

Extrusionschnecken für thermoplastische Komponenten

Von
Timothy W. Womer
Xaloy Inc.

Einführung

Es gibt zwei verschiedene Gebiete von Schneckendesign für thermoplastische Komponenten: das Schneckendesign, welches für die Herstellung von Duroplast genutzt wird, und das Schneckendesign, welches für die Weiterverarbeitung von Duroplast verwendet wird. Das Nachfolgende handelt hauptsächlich von dem zweiten Gebiet, nichtsdestotrotz gilt vieles für beide Gebiete.

Der Gebrauch von verschiedenen Füllern und Zusätzen, die zu verschiedenen thermoplastischen Werkstoffen verbunden werden, ist über die Jahre immer üblicher in der Kunststoffbranche geworden. Der Zusatz von Füllern, wie z. B. Talg, Keramik, Kalziumkarbonat und...nanoclays, kann die Steifheit und/oder Widerstandskraft erhöhen und den Gebrauch verschiedener Kunststoffe. Diese Füller haben ebenfalls einen Einfluss auf die Ausführung und Lebensdauer der Weiterverarbeitung erforderlichen Ausrüstung. Dieses technische Informationsblatt zeigt einige Auswirkungen, die diese Zusätze sowohl auf das Schneckendesign als auch auf den Schnecken- und Zylinderverschleiss hat.

Schneckendesign

Die meisten Schnecken, die für die Extrusion von thermoplastischen Werkstoffen verwendet werden, kämpfen hauptsächlich mit der Einspeisung, Schmelzung und Pumpen des Werkstoffes.

Zuführung des Polymers

Im Einspeisungsabschnitt kann der Einspeisungsmechanismus der Schnecke, wo der Übergang ist, für eine thermoplastischen Zusammensetzung im Vergleich zu derselben thermoplastischen Zusammensetzung ohne Füller ganz unterschiedlich sein. In der.. Funktion der Schnecke ist das kritische Phänomen der relative Reibungsbeiwert (Coefficient of Friction = COF) des Polymerplastiks. Im Einspeisungsabschnitt wirken drei unterschiedlich Reibungsbeiwerte: das COF zwischen Pellet und der Zylinderwand, der COF zwischen Pellet und der Schneckenwurzel und der COF zwischen Pellet und Pellet.

In der Einzugszone der Schnecke, in dem Bereich, wo die **Schmelzung stattfindet**, kann der Einzugsmechanismus für thermoplastische Zusammensetzung ganz anders sein als der für genau dieselbe thermoplastische Zusammensetzung ohne Füller. Im Schmelzbereich der Schnecke ist der kritische Punkt der relative Reibungsbeiwert (COF) des Polymers. Im Einzugsbereich wirken drei verschiedene Reibungsbeiwerte: der erste Reibungswert (COF) zwischen Pellet und Zylinderwand, der Reibungswert zwischen Pellet und Schneckenwurzel und der Reibungswert zwischen Pellet und Pellet.

Obwohl ein entsprechendes Polymer sehr gut im "nackten (rohen) bzw. ungefüllten Zustand, eingezogen wird, kann die Zugabe

von Füllern oft beachtliche Veränderungen in den Reibungswerten verursachen, und damit auch den Schmelzvorgang der Schnecke. Zum Beispiel, jedesmal, wenn Mica als Füller oder Zusatz zum Grundmaterial verwendet wird, fällt der Reibungswert dramatisch ab. Dadurch resultiert, dass die Schnecke möglicherweise eine länger Einzugszone mit konstanter Tiefe benötigt, um den Einzugsdruck gross genug zu machen bevor das Material in den Kompressionszonen oder Barrierenbereich kommt. Es könnte auch erforderlich sein, dass das Temperaturprofil geändert werden muss, in dem die Tempertaur im ersten Zylinderbereich erhöht wird, um den Reibungswert zwischen Pellet und Zylinderwand zu erhöhen, um die Schmelzung zu erhöhen. Das würde dem Polymer erlauben, am Zylinder zu kleben, so dass es vorwärt geschoben werden kann. Schlechte oder un stabile Weiterführung des Materials führt unweigerlich zu niedrigen Durchflussraten und verursacht eklatante Schwankungen.

Schmelzung des Polymers

Der wichtigste Aspekt des Schneckendesign, der das Schmelzen betrifft, ist volumetrische Kompressionsverhältnis. Dies wird bestimmt durch die Kanalvolumenänderung, die in der Kompressions-, oder Barrierzone der Schnecke stattfindet, die üblicherweise direkt nach der Einzugszone lokalisiert ist.

