

Phénomènes de surface après application d'un agent de démoulage

Propriétés des agents de démoulage

Les agents de démoulage sont en général considérés comme les démons du traitement des matières plastiques. Cependant, aujourd'hui leur utilité n'est plus à négliger dans l'industrie du plastique. En effet, outre leur fonction première (le démoulage sans que la pièce moulée ne contracte de déformations), ils ont pour but d'agir sur les surfaces. Ils peuvent par exemple améliorer l'adhérence ou le toucher d'une pièce moulée, sa brillance ou sa matité. Les agents de démoulage participent en particulier à l'aspect alvéolé des surfaces des mousses souples. Pour ces systèmes, l'expérience montre que l'association de la mousse et des agents de démoulage doit encore être adaptée, puisque le résultat sur la surface n'est pas toujours prévisible [1,2,3].

Problèmes relatifs aux agents de démoulage

Les agents de démoulage sont toujours mis à disposition lorsqu'une surface doit être post-traitée, soit principalement lors de processus tels que la peinture ou le collage. Les agents actifs traditionnels des agents de démoulage comme la cire, la silicone, la paraffine ou les huiles posent certains problèmes [1] et c'est ainsi que la notion de peste engendrée par la paraffine ou la silicone s'est imposée chez les transformateurs.

Fondements physiques

À la base de l'action des agents de démoulage, substances adhésives et peintures, se trouve le rapport entre cohésion et adhérence. Les forces actives intermoléculaires telles que la force de Van der Waals, l'interaction électrostatique ou même les liaisons chimiques, jouent un rôle prépondérant dans l'adsorption de deux interfaces. La mouillabilité de l'interface, qui dépend entre autres de la structure de la surface du substrat, est une condition sine qua non pour l'adsorption d'un substrat. Cette propriété est visible au microscope à travers l'expression de la tension superficielle ou de la tension d'interface [4].

Physiquement, il est possible de comprendre comment se manifeste la tension superficielle en observant un capillaire rempli d'eau (fig. 1). Le ménisque qui se forme, ou la mouillabilité de l'interface solide, est décrit par l'interaction du liquide et du solide sur la tension de surface ou d'interface en fonction de l'équation de Young :

$$\sigma_{\text{solide/liquide}} - \sigma_{\text{solide}} = \sigma_{\text{liquide}} \cos\theta$$

$\sigma_{\text{solide/liquide}}$ représente la tension d'interface entre le liquide et le solide.

σ_{solide} correspond à la tension de surface du liquide.

σ_{liquide} indique la tension de surface du substrat.

$\cos\theta$ est l'angle de contact qui se forme lorsque la surface d'un liquide / de l'air jouxte une paroi solide.

$\sigma_{\text{solide/liquide}} - \sigma_{\text{solide}}$ est défini comme « tension d'adhérence ». [6] Une substance dont l'angle de contact est inférieur à 90° est capable de mouiller une surface, puisque sa tension d'adhérence est négative et que, lors du mouillage, elle libère de l'énergie dans son environnement. Avec un angle de contact supérieur à 90°, la tension d'adhérence affiche des valeurs positives. Il est dès lors indispensable de déployer de l'énergie afin de pouvoir procéder au mouillage d'une substance.

Effet des agents de démoulage

L'effet des agents de démoulage trouve son origine dans divers mécanismes d'action. Tout d'abord, il est possible de considérer l'action anti-adhésive comme une incompatibilité entre des matériaux. Ce phénomène peut être engendré entre autres par des différences de polarité entre le substrat et l'agent de démoulage. En raison de l'incompatibilité des interactions liquide / solide, se développe un phénomène de répulsion, semblable à l'hydrophobie de la cire et de la silicone ou à l'oléophobie résultant des dérivés fluorés.

