

# Fleur de lotus et moule d'injection

**Les additifs présents dans des matières plastiques sont à l'origine de dépôts à la surface des moules. Ces dépôts engendrent des défauts de pièce et nécessitent de fréquents nettoyages des moules. Afin de résoudre ce problème, des membres du Réseau plasturgie ont lancé un projet de recherche visant à trouver un traitement de surface anti-adhérent approprié.**

Bien qu'il pousse dans des étangs, le lotus reste toujours immaculé. Cela est dû à la nanostructuration de la surface de ses feuilles. Celle-ci fait que les gouttes d'eau ne peuvent s'y accrocher. Du coup, elles roulent, emportant avec elles les impuretés. Cet effet lotus inspire les chercheurs dans le développement de nouveaux revêtements de surface anti-adhérents. «Effet lotus» est également le surnom d'un projet de recherche collaboratif auquel participent, dans le cadre du Réseau plasturgie, Mecaplast SA, Saia Burgess Murten AG, Wago Contact SA, le Pôle ingénierie plastique de l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg (EIA-FR) et l'Institut Adolphe Merkle. En voici un tour d'horizon.

Lors de l'injection de matière plastique, des dépôts apparaissent au cours du temps dans les canaux d'évacuation des gaz, à la surface du moule, ou encore au niveau du plan de joint. Ces dépôts posent plusieurs problèmes aux plasturgistes. D'une part, des défauts de pièce apparaissent lorsque les canaux d'évacuation des gaz sont partiellement bouchés: les gaz résiduels en surpression empêchent un bon écoulement du polymère fondu. D'autre part, des problèmes logistiques: l'élimination des dépôts nécessite le démontage du moule et son nettoyage avec des produits assez agressifs. Ces opérations prennent plusieurs heures ou plusieurs jours suivant la méthode utilisée. S'ajoute à cela une problématique d'économie d'énergie, car il faut tout d'abord refroidir les moules, avant de les chauffer à nouveau. Les buts fi-

naux du projet sont donc d'espacer le plus possible ces opérations de nettoyage et d'améliorer la qualité des pièces.

## Dépôts mal connus

Malgré l'ampleur du problème, la nature de ces dépôts est encore largement méconnue. Les spécialistes des matières synthétiques ont toutefois constaté une péjoration du phénomène suite à l'introduction d'additifs dans les matières premières. Ces additifs sont principalement des colorants et des agents ignifugeants. Dans le

dernier cas, ils sont le résultat de la mise en œuvre de normes de sécurité et ne peuvent donc pas être simplement éliminés. S'ajoute à cela le fait que les fournisseurs de matières premières ne donnent aucune indication quant à la nature exacte de ces additifs.

Afin de résoudre ce problème, les partenaires ont monté dans le cadre du Réseau plasturgie un projet de recherche collaboratif intitulé «Caractérisation des dépôts résiduels sur les moules d'injection et test des modifications de surface anti-adhérents».

Son financement est assuré par les entreprises et le Pôle scientifique et technologique du canton de Fribourg.

## Au plus près des conditions de production

Pour Stefan Hengsberger, professeur de physique à l'EIA-FR et chef du projet, les buts de cette étude sont multiples. Le premier est la caractérisation chimique des dépôts et une meilleure connaissance des additifs présents dans les matières premières utilisées par les trois entreprises. Le deuxième est d'établir une liste la plus complète possible des différents revêtements anti-adhérents commercialisés ou non commercialisés et d'évaluer leur efficacité.

Afin d'être au plus près des conditions de production des partenaires industriels, Stefan Hengsberger et son collaborateur Alexandr Maksymenko ont instrumenté une presse d'injection de production utilisée par Wago Contact SA à Domdidier. Une partie du moule est équipée d'inserts amovibles dans les parties critiques – dans le cas présent les canaux d'évacuation des gaz. Ces inserts, recouverts avec différents revêtements puis installés dans la presse d'injection, ont été analysés après un certain temps/nombre de cycles. Ce travail, intégré dans la production et en subissant les aléas tels que pannes par exemple, a permis aux chercheurs de quantifier la surface occupée par ces dépôts, d'analyser la structure de leur surface et de mesurer des profils de leur épaisseur.

