d'incident, Suco-VSE préconise une solution simple : l'accouplement magnétique. Stéphane Bredel explique : « le moteur entraîne la pompe. Un rotor avec des aimants disposés tout autour est monté sur l'arbre de pompe. Par-dessus ce rotor, une cloche fermée en inox encapsule complètement le fluide qui ne peut donc pas s'échapper. Le couple est transmis par les aimants. Avec ce mécanisme, on supprime les jointements, lesquels sont le talon d'Achille de toutes les pompes ». Un mode d'entraî-



Accouplements magnétiques.

nement totalement étanche qui convient pour toutes les applications où les fluides peuvent être dangereux pour l'Homme ou pour l'environnement. Chimiquement neutre et amagnétique, l'inox laisse passer le champ magnétique. Les couples, qui peuvent être très importants (jusqu'à 2 000 Newtons/mètre), sont transmis sans aucun contact. N'ayant plus de frottements, il n'y a plus d'usure, donc plus de maintenance nécessaire. « Autrefois les utilisateurs ne mettaient des accouplements magnétiques qu'au niveau de l'isocyanate, car les prix étaient élevés. La tendance actuelle est d'en mettre également au niveau du polyol, non pas pour des questions environnementales, mais parce qu'il n'y plus aucune maintenance à assurer », observe Stéphane Bredel.

Les machines d'injection peuvent béné-



Pompe à engrenage de dosage.

ficier d'accessoires pratiques : capteurs de pression, de température, systèmes de gestion du niveau de la cuve, débitmètres etc.

Les débitmètres séduiront surtout les utilisateurs qui souhaitent parvenir à un dosage ultra-précis. A chaque composant doit en être associé un. Une centrale d'acquisition reçoit toutes les informations concernant les débits, les compare, et régule les pompes afin de respecter le ratio. Les débitmètres à engrenage comptent parmi les plus fiables.

Une réponse aux phénomènes d'usure

Dans l'industrie automobile, malgré le fait que les machines travaillent à des cadences infernales, usantes, on y constate peu de renouvellement. « Imaginez une usine qui fabrique à flux tendu 11 000 coussins pour siège de voiture par jour, avec 6 ou 8 machines. Les industriels privilégient la maintenance pour éviter d'avoir à acheter et changer de nouvelles pompes, opération qui entraîne l'arrêt des lignes de production », explique Stéphane Bredel. Le rinçage des pompes et des circuits s'impose de temps en temps avec du Mesamoll, un produit de nettoyage breveté par le chimiste Bayer. Les huiles et les graisses empêchent l'expansion de la mousse. Si un des produits de base est contaminé par une faible proportion d'huile, la réaction d'expansion ne va pas se faire ou va retomber immédiatement. « Le Mesamoll est un lubrifiant neutre par

rapport à cette réaction. L'eau est à proscrire, elle réagit violemment avec les isocyanates (TDI et MDI) pour cristalliser et provoquer la création d'urée, un produit solide qui risque d'endommager sérieusement les machines. Ainsi, nous nous assurons que le volume d'air au-dessus des liquides dans les cuves soit ultrasec, avec un point de rosée de l'ordre de -70°C , afin d'éviter que l'isocyanate ne réagisse avec l'humidité», détaille Patrice Szymanski.

Haute pression ou basse pression ?

L'usage de la pression permet de forcer mécaniquement le mélange de composants qui, non seulement, n'ont pas d'affinités, mais qui sont aussi très visqueux. De plus, il faut pousser pour que la mousse se répande dans le moule. Il existe deux types d'injection de polyuréthane : la basse et la haute pression.

La haute pression (à partir de 150 bars) est utilisée pour fabriquer des pièces souples et semi-rigides : revêtement des volants, pommeaux des leviers de vitesse, tableaux de bords, rembourrage des matelas, rembourrage des sièges, plafonniers de voitures. La basse pression (entre 5 et 15 bars) est plutôt employée pour mouler les pièces rigides, semi-rigides : galets des chariots, roulettes des patins. Dans les deux cas le procédé reste le même, mais le rendu est complètement différent. Aux premiers abords il n'y a aucun rapport entre la matière constituant un tableau de bord souple et celle d'un pare-choc, et pourtant les deux sont en polyuréthane.

Nicolas Charles, dont la société est spécialisée dans les process basse pression (BP), mentionne

une autre différence fondamentale : « En basse pression, lorsqu'une coulée se termine, il subsiste dans le mélangeur un reste de mélange qui va réagir. Il faut donc le nettoyer à l'aide de solvant tel que le chlorure de méthylène. Avec la haute pression, il n'y a pas besoin de mélangeur car c'est la rencontre des jets qui va faire le mélange directement. Rien à nettoyer, l'utilisateur s'affranchit du solvant ». Un bel avantage offert par la haute pression (HP). « Par contre, le prix d'une pompe qui va travailler à 150 bars est plus élevé que celui d'une pompe qui va refouler à 15 bars ».

Un autre critère important va déterminer le type de pression : la cadence de production. En effet, une usine qui fabrique des mousses pour des sièges automobiles va utiliser de la HP, car elle tourne à une cadence élevée. Si elle choisissait la BP, elle consommerait alors une quantité énorme de solvant pour le rinçage des mélangeurs. A l'inverse, une fabrique qui va produire selon une petite cadence ne va jamais s'équiper de machines HP car elle n'atteindrait jamais le retour sur investissement. C'est notamment le cas pour les prototypes automobiles. Comme les propriétés du polyuréthane sont extrêmement proches de celles du plastique, les ingénieurs commandent d'abord des prototypes en PU pour les crash-tests ; puis lancent ensuite la production en grande série en plastique, matière plus chère. Cela évite de développer des prototypes onéreux...

Olivier Roussard

Revol Sonier
Buttin
Soded
Maagtechnic sro

Maagtechnic
Matières à performances

Caoutchouc - Plastiques - Matériaux composites

**étanchéité - isolation
transfert des fluides
lubrification - adhésivage
systèmes de protection**



L'Expertise



La Disponibilité



Le Service

60 000 produits - catalogue disponibles en ligne

www.maagtechnic.fr

des experts à votre écoute

Tél. : 33 (0)4 72 05 46 50 - Fax : 33 (0)4 72 05 46 62

E-mail : info@maagtechnic.fr

Débitmètres à engrenages VSE

Pour mesurer et réguler
les débits et volumes des liquides

- De 0,002 à 500 l/min
- De -40 à $+210^{\circ}\text{C}$
- 315, 450 et 700 bar
- Versions ATEX



Europarc Tetraparc
40 rue Eugène Dupuis
94000 CRÉTEIL
Tél. 01 56 71 17 50
Fax 01 56 71 17 55
www.sucovse.fr info@sucovse.fr