Ces effets se manifestent également par la différenciation de la tension de surface entre une partie polaire et une part apolaire ; la partie polaire contribuant généralement en grande partie au phénomène d'adhérence. Dans le cas où les forces actives sont exclusivement dispersées, le mouillage de la surface reste impossible et les conditions nécessaires à l'adhérence s'en trouvent amoindries. On peut donc en conclure que l'agent de démoulage le plus efficace doit être élaboré de telle sorte qu'il ne requiert ni le

mouillage du substrat ni de la surface du moule (fig. 2). Ainsi, l'angle de contact du liquide augmente pour atteindre 180° , et le $\cos\theta$ revêt une valeur négative. Un résultat envisageable si $\sigma_{\text{liquide}} < \sigma_{\text{solide/liquide}}$. La tension d'adhérence issue de ce processus est alors positive, c'est-à-dire qu'il est nécessaire de mettre en œuvre des opérations pour le mouillage. Dans cette optique, l'effet anti-adhésif ne dépend plus que de l'adhérence et de la pression du matériau.

L'industrie des plastiques exploite un large éventail de procédés tirant partie de l'augmentation de l'angle de contact pour obtenir l'effet anti-adhésif. Ainsi, l'effet des couches semi-permanentes d'agent de démoulage à base de résine de silicone ou le traitement au téflon repose sur cette méthode. En règle générale, les composants sont faciles à démouler lorsque les valeurs d'adhérence sont inférieures aux valeurs de cohésion, de façon à éviter une déformation irréversible ou une rupture de la pièce moulée. Ceci vaut par exemple pour les systèmes à haute densification tels que le moulage RIM ou pour les composés élastomères à module d'élasticité élevé.

Les plastiques dont le retrait est élevé constituent un autre champ d'application puisque le composant plastique polymérisé peut annuler les forces d'adhérence au niveau de l'interface. Les procédés impliquant le pressage du plastique sur la surface autorisent le mouillage de la surface du moule grâce aux pressions exercées. Le plastique devant être moulé est consolidé au moins mécaniquement. Malgré une faible mouillabilité, le substrat adhère à la surface de l'agent de démoulage. La quantité d'énergie nécessaire pour le démoulage sera dès lors plus importante. Avec ce procédé, on ne peut pas encore prévoir la réaction des surfaces. Toutefois, il est possible d'affirmer qu'à chaque modification de la surface de la couche d'agent de démoulage, la surface de la pièce moulée subira également quelque changement.

Pour résoudre ce problème complexe, il convient de chercher d'autres possibilités alliant démoulage aisé et qualité de surface constante. L'agent de démoulage doit constituer une couche totalement fermée non seulement sur la surface du moule, mais également sur le plastique à démouler. Pour ce faire, il est indispensable que l'agent de démoulage recouvre tant la surface du moule que celle de la pièce moulée. Et ceci ne fonctionne que si la tension de surface de l'agent de démoulage est inférieure à celle de la surface du moule ainsi qu'à celle du plastique lui-même. En bref, pour chaque type d'agent de démoulage ou de substance adhésive, il existe des conditions sine qua non.

L'efficacité de chaque système se traduit pourtant très différemment. Pour ce qui est des colles, une bonne enduction et donc une bonne adhérence signifie une bonne fixation sur la surface de la pièce moulée. La substance adhésive affiche des valeurs de cohésion élevées et ne peut être retirée que si le plastique se brise. D'autres part, en ce qui concerne les agents de démoulage, la rupture dans la phase fluide est idéale. En raison du mouvement moléculaire, la cohésion des systèmes liquides est faible et ne représente qu'environ 40kJ/mol, une donnée variable en fonction de la viscosité. Ainsi, pour les agents de démoulage, la rupture cohésive, en présence d'une faible viscosité dans la phase fluide, permet de ne mettre en œuvre qu'une faible quantité d'énergie lors du démoulage. Un principe en totale contradiction avec celui de l'efficacité des substances adhésives, puisque celles-ci, outre une bonne adhérence, doivent présenter des valeurs de cohésion élevées.

