

BACKGROUND

In a previous technical paper (See Plastics Technology November 2008, PP 51/52) we reported the effectiveness of ultra-fine amorphous synthetic colloidal silica particles - Nanosil ASD - to reduce the injection molding cycle time by 20% to 30% in polypropylene, unfilled and glass filled nylon 6 and nylon 66, PBT and ABS. We reported that the processing of Nanosil ASD is also accompanied by retention and even improvement of key physical properties like tensile strength and toughness. In the last twelve months we have made numerous successful commercial applications of the Nanosil ASD technology with large volume molders who have confirmed the significant cycle time reduction in multi-cavity molds as well the improvements in flow lines, part dimensions, product tolerances, and uniform surface of the molded parts.

OBJECTIVES

The objectives of this paper are as follows:

- (1) Report the dramatic result of our new experimental work that shows very significant reduction of molding cycle time of six engineering plastics from 20% to 31 %.
- (2) Nanosil ASD works well in injection molding from

<https://img1.wsimg.com/blobby/go/11ec885e-5340-42c3-ab2b-3d97bdbc4d52/Colloidal%20Silica%20Processing%20Aid%20Dramatically%20R.pdf>

Kolloidales Silica-Verarbeitungshilfsmittel Reduziert Drastisch Zykluszeit von technischen Polymeren und Verbessert die Farbstreuung und Teilemaße mit enormen Kosteneinsparungen für die Formgeber

Dr. Pravin L. Shah – Rheo-Plast Associates, Inc. und Richard Oder –
Energy Strategy Associates, Inc.

HINTERGRUND

In einem früheren technischen Papier (siehe Plastics Technology November 2008, Seiten 51/52) wurde die Effektivität von ultra-feinen amorphen synthetischen kolloidalen Silica-Partikeln – Nanosil ASD – beschrieben. Diese reduzierten die Spritzgießzykluszeiten um 20% bis 30% Polypropylen, bei ungefülltem und glasgefülltem Nylon 6 und Nylon 66, PBT und ABS. Dabei wurde auch eine Verbesserung der physikalischen Eigenschaften wie Zugfestigkeit und Zähigkeit festgestellt. In den letzten zwölf Monaten haben zahlreiche erfolgreiche kommerzielle Anwendungen von Nanosil ASD die signifikante Zykluszeitreduzierung in Mehrkavitätenformen sowie Verbesserungen in Fließlinien, Teilabmessungen, Produkttoleranzen und Oberflächenbeschaffenheit bestätigt.

ZIELE

Die Ziele dieses Papiers sind:

1. Berichterstattung über die erhebliche Reduzierung der Zykluszeit bei sechs technischen Kunststoffen um 20% bis 31%.
2. Nachweis der Wirksamkeit von Nanosil ASD im Temperaturbereich von 100 °C bis 425 °C.

3. Erhaltung und Verbesserung der Schlüsselkörpermerkmale der technischen Kunststoffe.
4. Verbesserte Farbstreuung und Kosteneinsparungen durch geringeren Einsatz von Farbstoffen.
5. Verbesserte Fließlinien, gute Teilemaße und Oberflächenbeschaffenheit.
6. Einfache Handhabung und genaue Dosierung von Nanosil ASD in die Spritzgießmaschine.
7. Darstellung der erheblichen Kosteneinsparungen bei der Mehrkavitätenproduktion.

EXPERIMENTELLE ARBEIT – ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Nanosil ASD ist ein hochreines kolloidales Siliziumdioxid in Form von weißem, frei fließendem Pulver. Die kugelförmigen Partikel reichen von 0,02 bis 0,55 Mikrometer. Nanosil ASD wird exklusiv von Energy Strategy Associates, Inc. vertrieben.

DOSIERUNG DES NANOSIL ASD PULVERS

In dieser Studie wurden 0,8% Nanosil ASD Pulver mithilfe eines volumetrischen Förderers direkt in die Spritzgießmaschine zusammen mit jedem Kunststoffpolymer dosiert. Alternativ kann man das Nanosil ASD Pulver auch 15 Minuten mit dem Polymer mischen.

Ein Spritzgießversuch mit jedem Polymer und 0,8% Nanosil ASD wurde mit einer 110-Tonnen-Cincinnati-Spritzgießmaschine durchgeführt. Hierbei wurde eine ASTM-Form verwendet, um Zugstäbe herzustellen und die Eigenschaften, sowie die Qualität und Maßhaltigkeit der geformten Teile zu überprüfen.

