

Réduction du coût total de possession des infrastructures de production et des produits grâce aux revêtements antiadhérents

12 février 2021, 01:00

Patrick Cosemans

Les revêtements antiadhérents peuvent contribuer à la réduction du coût total de possession de vos infrastructures de production et de vos produits. Ce premier article sur les propriétés antiadhérentes des revêtements donne une vue d'ensemble des applications.

Le phénomène d'adhérence est très courant, tant dans les produits que dans les procédés de production. Dans la grande majorité des cas, il est indésirable et a de nombreuses conséquences négatives. Les problèmes d'adhérence ne se limitent pas non plus à un matériau ou un secteur industriel, mais se posent partout, dans une mesure variable.

Problèmes d'adhérence de toutes formes et de toutes tailles

Les exemples les plus connus d'adhérence indésirable sur les produits sont évidemment les casseroles et poêles que nous utilisons tous les jours et que nous préférons rincer plutôt que de les récuser et les frotter pour les nettoyer. Autre forme d'adhérence indésirable parfois rencontrée : la saleté sur les pales de ventilateur ou dans les systèmes de climatisation, qui peut ainsi devenir source de contamination bactérienne si elle n'est pas nettoyée régulièrement. Les graffitis peuvent être considérés comme un problème d'adhérence très grave lorsqu'ils sont illégaux.

Dans les procédés de production, l'adhérence des pièces moulées par injection est un problème bien connu dans la transformation des matières plastiques (comme avec le moulage par injection), débouchant sur des produits inutilisables, des arrêts de machine et une maintenance excessive lorsqu'aucune précaution n'est prise. Dans la production de médicaments sous forme de comprimés, on utilise des presses et dans de nombreux cas, on veut imprimer un logo ou un fin code sur le comprimé pendant le pressage. Les problèmes d'adhérence entraînent ici des défauts dans les comprimés ou leur logo, qui ne peuvent alors pas être vendus.

Dans les stations d'épuration et en navigation maritime, le problème d'adhérence est de nature biologique. Les organismes aquatiques tels que les algues et les coquillages se fixent sur les surfaces, rendant les stations d'épuration inefficaces et entraînant une hausse considérable de consommation pour maintenir la vitesse des navires.

Dans certains cas, les problèmes d'adhérence peuvent même provoquer des situations dangereuses, par exemple dans le cas de l'adhérence de la glace sur les pales des éoliennes. Lorsque cette couche de glace atteint une certaine épaisseur, le risque de détachement augmente



eux dégâts sur une longue

Exemples de problèmes d'adhérence pour les produits et procédés. En haut à gauche : moule d'injection (les problèmes d'adhérence entraînent une perte de qualité, une maintenance excessive, des temps de traitement plus longs). En haut à droite : comprimés avec logo (les problèmes d'adhérence entraînent une perte de qualité du logo et un comprimé incomplet). Centre gauche : les saletés incrustées dans un échangeur de chaleur réduisent l'efficacité et augmentent la consommation d'énergie. Centre droit : dépôts de glace sur les pales d'une éolienne (risque de détachement de gros blocs de glace et d'instabilité de l'éolienne). En bas à gauche : 'fouling', c'est-à-dire formation d'une couche de micro-organismes sur les bateaux (entraînant une hausse de consommation importante). En bas à droite : graffitis (Sources : Phys.org et Qualityinspection.org)

Conséquences des problèmes d'adhérence

Il ressort clairement des exemples ci-dessus que les problèmes d'adhérence, sous toutes leurs formes et tailles, peuvent avoir un impact majeur à de nombreux niveaux, notamment l'efficacité des procédés, la qualité, le coût, les délais, la consommation d'énergie, la sécurité et l'hygiène :

- L'adhérence de **plastique fondu dans les moules** peut compliquer le démoulage ou l'écoulement, augmentant les délais et générant des pièces de mauvaise qualité. En outre, elle grève la durée de vie du moule (entre autres par la corrosion) et entraîne des arrêts de production supplémentaires pour éliminer les résidus adhérents.
- Pour les **machines à comprimés pharmaceutiques**, les problèmes d'adhérence entraînent l'invalidation des comprimés, mais il y a aussi un risque de contamination croisée entre les différents lots dû à l'adhérence de résidus. Là encore, cela entraîne une hausse des arrêts de production.
- En **navigation maritime**, la consommation d'énergie augmente avec la prolifération des bio-organismes sur la coque des bateaux. Pour éliminer ceux-ci, le bateau doit être sorti de l'eau et subir un long nettoyage intensif.

Dans le cas des problèmes d'adhérence de **nature biologique en transformation alimentaire** ou dans les applications de climatisation, on constate un impact supplémentaire sur l'**hygiène**.

- L'adhérence de saletés sur des composants tels que les pales de ventilateur ou les grilles de climatisation et de ventilation augmente la consommation d'énergie, mais constitue également une source de contamination microbienne qui peut devenir un problème de santé si l'entretien et le nettoyage ne sont pas réguliers.
- L'adhérence des aliments dans les installations et machines de transformation alimentaire peut accroître les risques liés aux micro-organismes et à l'hygiène. Pour l'éviter, il faut un nettoyage plus intensif et plus fréquent, ce qui entraîne plusieurs coûts : augmentation du coût de nettoyage (énergie, eau), des heures de travail des opérateurs, de l'utilisation de produits de nettoyage, mais aussi une indisponibilité plus longue de l'infrastructure.

