

L'auxiliaire de fabrication à base de silice colloïdale réduit considérablement le temps de cycle des résines techniques et améliore la dispersion des couleurs et les dimensions des pièces, tout en permettant aux mouleurs de réaliser d'importantes économies.

Dr. Pravin L. Shah – Rheo-plast Associates, Inc.,
and Richard Oder – Energy Strategy associates, Inc.

CONTEXTE

Dans un précédent article (cf. *Plastics Technology*, novembre 2008, pp. 51/52), nous avons rapporté l'efficacité des particules colloïdales de silice synthétique amorphe ultrafines d'ESA-SIL® pour réduire le temps de cycle du moulage par injection de 20% à 30% dans le polypropylène, le nylon 6 et le nylon 66 non chargés et chargés de fibres de verre, le PBT et l'ABS. Nous avons également signalé que le traitement avec l'ESA-SIL® s'accompagnait d'un maintien, voire d'une amélioration des propriétés physiques essentielles telles que la résistance à la traction et la ténacité. Au cours des douze derniers mois, nous avons réalisé de nombreuses applications commerciales réussies de la technologie ESA-SIL® avec des mouleurs à grands volume qui ont confirmé la réduction significative du temps de cycle dans les moules à cavités multiples, ainsi que l'amélioration des lignes de flux, des dimensions des pièces, des tolérances des produits et de l'uniformité de la surface des pièces moulées.

OBJECTIFS

Les objectifs de cet article sont les suivants :

- (1) Présenter les résultats spectaculaires de nos nouveaux travaux expérimentaux qui montrent une réduction très significative du temps de cycle de moulage de six plastiques techniques, allant de 20% à 31% ; (2) ESA-SIL® fonctionne bien dans le moulage par injection dans une plage de température de fusion comprise entre 100°C et 425°C sans provoquer de dégradation du polymère fondu ; (3) Maintien et amélioration des propriétés physiques clés des plastiques techniques avec ESA-SIL® ; (4) Amélioration de la dispersion des couleurs et économies associées grâce à l'utilisation d'une quantité moindre de colorants ; (5) Amélioration des lignes de flux, bonnes dimensions des pièces, tolérances des produits et amélioration de la surface, (6) Facilité de manipulation et d'alimentation précise d'ESA-SIL® dans la machine de moulage grâce à plusieurs options et à une technologie éprouvée, et (7) Illustration des économies substantielles réalisées avec l'ESA-Sil® dans le moulage à cavités multiples.

TRAVAUX EXPÉRIMENTAUX – RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'auxiliaire de transformation ESA-SIL® est une silice colloïdale de haute pureté sous forme de poudre blanche fluide. Les particules sphériques ont une taille comprise entre 0,02 et 0,55 μm (20 à 550 nanomètres). ESA-SIL® est commercialisé et distribué par Energy Strategy Associates, Inc. situé à Albany, dans l'état de New York.

ALIMENTATION DE LA MACHINE EN POUDRE ESA-SIL®

Dans cette étude, 0,8% de poudre ESA-SIL® a été dosée directement dans la machine de moulage à l'aide d'un doseur volumétrique avec chaque résine plastique. Il est également possible de mélanger la poudre ESA-SIL® avec la résine pendant quinze minutes si on le souhaite.

Un essai de moulage par injection de chaque résine avec 0,8% d'ESA-SIL® été réalisé sur une machine de moulage par injection Cincinnati de 110 tonnes à l'aide d'un moule ASTM pour fabriquer des barres de traction afin de mesurer les propriétés et d'inspecter la qualité et la stabilité dimensionnelle des pièces moulées.