## Dépôts très inhomogènes

Les premiers résultats montrent que, pour le polyamide employé, la quantité de dépôt n'augmente pas de manière systématique en fonction du nombre de cycles. De même, la topographie des dépôts est très inhomogène et leur épaisseur varie fortement: si l'épaisseur moyenne est typiquement de 1,24  $\mu\text{m}$  après 9300 cycles (sur une

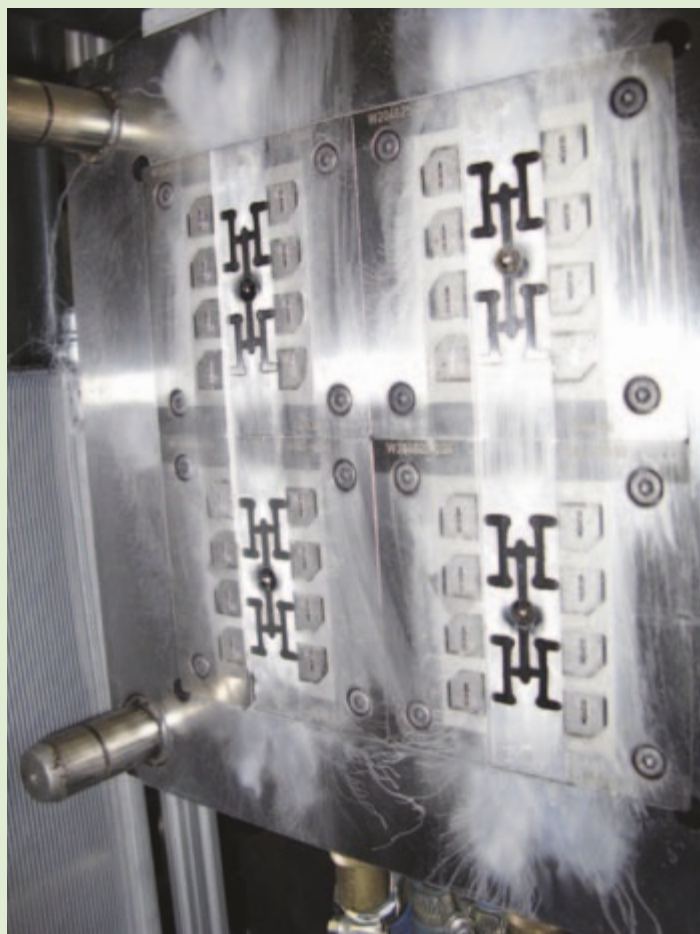


Fig. 1: Dépôts sur le plan de joint d'un moule.

Images: Stefan Hengsberger/EIA-FR

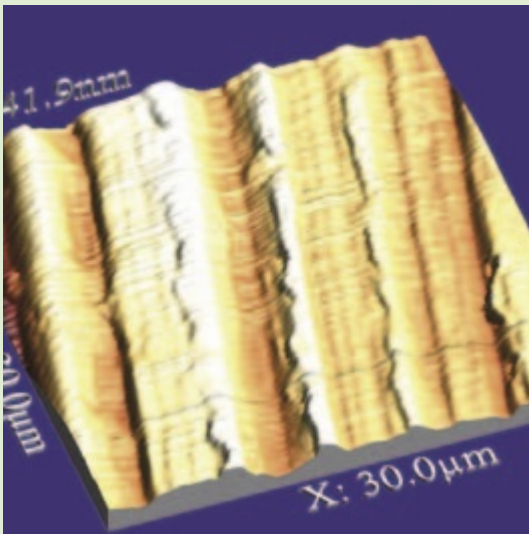


Fig. 2: Surface d'un insert avant injection vue par microscopie à force atomique (AFM).

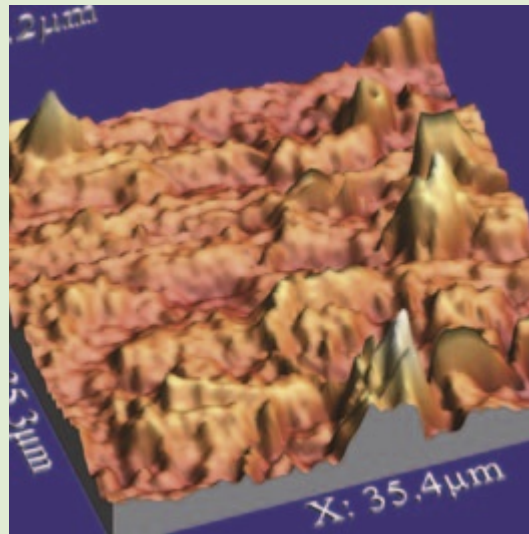


Fig. 3: Dépôt à la surface d'un insert après injection vu par AFM Crédits.

couche d'acier inox), elle varie par endroit de 0 à 10  $\mu\text{m}$ .