ERGEBNISSE DER ZYKLUSZEITREDUZIERUNG

Basierend auf unserer umfangreichen Erfahrung mit dem Einsatz von technischen Kunststoffen für Spritzgussanwendungen, wurde die Spritzgießmaschine auf Zylindertemperaturen nahe der in Tabelle 1 gezeigten Verarbeitungsschmelztemperatur eingestellt. Unter Verwendung unserer Standard-Taktzeit für jedes Polymer und basierend auf früheren Erfahrungen, wurde jedes Polymer zunächst als Kontrollprobe bei optimaler Taktzeit gefahren um die Teile zu produzieren. Danach wurde 0,8 % Nanosil ASD in die Maschine dosiert, um in einem weiteren Experiment zu überprüfen, ob wir die Taktzeit reduzieren können.

Die Gesamttaktzeit in einem Spritzgießvorgang besteht aus der Nachdruckzeit, der Auswurfzeit und der Kühlzeit. Wie in unserem früheren Papier berichtet, ist es am besten, mit der Kühlzeit zu arbeiten und sie schrittweise zu reduzieren, da Nanosil ASD wärmereduzierend wirkt und eine effektivere Kühlung ermöglicht.

Mit diesem Ansatz erzielten wir außerordentliche Ergebnisse bei der Reduzierung der Taktzeit für jedes Polymer (siehe Tabelle 1). Bitte beachten Sie, dass wir bei Celcon-Polymer, einem Acetal-Copolymer-Polymer, die Taktzeit um 23 % reduzieren konnten, während die Geometrie und die Abmessungen des Teils unverändert blieben. Ähnlich zeigte sich, dass Nanosil ASD die Taktzeit von 33 % glasfaserverstärktem Polycarbonat um 29 % reduzierte, was für den Produzenten erhebliche Kosteneinsparungen bedeutet. Die Ergebnisse waren für PPS (Polyphenylensulfid) noch beeindruckender, da eine Reduktion der Taktzeit um 31 % erreicht wurde. PPS ist ein schwer zu verarbeitendes Polymer, und Teile bleiben oft an der Form haften. Nanosil ASD erleichterte das Spritzgießen und beseitigte das Haftproblem vollständig, während alle Teile in ihren Abmessungen und Toleranzgrenzen sehr gut waren.

Als nächstes arbeiteten wir mit Noryl, einem sehr beliebten Material für den Markt elektronischer Komponenten, das oft sehr schwierig zu verarbeiten ist. Wir konnten die Taktzeit von Noryl mit Nanosil ASD nur um 5 % reduzieren. Auf der anderen Seite erzielte das HDPE-Polymer ausgezeichnete Ergebnisse mit Nanosil ASD, wodurch sich die Taktzeit um 27 % verringerte, bei sehr guten Teileabmessungen.

Polyetheretherketon, PEEK, ist das exotischste und fast teuerste Polymer auf dem Markt, das derzeit für etwa 38 USD pro Pfund verkauft wird und bei sehr hohen Schmelztemperaturen im Bereich von 380 bis 410°C verarbeitet wird. Wir freuen uns sehr berichten zu können, dass Nanosil ASD solch extremen Verarbeitungstemperaturen bis zu 390°C (750°F) während des Spritzgießprozesses standhielt und die Taktzeit von PEEK um 22 % reduzierte. Dies bedeutet enorme Kosteneinsparungen für ein Polymer, das etwa 38-42 USD pro Pfund kostet!

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Nanosil ASD sehr effektiv in einem Verarbeitungstemperaturbereich von 100°C bis 425°C arbeitet und mit mehr als einem Dutzend kommerzieller Polymere, wie in unserer Studie berichtet, verwendet werden kann.

AUSWIRKUNG VON NANOSIL ASD AUF DIE PHYSISCHEN EIGENSCHAFTEN

Die physikalischen Eigenschaften von den vier technischen Kunststoffen, über die in dieser Arbeit berichtet wurden, sind in Tabelle 2 dargestellt. Wie wir sehen können, bleiben die meisten Eigenschaften von

Polyacetal, glasfaserverstärktem Polycarbonat, PPS und PEEK mit Nanosil ASD im Vergleich zum Kontrollpolymer weitgehend gleich. Es gibt eine Verbesserung der Zugfestigkeit und des Biegemoduls, was bedeutet, dass Nanosil ASD als Füllstoff eine verbesserte Zähigkeit bietet.

NEUE WISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG ZU NANOSIL IN PROGRESS

Zu diesem Zeitpunkt scheint es, dass Nanosil ASD als effektive Hilfe wirkt, um die erforderliche Kühlung während des Spritzgießprozesses zu reduzieren und somit die Kühlzeit und die Gesamttaktzeit zu verringern. Wir führen zusätzliche Forschungsarbeiten mit der Penn State University - Erie - School of Polymer Processing and Materials Science unter der Leitung von Prof. Jon Meckley durch, um die thermischen Effekte innerhalb der Form mit verschiedenen Materialien zu untersuchen und den Mechanismus von Nanosil ASD als effektiven Wärmeübertragungskatalysator zur Reduzierung der Taktzeit vollständig zu verstehen. Wir erwarten, in einigen Monaten zusätzliche Daten zu veröffentlichen, um eine präzise wissenschaftliche Grundlage für dieses Phänomen der verbesserten Kühlung und effektiven Wärmeübertragung mit Nanosil ASD bereitzustellen.