RÉSULTATS DE LA RÉDUCTION DU TEMPS DE CYCLE

Sur la base de notre vaste expérience dans le domaine des plastiques techniques destinés au moulage, la machine de moulage a été réglée à des températures de barillet proches de la température de fusion indiquée dans le tableau 1. En utilisant notre temps de cycle standard pour chaque résine, basé sur notre expérience passée, chaque résine a d'abord été testée comme échantillon de contrôle à un temps de cycle optimal pour produire les pièces. Ensuite, 0,8% d'ESA-SIL® a été dosé dans la machine dans le cadre d'une nouvelle série d'expériences visant à déterminer si nous pouvions réduire le temps de cycle. Le temps de cycle total d'une opération de moulage comprend le temps de maintien, le temps d'éjection et le temps de refroidissement. Comme indiqué dans notre précédent article, il est préférable de travailler avec le temps de refroidissement afin de réduire progressivement à mesure que l'ESA-SIL® commence à agir comme un dissipateur thermique pour assurer un refroidissement plus efficace.

En utilisant cette approche, nous avons obtenu des résultats très spectaculaires en termes de réduction du temps de cycle pour chaque résine, comme le montre le tableau 1. Veuillez noter que pour la résine Celcon, qui est une résine copolymère acétal, nous avons pu réduire le temps de cycle de 23% sans modifier la géométrie et les dimensions de la pièce. De même, comme le montre le tableau 1, ESA-SIL® a réduit de 29% le temps de cycle du polycarbonate chargé à 33% en fibres de verre, ce qui représente une économie importante pour un mouleur. Les résultats ont été encore plus spectaculaire pour le PPS (polyphénylène sulfure), avec une réduction de 31% du temps de cycle. Le PPS est une résine difficile à mouler et les pièces ont souvent tendance à coller au moule. L'ESA-SIL® a facilité le moulage et éliminé complètement le problème d'adhérence, tout en garantissant d'excellentes dimensions et limites de tolérances pour toutes les pièces.

Nous avons ensuite travaillé avec le Noryl, un matériau très populaire sur le marché des composants électroniques, mais souvent très difficile à mouler. Nous avons pu réduire le

temps de cycle du Noryl avec l'ESA-SIL® de seulement 5%. La résine HDPE, e revanche, a donné d'excellents résultats avec l'ESA-SIL®, permettant une réduction de 27% du temps de cycle avec de très bonnes dimensions des pièces.

Le polyétheréthercétone, ou PEEK, est la résine la plus exotique et la plus chère actuellement disponible sur le marché, vendue à près de 38\$ la livre. Elle est traitée à une température de fusion très élevée, comprise entre 380 et 410°C. Nous sommes très heureux d'annoncer qu'ESA-SIL® a résisté à des températures de traitement aussi élevées que 390°C (750°F) pendant le processus de moulage et a réduit le temps de cycle du PEEK de 22%. Cela représente une économie considérable pour une résine qui coûte de 38 à 42\$ la livre ! Les résultats de cette étude montrent qu'ESA-Sil® fonctionne Très efficacement à des températures de traitement comprises entre 100°C et 425°C avec plus d'une douzaine de résines commerciales, comme indiqué dans notre étude.

EFFET DES NANOSILAS SUR LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Les propriétés physiques de quatre plastiques techniques présentés dans cet article sont indiquées dans le tableau 2. Comme on peut le constater, la plupart des propriétés du polyacétal, du polycarbonate chargé de fibres de verre, du PPS et du PEEK restent pratiquement inchangées avec l'ESA-SIL® par rapport à la résine témoin. On observe une légère amélioration de la à la traction et du module de flexion, ce qui signifie que l'ESA-SIL®, utilisé comme charge, améliore la ténacité.

NOUVELLES RECHERCHES SCIENTIFIQUES EN COURS SUR L'ESA-SIL®

À ce stade, nous pensons que l'ESA-SIL® semble être un auxiliaire de fabrication efficace pour réduire la quantité de refroidissement nécessaire pendant le processus de moulage, ce qui permet de réduire le temps de refroidissement et la durée totale du cycle. Nous menons des recherches supplémentaires avec l'université Penn State – Erie – École de traitement des polymères et de science des matériaux, sous la direction du professeur Jon Meckley, afin d'étudier les effets thermiques à l'intérieur du moule avec différents matériaux et de comprendre pleinement le mécanisme d'ESA-SIL® en tant que catalyseur efficace de transfert de chaleur permettant de réduire la durée du cycle. Nous prévoyons de publier des données supplémentaires dans quelques mois afin de fournir une thèse scientifique précise sur ce phénomène d'amélioration du refroidissement et de transfert de chaleur efficace avec l'ESA-SIL®.

