



Mehr Durchsatz, weniger Verschleiß

Neue PVC-Rohrextruder
für hohe Füllstoffanteile

Hans-Peter Schneider, München

Eine neue Generation von Doppelschneckenextrudern für hochgefüllte PVC-Rohre bietet verfahrenstechnische und wirtschaftliche Vorteile. Die Baureihe zeichnet sich durch eine verlängerte Verfahrenseinheit, ein größeres Verarbeitungsfenster und besseres Verschleißverhalten aus.

Die Hersteller von Rohren aus PVC-U sind einem ständig steigenden Preisdruck ausgesetzt. Im hart umkämpften Rohrmarkt ist deshalb seit einiger Zeit ein Trend zu erkennen, bei Abflussrohren wie auch bei Druckrohren einen möglichst hohen Füllstoffgehalt einzusetzen, um die Rezepturkosten zu verringern. Parallel dazu werden die Ausstoßleistungen der Extruder ständig gesteigert. Aus diesen veränderten Anforderungen des Marktes resultiert der Bedarf nach einer neuen Extrudergeneration, die der höheren Beanspruchung gerecht wird.

Verlängerte Verfahrenseinheit mit Doppellentgasung

Bei den neuen 36D-Extrudern (Typ: KMD 75-36D bis KMD 133-36D, Hersteller: Krauss-Maffei Kunststofftechnik GmbH, München) handelt es sich nicht um eine bloße Verlängerung der Verfahrenseinheit von 26D auf 36D, das neue Konzept leitet eine völlig neue Verfahrenstechnologie zur Verarbeitung von PVC ein. Während konventionelle gegen-

läufige, dichtkämmende Doppelschneckenextruder standardmäßig eine Entgasungszone aufweisen, verfügen die neuen 36D-Extruder über zwei Entgasungszone (Bild 1).

Bei der Beschickung eines Doppelschneckenextruders mit Dry-Blend wird im Einzugsbereich sehr viel Luft mit eingezogen. Die Luft wirkt als Isolator und verhindert eine optimale Materialvorwärmung über die Schnecken und die Zylinderwand. Bei den konventionel-

len Extrudern kann diese Luft erst nach 18D im Entgasungsbereich abgesaugt werden. Liegt das Material in der Entgasungszone noch relativ pulvrig vor, z.B. bei hochgefüllten Rezepturen, kann es immer wieder zu Verwirbelungen von Pulver im Entgasungsaufsatz kommen.

Bei den neuen 36D-Extrudern wird das Material nach dem Einzug verdichtet und vorgewärmt, es passiert bereits nach 15D die erste Entgasungszone (Bild 2). Hier wird das noch pulverförmige



Bild 1. Doppelschneckenextruder neuester Generation (Rückansicht)

ge aber verdichtete Material über zwei Entgasungsöffnungen im Zylinder atmosphärisch entlüftet. Das entlüftete Material erfährt anschließend eine weitere Verdichtung, bevor es in die zweite Entgasungszone gelangt.

In der zweiten Entgasungszone werden, wie beim konventionellen Doppelschneckenextruder, über ein angelegtes Vakuum die restlichen flüchtigen Bestandteile abgesaugt. Vergleichsversuche mit 36D-Schnecken und nur einer Entgasungszone haben eindeutig gezeigt, dass das Material, das mit Doppelentgasungs-Verfahrenseinheiten verarbeitet wurde, wesentlich besser anplastifiziert war.

Der Vorteil der 36D-Doppelentgasungsextruder liegt vor allem darin, dass gegenüber den 26D-Extrudern mit wesentlich geringeren Kompressionswerten im Bereich der Vor- und der Hochkompression gearbeitet werden kann und sich trotzdem höhere Ausstoßleistungen realisieren lassen. Gerade bei der Rohrextrusion reduziert dieser Effekt den Schnecken- und Zylinderverschleiß. Vor allem bei der Verarbeitung hochgefüllter Rezepturen bietet das 36D-Konzept erhebliche Vorteile hinsichtlich einer sichereren Materialentgasung und des Verschleißverhaltens.

Auswirkung von Füllstoffen auf das Verschleißverhalten

Gemahlenes Calciumcarbonat ist der gewichtsmäßig bedeutendste Füllstoff für thermoplastische Kunststoffe. Bei der PVC-Rohrextrusion wird ausschließlich Calciumcarbonat (CaCO_3) verwendet. CaCO_3 ist jedoch nicht gleich CaCO_3 .