Impact financier des problèmes d'adhérence

Les arrêts, les délais allongés, les problèmes de qualité et les opérations de nettoyage supplémentaires ont donc un impact financier important. Quelques exemples :

L'impact économique des matières organiques et inorganiques adhérentes dans les échangeurs de chaleur est estimé à 8% du budget de maintenance et à 0,25% du PIB dans l'économie occidentale. Pour les systèmes alimentés par des combustibles fossiles, il faut y ajouter une hausse 20% du coût en carburant.

En aquaculture, le coût de l'encrassement biologique est estimé à 5-10% du coût total de production.

Dans l'industrie laitière, le nettoyage après encrassement prend jusqu'à 15% du temps total de production. Dans certains cas, il peut représenter jusqu'à 80% des coûts de production. En transformation alimentaire, jusqu'à 10% de certains produits alimentaires peuvent rester collés dans le processus de production.

Les problèmes d'adhérence dans le moulage par injection des produits en plastique sont plus difficiles à évaluer, car de nombreux facteurs entrent en jeu, tels que les déchets, la perte de temps de production, une occupation des opérateurs et des moyens de démoulage plus conséquents.

Trois stratégies pour résoudre les problèmes d'adhérence

Les traitements de surface permettent de résoudre ces problèmes d'adhérence. On peut grossièrement distinguer trois types de traitements de surface : les agents de démoulage liquides à action de courte durée, les revêtements à action de longue durée et les traitements de surface tels que la texturation ou le polissage, où la surface du substrat lui-même est modifiée pour empêcher l'adhérence.

Stratégie 1 : lubrification et agents de démoulage liquides

Dans de nombreux cas, les agents de démoulage liquides sont appliqués à la surface du moule avant la production de chaque pièce. L'opération peut être manuelle ou robotisée. Ces produits ont la particularité de devoir être réappliqués à chaque fois. En découle une augmentation du coût, mais cela peut aussi avoir un impact sur la santé des opérateurs et sur l'environnement à cause de certaines substances contenues dans ces agents. Lorsque l'on travaille avec des silicones, il existe même un risque de contamination des surfaces dans tout l'environnement de production, pouvant entraîner des problèmes d'adhérence pour tout revêtement appliqué ultérieurement aux produits fabriqués.

Stratégie 2 : structuration/polissage

Les traitements de surface, où aucun revêtement n'est ajouté, mais où la surface elle-même est traitée de manière spécifique, peuvent également contribuer à une réduction des problèmes d'adhérence. Le polissage brillant ou l'électropolissage des surfaces des moules ou d'autres pièces de procédé sont une technique largement utilisée pour empêcher l'adhérence. Actuellement, la puissante technologie (femto-)laser peut rapidement et efficacement donner aux surfaces une microtexture très spécifique qui crée une surface anti-adhérente adaptée au produit. Dans les applications abrasives, la texturation est moins faisable en raison d'une possible usure plus importante. D'autre part, une texture peut mieux retenir un agent de démoulage liquide à la surface et il en faudra moins pendant la production.

Stratégie 3: les revêtements

Les revêtements antiadhérents se présentent sous de nombreuses formes et peuvent contribuer à une réduction de l'adhérence considérable et de longue durée par rapport à un agent de démoulage liquide. En raison de la multitude de formes d'adhérence, de types de matériaux, d'applications et de facteurs environnementaux, mais aussi de l'impact économique élevé, de nombreux types de revêtements ont été mis au point, parfois avec un large champ d'application. Cependant, ils sont généralement très spécifiques à une application particulière.

On peut globalement distinguer plusieurs types de revêtements anti-adhérents :

- Revêtements à base de fluoropolymères, dont le célèbre revêtement Teflon®
- Revêtements sol-gel (céramique), plus durs et plus résistants à l'abrasion que les revêtements à base de fluoropolymères en raison d'une combinaison structurale inorganique et organique.
- Revêtements en silicone.
- Revêtements PVD à base de céramique et de carbone pour les applications industrielles à des températures et des pressions élevées.
- Revêtements métalliques, auxquels sont ajoutés des fluoropolymères ou d'autres additifs lubrifiants.

On peut également combiner structuration de moule et revêtement, pour améliorer encore le comportement.

Dans un prochain article, nous nous pencherons sur ces différents types de revêtements anti-adhérents et les applications spécifiques dans lesquelles ils peuvent apporter une solution aux problèmes d'adhérence.

Sources

- <https://phys.org>
- <https://qualityinspection.org>
- <https://www.watco-group.co>
- Isla Fitridge, Tim Dempster, Jana Guenther & Rocky de Nys (2012): The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review, Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research, 28:7
- [Sirris explore l'avenir de la texturisation laser](#)

Auteurs



Patrick Cosemans