OPTIONS

Au cours des douze derniers mois, nous avons trouvé de très bonnes applications pour l'ESA-SIL® auprès de plusieurs grands mouleurs à travers le pays et dans certains sites à l'étranger, ce qui confirme nos conclusions selon lesquelles l'utilisation appropriée d'ESA-SIL® réduit effectivement le temps de cycle de nombreuses résines telle que le PP, le PC, le PE, les nylons et le PBT de 20% à 30%. En fait, certains clients ont démontré l'énorme succès d'ESA-SIL® avec des moules à seize et trente-deux cavités, avec des économies significatives en termes de temps de cycle.

À ce stade, nous disposons de plusieurs options pour introduire l'additif ESA-SIL® dans une machine de moulage avec n'importe quelle résine, comme décrit brièvement ci-dessous :

1. Mélangez la poudre ESA-SIL® avec la résine pendant quinze minutes, puis versez le mélange dans la trémie de la machine de moulage. Cela ne crée aucun problème de poussière, car la silice colloïdale a une très bonne tendance à adhérer aux granulés de résine. La manipulation de l'additif ESA-SIL® sous forme de poudre ne présente AUCUN risque pour la sécurité.
2. Une autre option consiste à utiliser un doseur volumétrique au niveau de la goulotte d'alimentation pour mesurer la quantité exacte de poudre d'ESA-SIL® pour les applications continues à grand volume.
3. De nombreux mouleurs utilisent une grande variété de colorants qui sont ajoutés sous forme liquide ou solide. Nous avons démontré avec succès le mélange de la poudre ESA-SIL® avec un colorant liquide fourni par un fabricant de colorants réputé, et le mélange liquide a été introduit directement dans la machine de moulage avec succès. De nombreux mouleurs sont en mesure de réduire la quantité de colorant dans le produit, car ESA-SIL® disperse la couleur plus efficacement. Cette amélioration de la dispersion de la couleur permet souvent de rentabiliser le coût total d'ESA-SIL®. De nombreux colorants coûtent entre 3 et 15\$ par livre, et la réduction de la quantité de colorant est un avantage supplémentaire dont les mouleurs peuvent bénéficier en utilisant la technologie ESA-SIL®.
4. Energy Strategy Associates, Inc. est en mesure de proposer l'ESA-SIL® sous forme de granulés composés avec la résine souhaitée comme support ou une cire comme support, en fonction des besoins du client.

EXEMPLE DE RÉDUCTION DES COÛTS GRÂCE À ESA-SIL®

Comme indiqué précédemment, de nombreux mouleurs commerciaux ont pu réduire de 20% ou plus le temps de cycle de leurs produits fabriqués à partir de PP et de nylon grâce à ESA-SIL. La figure 3 montre un exemple simple illustrant comment une réduction de 20% du temps de cycle peut permettre de produire 1040 pièces supplémentaires par heure avec un moule à 32 cavités. En utilisant un taux horaire actuel de 20\$ pour les machines dans le secteur du moulage aux États-Unis, cela représenterait une économie de 11 cents par pièce, soit 110.000\$ par million de pièces produites avec ESA-SIL® pour un mouleur traitant de gros volumes. Il s'agit d'une économie considérable qui permet à un mouleur d'être compétitif sur le marché mondial en réduisant considérablement ses coûts de production. Le coût de la poudre ESA-SIL® est inférieur à trois cents par livre de résine à un taux de 0,8%. Une pièce moulée type peut peser entre 25 et 50 grammes, ce qui représente

environ 10 à 20 pièces par livre, pour un coût de seulement trois cents pour l'additif, tandis que les économies de main-d'œuvre liées à la réduction du temps de cycle sont de onze cents par pièce pour un moule à cavités multiples, ce qui justifie pleinement l'utilisation d'ESA-SIL® pour réaliser des économies très importantes dans une entreprise à fort volume, afin d'améliorer considérablement la productivité.