Post-traitement

Étant donné que les agents de démoulage requièrent les mêmes exigences que les substances adhésives pour atteindre une efficacité optimale, il convient de toujours prendre en compte les impuretés des agents de démoulage sur les surfaces devant faire l'objet d'un collage. Par conséquent et grâce à l'agent de démoulage, la tension de surface de la pièce moulée baisse, et toute enduction de colle sur cette dernière est donc à exclure. Ainsi et à juste titre, il est indispensable d'éliminer l'agent de démoulage pour le post-traitement ou d'adapter des paramètres en fonction du post-traitement [5]. La fabrication de chaussures « doublement étanches » montre entre autres que ce principe fonctionne. Une seconde semelle PUR est adjointe à la surface de la première semelle au niveau de la séparation, sans que la pièce ne nécessite de nettoyage préalable. Ce processus n'est possible que si les mesures suivantes sont respectées :

- Les étapes de travail sont optimisées de manière à ce que la perte de temps entre les moussages soit très réduite. Ainsi, l'activité résiduelle de la surface PUR reste suffisamment élevée pour adhérer à la seconde couche.
- Une couche optimisée d'agent de démoulage d'environ 1 g par semelle
- Une solubilité de l'agent de démoulage dans la mousse

Les propriétés physiques montrent que, sans élimination de l'agent de démoulage, la rupture cohésive de

la mousse présente une densité moindre.

Malgré l'emploi d'agent de démoulage, il devrait être possible d'aboutir à de bons résultats en matière de collage ou de peinture pour d'autres mousses PUR. À l'heure actuelle, les procédés suivants sont mis en œuvre :

1. Élimination par nettoyage de l'agent de démoulage
Ce procédé garantit une surface exempte d'agent de démoulage, mais représente cependant une étape de travail supplémentaire.
2. Agent solubilisant
La couche d'agent de démoulage est fixée par un solvant ou un agent solubilisant dans la peinture ou la colle.
3. Augmentation de la partie polaire de la surface plastique
Activation par rayonnement, activateurs chimiques, groupes réactifs, exploitation de l'activité résiduelle de la mousse.
4. Hausse de la polarité de l'agent de démoulage
Développement d'un agent de démoulage favorable au post-traitement.

Résumé

Les agents de démoulage et les colles fonctionnent uniquement sous les mêmes conditions : le mouillage du substrat concerné. Tandis que la colle adhère grâce à la cohésion des deux phases, un bon agent de démoulage, lui, n'est efficace qu'avec une rupture de cohésion. Plusieurs solutions sont envisageables pour intégrer l'agent de démoulage dans le processus de post-traitement. Cependant, cela ne reste possible que si les acteurs mousse, agents de démoulage, peintures ou colles présentent une compatibilité les uns par rapport aux autres. C'est du moins ce qu'a prouvé la pratique.

Dr. rer. nat. Holger Klyszcz-Nasko
ACMOS CHEMIE, Brème

Référence :

- [1] H. Wochnowski; Kunststoffe 79, 8 , p. 680 (1989)
- [2] H. Wochnowski, 18. Schaumkunststoff-Tagung, 1997, p. 249ff, Mainz
- [3] W.Thies, PU-China 95, p. 160 ff
- [4] M.Osterhold, Farbe und Lacke 99,6, p. 505ff (1993)
- [5] T.Brock, M. Groteklaes, P.Mischke, Lehrbuch der Lacktechnologie, p. 172, Hannover (1998)
- [6] Ullmann, Bd.22, S. 456 ff 4.Aufl, Weinheim (1975)