Wenn Füller zu Materialien hinzugefügt werden, erhöht dies die spezifische Dichte. Zum Beispiel ein „klares“, oder ohne Zusätze verändertes 2 MFR Polypropylen hat eine pezifische Dichte von 0.92, wohingegen dasselbe Polymer mit 40% Talkfüller eine spezifische Dichte von 1.24 hat. Dies ist eine Erhöhung der Dichte um 35% und gleichzeitig eine 40prozentige Reduktion der Polymermenge, die während des Prozesses geschmolzt werden muss. Da der Füller Volumen im Schneckenkanal beansprucht

und nicht schmelzt, muss eine Kompensierung im Schneckendesign stattfinden.

Wie bereits erwähnt, zieht sich der Füller typischerweise weder zusammen noch ändert er sein Volumen aufgrund der Temperaturveränderung, so dass dieser Aspekt bei der Kanaltiefe diese Tatsache mit berücksichtigt werden muss. Zum Beispiel hat eine Schnecke für einen ungefüllten Polypropylen typischerweise ein volumetrisches Kompressionsverhältnis zwischen 3.5 und 3.75:1, gegenüber 2.75 und 3.25:1, abhängig von der Schneckengrösse bezogen auf ein zu 40% Talg-angefülltes Polypropylen.

Im Falle einer Barrierschnecke, muss das Design für eine thermoplastische Zusammensetzung nicht nur die Kanaltiefe berücksichtigen, sondern auch das Barrierenstegspiel

Bei einem Barrierschneckendesign ,bei der das Polymer zwischen der Zylinderwände schmelzt, muss dieses frei durch die Barrierenstegspalten fließen, wenn es die festen Kanäle verlässt und im Schmelzkanal des Barrierenbereichs gesammelt wird. Noch einmal zur Verdeutlichung: da das zugesetzte Polymer nicht-zusammenpressbare Füller in seiner Zusammensetzung enthält, muss die Barrierspalte grösser sein, um den freien Fluss des geschmolzen Materials zu ermöglichen. Ansonsten treten hohe Druckunterschiede zwischen Körperkanal und Schmelzkanal auf, was wiederum zu Zylindertemperaturüberschreitung in der mittleren Zylinderzone führen könnte.

Pumpen des Polymers

Das Pumpen ist bei einer Extrusionsschnecke ebenfalls ein sehr kritischer Punkt, da dies einen Einfluss auf die Prozessstabilität hat. Im Gegensatz zum

Spritzgussvorgang, bei dem die Schneckenpumpe Polymer mit Hilfe eines unbeweglichen Ventils schmelzt, um die jeweilige Spritzgussmenge anzusammeln, erfordert der Extrusionsvorgang den gleichmässigen, stabilen und konstanten Ausfluss. Ja, es ist wichtig, dass das Material gleichmässig zugeführt wird und die Schmelzung einheitlich ist, jedoch ist es der Ausstosszonenbereich der Schnecke, wo das Pumpen gleichmässig erfolgen muss.

Normalerweise sollte die erste Durchführungstechnik, die angewandt werden sollte, die sein, dass alle Zylinderzonen erhöht werden, die über der übersteuerten Zone liegen. Dies sollte dazu führen, dass die Temperatur der verwandten Materialien erhöht und die Zähflüssigkeit verringert wird, so dass der Fluss durch die Bereiche der Schnecke erleichtert wird, wo die Übersteuerung stattgefunden hat. In den meisten Fällen ist dies nur eine Übergangslösung und eine endgültige Lösung muss in Form einer entsprechend designten Schnecke gefunden werden.

Durch die Korrektur des Schneckendesigns im Hinblick auf die richtige Geometrie für die jeweilige Menge an Füllern des Duroplast können Temperaturübersteuerungen ausgeschlossen und Schneckenverschleiss reduziert werden.

Verschleiss

Schnecken- und Zylinderverschleiss sind zwei kritische Bereiche beim Gebrauch von Duroplast.

Schneckenverschleiss

Der andere Beweis für fehlerhaftes Schneckendesign für Duroplastmaterialien liegt im Gebiet des Schneckenverschleisses. Wenn das volumetrische Kompressionsverhältnis nicht optimiert für

Typischerweise haben Materialien mit Füllern eine höhere Dichte als die gleichen Materialien ohne Füller. Erhöhte Dichte unterstützt in der Tat das Pumpen, jedoch erhöht es auch den Hauptdruck, wenn die Extrusionsdüse nicht an die zähflüssigere Polymerverbindung angepasst wurde. .

Zylindertemperaturübersteuerung

das Duroplast, starke Verschleisspuren werden an der Wurzel der Schnecke sichtbar. Verschiedene Füller verursachen den Verschleiss an verschiedenen Stellen der Schnecke. Die Art des Verschleisses, die durch Füller verursacht wird, ist abrasiv, wie im Schaubild 1 gezeigt.