Kreide weist eine kugelige Form auf, ist kaum gefestigt und besteht aus feinen Calcitkristallen, die ihren Ursprung in Schalen und Stützgerüsten von Nanofossilien haben. Das Alter beträgt ca. 80 bis 120 Mio. Jahre. Große Kreidevorkommen finden sich in Europa vor allem an der Kanalküste und im Pariser Becken.

Kalkstein hat kubische Formen mit runden Kanten. Er ist stärker verfestigt, besteht aus Makrofossilien von Muscheln oder aber generell älteren Kalkvorkommen aus den Gebieten des deutschen und französischen Jura. Fast alle Calciumcarbonat-Vorkommen in Südamerika haben Kalksteinstruktur. Das Alter liegt zwischen 120 und 190 Mio. Jahren.

Marmor verfügt ebenfalls über kubische Formen, allerdings mit eckigen Kanten, und ist entstanden durch Metamorphose eines Sedimentgesteins, d.h. Umkristallisation im Erdinneren bei hohen Drücken und Temperaturen um 600°C . Der resultierende Stein ist relativ hart mit dichtem, grobkörnigem Gefüge. Das Alter übersteigt 200 Mio. Jahre.

Calciumcarbonat wirkt im Extrusionsprozess grundsätzlich abrasiv. Da der Abrasionsverschleiß länderspezifisch und anwenderspezifisch völlig unterschiedlich ist, wurden in den letzten Jahren unterschiedliche Kreiden, die auf den Maschinen verarbeitet werden, näher untersucht. Dabei ließen sich folgende Parameter definieren:

- ▶ Korngrößenverteilung,
- ▶ Kornstruktur und
- ▶ Füllstoffmenge.

Abschließend fand, basierend auf den Verschleißanalysen, eine Bewertung der verschiedenen Kreiden statt.

Die bisherigen Analysen zeigen, dass natürliche Kreiden aufgrund ihrer Struktur und Korngrößenverteilung den geringsten Verschleiß verursachen. Sind die Kreiden zusätzlich noch gecoatet, ist der Verschleiß nochmals reduziert.

Weitaus kritischer sind Kalksteinstrukturen, wie sie fast ausschließlich in Südamerika Verwendung finden. Im Hinblick auf das Verschleißverhalten spielt hier neben gewissen Strukturunterschieden vor allem die Korngrößenverteilung eine maßgebliche Rolle. Nach Erfahrung in der Praxis sollte der Topcut der Kreiden auf keinen Fall über $10\ \mu\text{m}$ liegen, und ihre Struktur sollte keine scharfen Kanten und spitzen Ecken aufweisen. Der Einsatz von Marmorstrukturen ist deshalb völlig indiskutabel.

Zudem spielt die richtige Wahl der Reibparameter, d.h. die Schnecken- und Zylinderpaarung, neben der Rezeptur und der Prozessparameter eine entscheidende Rolle für das Verschleißverhalten.

Optimierter Verschleißschutz

Alle Krauss-Maffei-Doppelschneckenextruder sind mit standardmäßig tiefnitrierten Zylindern ausgestattet. Nach fundierten Erkenntnissen ist eine möglichst hohe Oberflächenhärte wichtiger als eine hohe Härtetiefe.

Die parallelen Doppelschnecken werden standardmäßig am Außendurchmesser mit einer Molybdän-Panzerschicht

versehen. Der Vorteil des Molybdän ist nicht, wie vielfach angenommen, die hohe Oberflächenhärte, sondern die guten Gleiteigenschaften in Verbindung mit dem Zylinderstahl.

Im Markt kommen zwei unterschiedliche Verfahren zum Einsatz, das Molybdän-Schweißen und das Molybdän-Spritzen.

Erfahrungen haben gezeigt, dass mit beiden Panzerschichten ungefähr die gleiche Lebensdauer der Schnecken erreicht werden.



Bild 2. Extruder KMD 90 - 36 mit atmosphärischer und Vakuumentgasung

Das Molybdän-Schweißverfahren für Doppelschnecken wurde vor etwa zehn Jahren bei Krauss-Maffei entwickelt und patentiert. Damals war es nicht möglich, die Schnecken mit Molybdän mit der heutigen Qualität aufzuspritzen.

Die parallelen Krauss-Maffei-Doppelschnecken werden heute standardmäßig am Schneckengrund, an den Flanken und bei den Molybdän-geschweißten Schnecken an den Stegkanten nitriert.

Die Nitrierung der Schnecken dient als Schutz gegen Abrasionsverschleiß. Sollte die Nitrierung alleine nicht ausreichen, so müssen die Schnecken in den kritischen Zonen zusätzlich hartverchromt werden. Wie Erfahrungen zeigen, dient die sehr harte Chromschicht als wirksamer Schutz gegen Auswaschungen der Schneckengänge durch abrasive Füllstoffe.