CONCLUSIONS

1. Les résultats de nos travaux de développement montrent que ESA-SIL® est un auxiliaire de fabrication très efficace pour réduire la durée du cycle de moulage par injection de dizaine de résines différentes, y compris de nombreux plastiques techniques.
2. ESA-SIL® n'altère aucune propriété physique. Il améliore même la résistance et la ténacité dans de nombreux cas, comme le montrent nos données.
3. ESA-SIL® peut être utilisé dans une plage de températures de traitement comprises entre 100°C et 425°C sans provoquer de dégradation de la résine polymère pendant le moulage.
4. Les mouleurs commerciaux trouveront cet auxiliaire de fabrication très facile à utiliser grâce à plusieurs options d'alimentation et réaliseront des économies importantes en réduisant les coûts de production.
5. Des économies importantes ont été réalisées dans la production à cavités multiples avec ESA-SIL®, qui permet de réduire le temps de cycle pour une douzaine de résines commerciales différentes et de produire plus de pièces par heure pour les moules à cavité unique et les moules à cavité multiples, comme le montre l'exemple (tableau 3).

Nanosil Cost Savings

Cost savings Estimate for Molders Using Nanosil ASD

Table 3

Number of parts molded per hour on a commercial molding machine

Effect of Nanosil ASD on the Physical Properties of Engineering Plastics

Table 2

Nanosil ASD in Celcon Polyacetal resin

Material	Tensile strength, psi	Elongation at yield, %	Flex Modulus 10E5 - Psi	Notched Izod ft.lb/in	HDT at 66 psi degrees F	MFI Gm/10 min
Celcon M-90	8500	6	3.6	1.2	310	9
control	8500	6	3.6	1.2		
	8400	6	3.8	1.2		
	8600	6	3.7	1.2		
	8500	6	3.8	1.2		
Average value	8500	6	3.7	1.2	310	9

Celcon M-90 with 0.8% Nanosil ASD	9100	6.5	3.8	1.2	310	9
	9500	6.5	3.9	1.2		
	9600	6.4	3.8	1.2		
	9400	6.5	3.9	1.2		
	9600	6.5	3.8	1.2		
Average Value	9400	6.5	3.8	1.2	310	9

Nanosil ASD in glass filled Polycarbonate - Hylex P10G33

33 % glass filled PC	18000	3.3	10	2	305	7
	18500	3.2	10.2	2		
	18600	3.3	10.1	2		
	18400	3.3	10.1	2		
	18300	3.2	10.2	2		
Average Value	18300	3.3	10.1	2	305	7

PC with 0.8 % Nanosil ASD	19000	3	10.2	2	305	7
	18900	3	10.2	2		
	19100	3.1	10.2	2		
	19100	3.1	10.2	2		
	19000	3	10.1	2		
Average Value	19000	3	10.2	2	305	7

Material	Tensile Strength	% Elongation	Flex Modulus	Notched	HDT at 66 psi	MFI
----------	------------------	--------------	--------------	---------	---------------	-----

	Psi	at yield	PSI	Izod - ftlb/in	F	gm/10 min
Nanosil ASD in Fortron PPS						
PPS 20386	12500	1	6	0.5	400	10
	12500	1	6.1	0.5		
	12400	1	6.1	0.5		
	12300	1	6	0.5		
	12600	1	6.2	0.5		
Average Value	12500	1	6.1	0.5	400	10

Effect of Nanosil ASD on Injection Molding Cycle Time			
Table 1			
Material	Resin cost \$/pound	Processing melt temp, F	% Reduction in Cycle Time
Celcon Polyacetal	1.5	380	23%
33% Glass filled PC Polycarbonate	2.8	560	29%
PPS - Poly Phenylene Sulfide	4.1	600	31%
Noryl	4.25	590	5%
HDPE	1.1	425	27%
PEEK	38.5	750	22%