Füller wie Mica und Fiberglas verursachen aggressiven Verschleiss in der Zuführungszone. Normalerweise stellt man diese Art von Verschleiss ab der dritten, und vierten Windung der Schnecke fest, der sich dann bis zur dritten, vierten und fünften Windung der Kompressionszone fortsetzt. Typischerweise zeigt sich der Verschleiss auf der Stosseite des Steges (siehe Photo im Schaubild 2).



Schaubild 1

Der Hauptgrund dafür, dass der Hauptverschleiss in den erwähnten

Bereichen stattfindet, ist, dass an dieser Stelle der Schnecke der Werkstoff noch in Pelletform ist und die Zuätze sich nahe der äusseren Oberfläche der Pellets befinden, so dass sie gegen die ungeschützte Stahlwurzel der Schnecke reiben. Fängt das Material erst einmal an zu schmelzen, hilft ein Film des geschmolzenen Materials den Bereich zwischen Pellet und der Schneckenwurzel zu schmieren.

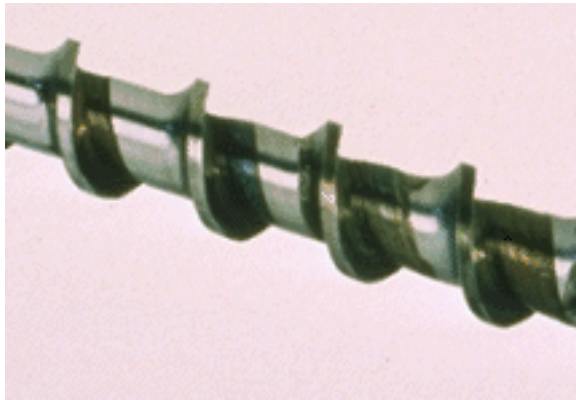


Schaubild 2

Üblicherweise ist es eine kostengünstige Methode diese Art von Wurzelverschleiss zu reduzieren, indem die Schnecke nitriert. Nitrierung **case-hardens** die Wurzel und die Seiten der Stege vollständig. bis zu einer Tiefe von 0.015" bis zu 0.020" und bis zu einer Härte von 60 Rc. Der eine Nachteil in Bezug auf Schneckenitrierung ist, dass, dadurch das die Dicke nur 0.015" bis 0.020" beträgt, in absehbarer Zeit auch dieser Schutz verschlissen sein wird, und wenn dies der Fall ist, wird das Duroplast das Grundmaterial **weg-erosieren** so wie „ein heisses Messer durch Butter geht.“ Das Problem hierbei ist, dass niemand in der Lage ist, wann dies geschieht, ausser die Schnecke wird von dem Extruder entfernt und regelmässig auf den Verschleiss hin untersucht. (angekuckt).

Diese Art von Verschleiss is reparierbar. Das einzige Problem wird da sein, wo das neu geschweisste Material auf das Grundmaterial

trifft, welches nitriert wurde, da viele **pinholes** (Bläschen) entstehen. Diese entstehen durch die Nitriergase, die während des Schweissvorgangs durch das Basismaterial "kochen". Es gibt faktisch nicht, was diese Bläschenbildung vermeiden kann. Sie sind hauptsächlich Schönheitsfehler und beeinflussen nicht den Prozessvorgang der Schnecke.

Eine weitere Methode, um den frühzeitigen Verschleiss auf der "Stoss"seite des Steges zu vermeiden ist es, bei Einzugs- und Kompressionszone eine J-Nuten Schweissung in dem Problembereich zu verwenden. Diese Prozessart ist schematisch in Schaubild 3 dargestellt.

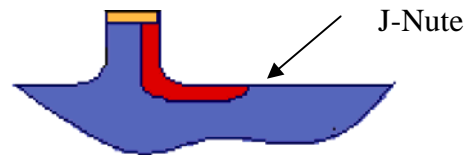


Schaubild 3

Eine andere Methode die Wurzel von kleineren Schnecken zu schützen, ist es, sie mit Tungsten Carbid zu überziehen. Dieser Schutz kann durch verschiedene Methoden erfolgen, wie z. B. **HVOF (High Velocity Oxy-Fuel)** oder sprühgeschweisst und fixiert. Beide Methoden schützen die Wurzel der Schnecke mehr als das Nitrieren. Obwohl dies die bessere Wahl ist, bedeutet dies auch Zusatzkosten..