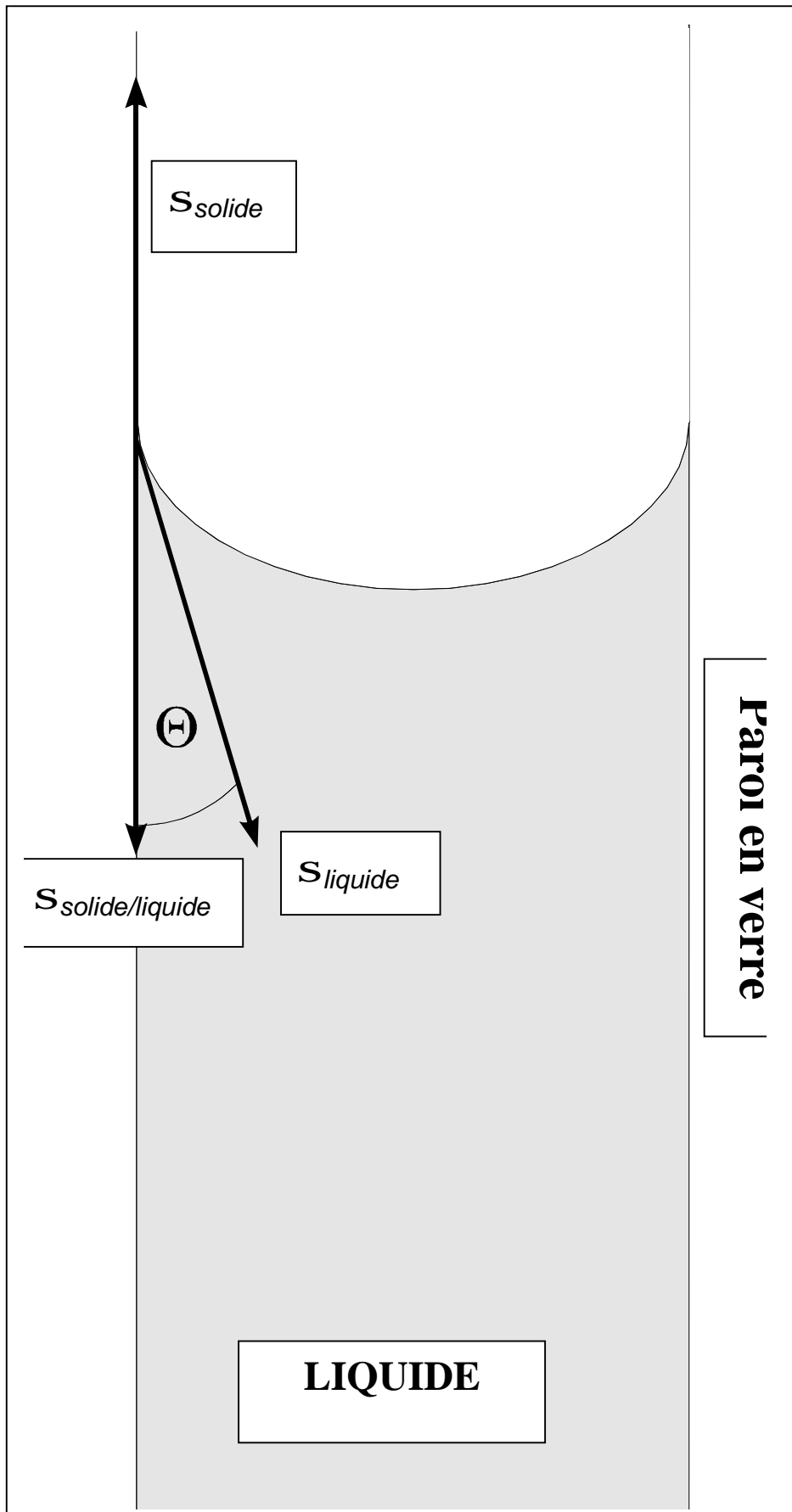


Fig 1: Mouillage par liquide d'un capillaire en verre.