KOMMERZIELLE ANWENDUNGEN VON NANOSIL ASD UND DOSIERUNGSOPTIONEN

In den letzten zwölf Monaten wurden erfolgreiche kommerzielle Anwendungen mit mehreren Großvolumenformgebern im ganzen Land und in einigen Übersee-Standorten durchgeführt. Es wurde bestätigt, dass der richtige Einsatz von Nanosil ASD die Taktzeit vieler Polymere wie PP, PC, PE, Nylon und PBT tatsächlich um 20 bis 30% reduziert.

Zu diesem Zeitpunkt haben wir nun mehrere Optionen zur Einführung von Nanosil ASD in die Spritzgießmaschine:

1. Das Nanosil ASD-Pulver für fünfzehn Minuten mit dem Polymer mischen und dann das Gemisch in den Trichter der Spritzgießmaschine geben. Es entsteht kein Staubproblem, da das kolloidale Siliziumdioxid eine starke Tendenz hat, sich an das Polymerpellet zu haften. Die Handhabung des Nanosil ASD-Additivs in Pulverform birgt KEINE Sicherheitsgefahr.
2. Eine andere Option ist die Verwendung eines volumetrischen Dosierers am Zufülltrichter, um die genaue Menge des Nanosil ASD-Pulvers für kontinuierliche Großvolumenanwendungen zu dosieren.

3. Die meisten Spritzgießer verwenden viele verschiedene Farbstoffe, die in flüssiger oder fester Form zugegeben werden. Wir haben erfolgreich gezeigt, dass sich das Nanosil ASD-Pulver mit flüssigem Farbstoff mischen lässt, der von einem namhaften Farbstoffhersteller hergestellt wird. Das Flüssiggemisch wurde erfolgreich direkt der Spritzgießmaschine zugeführt. Die Spritzgießer sind in der Lage, die Farbmenge im Produkt zu reduzieren, da Nanosil ASD die Farbe effektiver verteilt. Diese Eigenschaft der verbesserten Farbverteilung gleicht oft die gesamten Kosten von Nanosil ASD aus. Viele Farbstoffe kosten zwischen \$3 und \$15 pro Pfund, und die Reduzierung der Farbmenge ist ein zusätzlicher Bonus, den ein Spritzgießer nutzen kann, der mit der Nanosil ASD-Technologie arbeitet.
4. Energy Strategy Associates, Inc. ist in der Lage, Nanosil ASD in Form von compoundingierten Pellets anzubieten, wobei das gewünschte Polymer als Träger oder Wachs als Träger, abhängig von den Kundenbedürfnissen, verwendet wird.

BEISPIEL FÜR KOSTENEINSPARUNGEN MIT NANOSIL ASD

Wie bereits etwas weiter oben erwähnt, konnten viele kommerzielle Spritzgießer die Zykluszeit ihrer Produkte aus PP und Nylon mit Nanosil ASD um 20 % oder mehr reduzieren. Abbildung 3 zeigt eine einfache Übung, wie eine 20%ige Reduzierung der Zykluszeit mit einer 32-Kavitäten-Form 1040 zusätzlich mehr Teile pro Stunde produzieren kann. Bei einem aktuellen Maschinenstundensatz von \$20 in der US-Spritzgießindustrie ergibt dies eine Kosteneinsparung von elf Cent pro Teil oder \$110.000 für jede Million Teile, die mit Nanosil ASD für einen Spritzgießer mit großem Volumengeschäft hergestellt werden. Dies stellt eine enorme Kosteneinsparung dar, die es einem Spritzgießer ermöglicht, sich im globalen Markt gut zu positionieren, indem die Produktionskosten so deutlich gesenkt werden können.