Des analyses chimiques par thermogravimétrie ont permis une quantification de l'additif ignifugeant et de l'additif sous forme de pigments de couleurs (inorganique) présents dans le polyamide utilisé par Wago Contact SA. L'analyse du dépôt par spectrométrie infrarouge, effectuée par Benoît Droz, chercheur en chimie à l'EIA-FR, a permis de montrer que ce dépôt est le produit d'une réaction complexe du polymère avec l'additif ignifugeant. Une analyse aux rayons X montre que ce dépôt est en partie cristallin.

### Trois familles de revêtement

Stefan Hengsberger et Alexandr Maksymenko ont ensuite procédé à un listage des différentes solutions commerciales et non commerciales disponibles en Suisse. Les revêtements anti-adhérents potentiellement intéressants se regroupent en trois familles:

- les couches obtenues par dépôt physique de vapeurs (PVD);
- les surfaces obtenues par dépôt physique de vapeurs et nanostructurées;
- et les revêtements hybrides sur base sol-gel.

Ces différents produits ont été recommandés par différentes entre-

prises contactées à cet effet comme couche anti-adhérente devant faciliter le démoulage des pièces injectées. De ce fait, ils ne correspondent pas entièrement à la problématique des dépôts dans les canaux d'évacuation des gaz. Ils ont par contre pour eux le fait d'être inertes vis-à-vis des polymères.

### Performances variables

Une fois traités avec un revêtement, les inserts amovibles ont été soumis à 24 heures d'injection, soit un total de 9300 cycles. Après quoi ils ont été analysés. En comparaison avec des inserts non traités, les premiers résultats montrent des performances très variables, que viennent pondérer des marges d'erreur assez importantes.

Les premiers tests ont montré que l'efficacité (ou non) d'une couche dépend significativement du polymère utilisé. Les tests d'efficacité doivent donc être effectués individuellement pour chaque polymère. Lors de tests avec des polyamides, une surface obtenue par PVD a montré une plus grande efficacité que des couches sur base sol-gel. Pour des tests visant à analyser le démoulage des pièces en POM, le résultat est l'inverse.

Ces résultats prouvent que les «nouveaux» revêtements prove-

nant des nanotechnologies (revêtements à base sol-gel) ont un potentiel intéressant et peuvent être une alternative aux revêtements PVD. Les revêtements à base sol-gel se présentent sous la forme d'une laque à sprayer ou à étaler avec un pinceau, une solution que les industriels peuvent utiliser de manière autonome et sans devoir démonter les moules. Reste la question de la stabilité des couches à base sol-gel lorsqu'elles sont exposées durablement (plusieurs semaines) à des températures pouvant atteindre 300 °C.

Les prochaines phases du projet consistent à analyser de la même manière les problématiques, quelque peu différentes, rencontrées par Saia Burgess Murten AG et Mecaplast SA. Le travail consistera ensuite à tester le produit retenu lors de la production de pièces. A moyen terme, les chercheurs souhaitent développer des tests plus simples pour identifier la couche la plus appropriée à un polymère quelconque.

### Excellente collaboration entre l'académie et l'industrie

Christian Gilliéron, responsable technique qualité chez Wago Contact SA, se montre très satisfait des premiers résultats obtenus, et plus encore de la collaboration avec les chercheurs de l'EIA-FR, qui ont su comprendre et s'adapter aux réalités et aux contingences de la production industrielle. Il souligne également le soutien de sa direction au projet, et ce malgré les perturbations qu'il peut engendrer.

*Texte: Philippe Morel, rédacteur indépendant (Villars-sur-Glâne)*

## → Six nouveaux membres

ont rejoint le Réseau plasturgie. Il s'agit de:

Digi Sens AG  
Digitale Messtechnik  
Freiburgstrasse 65  
CH-3280 Murten  
www.digisens.ch

Redel SA  
Rue du Canal 2 – CP 264  
CH-1450 Sainte-Croix  
www.lemo.com

Kunststoff-Recycling Lenzburg AG  
Industriestrasse 40  
CH-5600 Lenzburg  
www.kunststoff-recycling.ch

Bacab SA  
Rue de l'industrie 19  
CH-1450 Sainte-Croix  
www.bacab.ch

SimpaTec  
Hornbergstrasse 39  
D-70794 Filderstadt  
www.simpatec.com

Hatag Handel und Technik AG  
Rörswilstrasse 59  
CH-3065 Bolligen  
www.hatag.ch

Vous souhaitez adhérer au Réseau plasturgie ou vous informer sur ses activités? Visitez le site internet [www.reseau-plasturgie.ch](http://www.reseau-plasturgie.ch)

## → Contact

D' Stefan Hengsberger  
Département de physique  
Ecole d'ingénieurs  
et d'architectes  
Pérolles 80, CH-1705 Fribourg  
www.eia-fr.ch