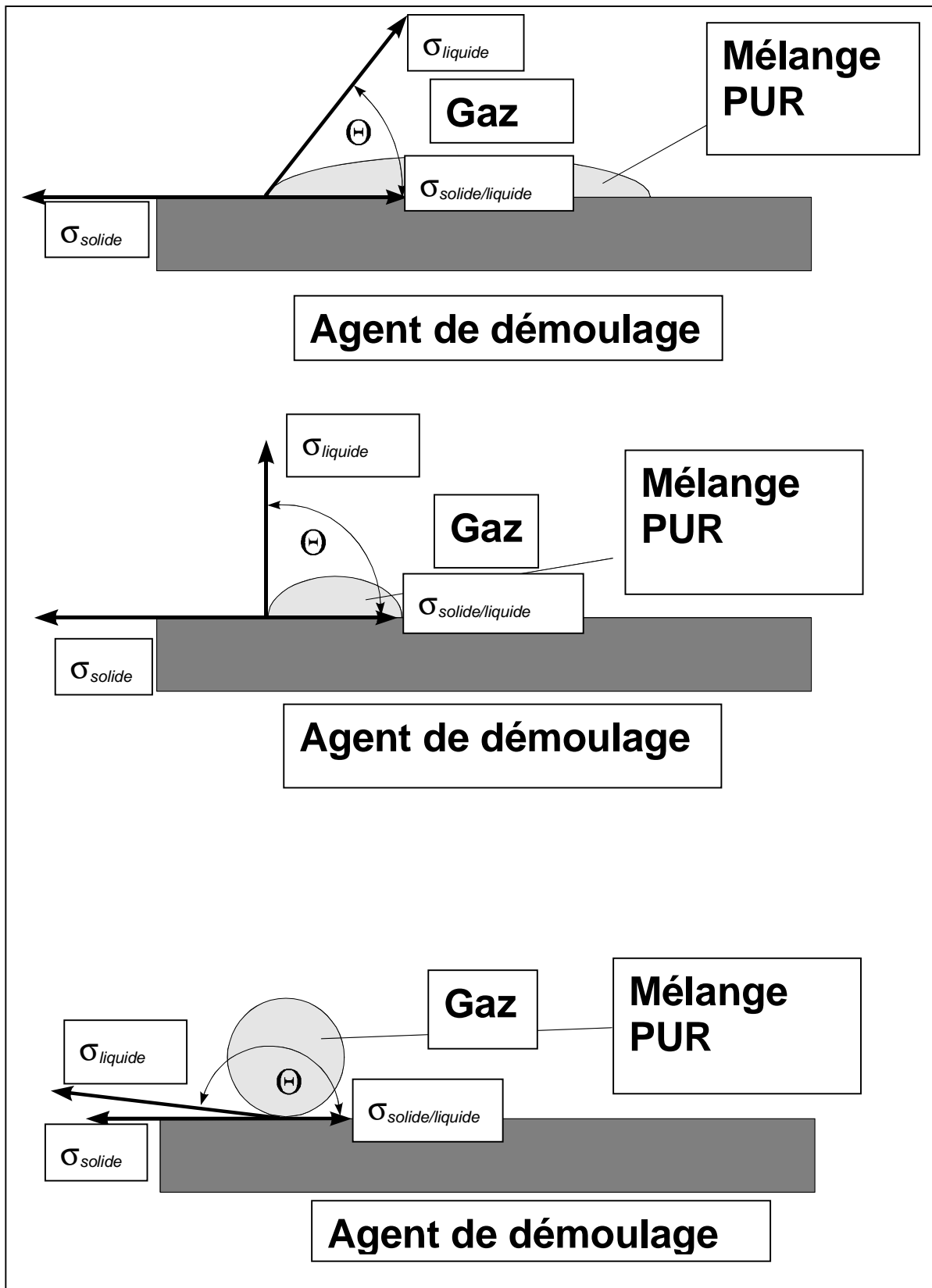


Fig 2: Rapports des forces au niveau de l'interface PUR / agent de démoulage