Der Preis für Nanosil ASD-Pulver beträgt weniger als drei Cent pro Pfund, bei einem Einsatz von 0,8 %. Ein typisches gespritztes Teil wiegt möglicherweise 25 bis 50 Gramm, was etwa 10 bis 20 Teile pro Pfund ergibt. Die Kosten für das Additiv belaufen sich dabei nur auf drei Cent, während die Einsparungen durch die verkürzte Zykluszeit elf Cent pro Teil für eine Form mit mehreren Kavitäten betragen. Dies rechtfertigt deutlich den Einsatz von Nanosil ASD, um erhebliche Kosteneinsparungen in einem hochvolumigen Geschäftsumfeld zu erzielen und die Produktivität erheblich zu steigern.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

1. Die Ergebnisse unserer Entwicklungsarbeit zeigen, dass Nanosil ASD ein sehr effektiver Verarbeitungshelfer ist. Die Zykluszeit für das Spritzgießen von Dutzenden verschiedener Polymere, einschließlich vieler technischer Kunststoffe, wird signifikant reduziert.
2. Nanosil ASD beeinträchtigt keine physikalischen Eigenschaften. In vielen Fällen verbessert es tatsächlich die Festigkeit und Zähigkeit, wie in unseren Daten berichtet.
3. Nanosil ASD kann in einem Verarbeitungstemperaturbereich von 100 °C bis 425 °C verwendet werden, ohne dass es zu einer Degradation des Polymers während des Formgebungsprozesses kommt.
4. Kommerzielle Spritzgießer werden dieses Verarbeitungshilfsmittel aufgrund mehrerer Zuführoptionen als sehr einfach in der Anwendung empfinden und erhebliche Kosteneinsparungen durch die Reduzierung der Produktionskosten erzielen.
5. Es wurden erhebliche Kosteneinsparungen in der Mehrkavitätenproduktion mit Nanosil ASD realisiert, um die Zykluszeit für Dutzende verschiedener kommerzieller Polymere zu reduzieren und mehr Teile pro Stunde von einfachen Kavitätenformen bis zu Mehrkavitätenformen zu produzieren, wie im Beispiel (Tabelle 3) gezeigt.

Für weitere Informationen oder Muster dieses Additivs kontaktieren Sie bitte:

Richard Oder bei Energy Strategy Associates, Inc., Old Chatham, NY
Telefon: 518-794-0082 E-Mail: roder@nanosilasd.com Website:
www.nanosilasd.com

Für alle technischen Fragen wenden Sie sich bitte an: Dr. Pravin L. Shah
bei Rheo-Plast Associates, Inc. Telefon: 610-780-2855 E-Mail:
pshah@1usa.com

Nanosil Kosteneinsparungen

Schätzung der Kosteneinsparungen bei Verwendung von Nanosil ASD

Tabelle 3

Anzahl der Teile, die pro Stunde auf einer kommerziellen Spritzgießmaschine gefertigt werden

Material	Zykluszeit, sec	Einzelhohlraum	Vierkavitäts- form	16 Kavitäts- form	32 Kavitäts- form
Polypropylen	Zykluszeit	Teile/Stunde	Teile/Stunde	Teile/Stunde	Teile/Stunde

Kontrolle	30 sec	120	480	1920	3840
PP mit 0.8%					
Nanosil ASK	24 sec	150	600	2400	4880
Ersparnis/Stunde		30 Teile	120 Teile	480 Teile	1040 weitere Teile

Mit 32 Kavitätsform, werden mit Nanosil ASD 1040 Teile pro Stunde mehr gefertigt.

Basierend auf einem Stundensatz von \$20 je Maschinenstunde bei Spritzgießern, kann eine Reduktion der Zykluszeit um 20 % dazu führen, dass 1040 Teile mehr pro Stunde produziert werden können. Dies bedeutet eine ungefähre Einsparung von 10 Cent pro Teil. Für jede Million Teile, die mit Nanosil ASD gespritzt werden, würde der Spritzgießer \$110.000 einsparen.

Auswirkungen von Nanosil ASD auf die physikalischen Eigenschaften von technischen Kunststoffen

Tabelle 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 control	8500	6	3.6	1.2	310	9
	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 20388	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
PPS with 0.8 % Nanosil ASD	13400	1	6.5	0.5	400	10
	13400	1	6.5	0.5		
	13500	1	6.4	0.5		
	13300	1	6.5	0.5		
	13500	1	6.5	0.5		
Average Value	13400	1	6.5	0.5	400	10
Nanosil ASD in Victrex PEEK						
PEEK 450 G	14500	5	6	1.6	320	17
	14600	5	6	1.6		
	14500	5.2	6.1	1.6		
	14600	5.1	6	1.6		
	14500	5.1	6	1.6		
Average Value	14500	5.1	6	1.6	320	17
PEEK with 0.8 % Nanosil ASD	15600	6	7.1	1.6	320	17
	15500	6	7.1	1.6		
	15500	6	7	1.6		
	15600	6	7.1	1.6		
	15500	6.1	7	1.6		
Average Value	15500	6	7	1.6	320	17

Auswirkungen von Nanosil ASD auf die Zykluszeit beim Spritzgießen

Tabelle1

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%