Neue grössere Schnecken können mit der J-Nuten Schweisse geschützt werden oder durch das komplette einschliessen der Wurzel. Dies wird gemacht, indem das eigentliche Schneckenkanalprofil tiefer angelegt wird als die letztendlich benötigte Geometrie, und dann die Wurzel und die Seiten der Stege mit einem härteren Material aufgefüllt werden. Schaubild Nr. 4 zeigt schematisch diese Verkapselung.



Schaubild 4

Dieses Schaubild zeigt zwei verschiedene Materialien, die auf das Grundmaterial der Schnecke aufgetragen wurde. Der gelbe Bereich zeigt **hardfacing**, welches leichter herzustellen ist als Stellite 6, mit einer Härte von 38-42 Rc. Der rote Bereich zeigt ein **screw tip hardfacing** wie z. B. Xaloy X830, welches ein Tungsten-Karbid Material mit einer korrosionsbeständigen **base matrix** ist.

Die letzte Methode des Schneckenschutzes, die hier erwähnt wird, beinhaltet das Sprühschweißen in Verbindung mit einem Tungsten Karbid ausschliessenden Material so wie das patentierte Xaloy X8000 (US Patent 5,198,268). Diese Anwendung wird in Bild 5 dargestellt.



Bild 5

Alle der erwähnten Methoden des Schneckenschutzes bedeuten Zusatzkosten für den Kauf einer neuen Schnecke, aber die verlängerte Haltbarkeit hebt die höheren Ausgangskosten wieder auf.

Zylinderverschleiss

Wie bei dem Schneckenverschleiss erwähnt, findet Abnutzung auch an der Zylinderbuchse der Extruders statt. Mit der heutigen bimetallichen Technologie, die dafür genutzt wird, für das **spin-cast** der bimetallichen Mantel auf das Zylindergrundmaterial, kann verbesserte Zylinderhaltbarkeit erreicht werden. In der heutigen Technologie können bimetalliche Mantelungen Tungsten-Karbid in das bimetalliche Grundmaterial verschieben. (Siehe Photo, Bild 6).

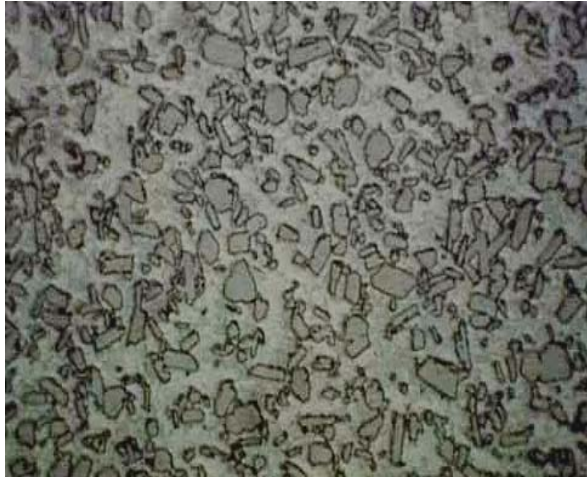


Bild 6

Die kleinen Partikel, die man hier auf dem Photo sehen kann, sind kleine Stücke von Tungsten-Karbid. Diese Technologie war ursprünglich von Xaloy Inc. unter US Patent 3,836,341 patentiert. Die Verbindung von Tungsten-Karbid in das bimetallic Mantelmaterial erhöht die Lebensdauer des Zylinders um vier bis fünf Mal im Vergleich zu den früheren bimetallic Mänteln, die vor 20 Jahren in der Plastikindustrie üblich waren. Nicht nur ermöglichen diese Art von Zylinder die Extrusion von höher gefüllten Polymeren, auch ermöglichen sie es, dass die Extruder bei einer viel höheren Schneckengeschwindigkeit gefahren werden, was ebenfalls einen hohen Zylinder- und Schneckenverschleiss verursachen kann.

Zusammenfassung

Wenn thermoplastische Materialverbindungen extrudiert werden, müssen sowohl Schnecken Design als auch Schnecken und Zylinderkonstruktion kritisch bedacht werden. Wenn sie im Vorhinein richtig bedacht werden, wird die Verarbeitung von thermoplastischen Materialien erfolgreich sein. .

Das Wichtigste ist, dass, wenn im Vorhinein gründliche Überlegungen getroffen werden,

wird der Lernerfolg sehr viel schneller erreicht.

Referenzen

- (1) Chung, "Extrusion of Polymers – Theory and Practice", Hanser Gardner Publishing, Inc., Cincinnati, Ohio.
- (2) Bernhardt, "Processing of Thermoplastic Materials", Robert E. Krieger Publishing Company.
- (3) Rauwendaal, "Polymer Extrusion", Hanser Publishers.
- (4) Tadmor and Gogos, "Principles of Polymer Processing", John Wiley and Sons, New York.