Bei der Verarbeitung von Sn-stabilisierten Rezepturen werden die Schnecken standardmäßig von der Entga-

sungszone bis zu den Spitzen verchromt. Durch den Chrom wird die Gleiteigenschaft der Schnecke auf den Schneckenoberflächen verbessert. Die Chromschicht ist jedoch kein Korrosionsschutz. Kommt es einmal zu Materialanklebung und Verbrennungen, so wird auch die Chromschicht chemisch zersetzt.

Modulare Maschinenausführung

Für die 36D-Rohrextruder werden zwei verschiedene Schneckengeometrien angeboten: eine für Schüttdichten zwischen 600 und 650 g/l und eine Geometrie für Schüttdichten von 700 bis 750 g/l (Tabelle 1).

		KMD 75-36D	KMD 90-36D	KMD 114-36D	KMD 133-36D
Antriebsleistung	kw	51	69	107	150
n smax	min ⁻¹	41	41	32	28
Md inst.	Nm	9400	15 000	30 000	48 000
q	kg/h min ⁻¹	10,0	17,0	34,0	50,0
Ausstoßleistung	kg/h	490	700	1050	1400

Tabelle 1. Daten der neuen Extrudergeneration

Bei Verarbeitung von reinem Dry-Blend können die Maschinen direkt vom Trichter gefahren werden. Bei Verarbeitung von Dry-Blend mit Regenerat-Anteil oder von reinem Regenerat sind ein oder mehrere Dosierwerke erforderlich. Die Schnecken werden ausschließlich mit interner Schnecken temperierung ausgeführt. Die Zylindertemperierung kann wahlweise in Luft- oder Ölkühlung ausgeführt werden.

Bei Betrachtung der gesamten Leistungsaufnahme eines 36D-Extruders im Vergleich zum 26D-Extruder ist das Verhältnis der benötigten Antriebsleistung zur Heizleistung beim 36D-Extruder wesentlich günstiger. Selbst im mittleren bis maximalen Schneckendrehzahlbereich wird immer noch ein relativ hoher Anteil an Heizenergie in das Material eingeleitet. Dadurch ist es möglich, über eine Veränderung der Zylindertemperaturen verschiedene Rezepturen mit nur einer Schnecken geometrie verarbeiten zu können. Der 36D-Extruder bietet deshalb eine größere Bandbreite bei der Verarbeitung verschiedener Rezepturen als 26D-Extruder.

Die spezifischen Ausstoßleistungen der 36D-Rohrextruder wurden gegen-

über den konventionellen Rohrextrudern um 17 % angehoben.

Unter der Voraussetzung einer gleichen maximalen Schneckendrehzahl und gleichem installierten Schnecken drehmoment ist das Resultat eine Erhöhung der Ausstoßleistung um ebenfalls 17 %.

Vorteile im Überblick

Die neuen 36D-Rohrextruder bieten dem Anwender sowohl verfahrenstechnische als auch wirtschaftliche Vorteile. Die verfahrenstechnischen Vorteile resultieren aus einer besseren Beeinflussung des Plastifizierungsgrads über die Zylinder-Temperaturführung. Damit ergibt sich ein breites Verarbeitungsfenster

bei Einsatz verschiedener Rezepturen. Durch das neue Doppelentgasungssystem wird eine hohe Produktionssicherheit erreicht und lassen sich auch höher gefüllte Mischungen zuverlässig entgasen.

In Verbindung mit intern temperierten Schnecken und der Fahrweise direkt vom Trichter sind die Maschinen äußerst wartungsfreundlich und leicht zu bedienen.

Eine erhöhte Wirtschaftlichkeit der 36D-Extruder ist durch eine längere Lebensdauer der Verfahrenseinheit bei erhöhter Ausstoßleistung und geringerer Getriebebelastung gegeben.

Erfahrungen im Produktionsalltag

Bisher arbeiten weltweit einige ausgewählte Kunden mit der neuen Extrudertechnologie. Bei diesen Maschinen sind die Schnecken am Außendurchmesser nur nitriert, um früher einen Verschleißtrend erkennen zu können. Die Schnecken und Zylinder werden regelmäßig gemessen, die bisherigen Ergebnisse können als sehr gut bezeichnet werden.

Zudem wurden bei einem bedeutendem südamerikanischen Rohrhersteller vorhandene Extruder eines Mitbewerbers mit 36D-Verfahrenseinheiten von Krauss-Maffei umgerüstet. Das Ergebnis ist sehr zufriedenstellend.

Fazit

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Extruders spielt die Lebensdauer der Verfahrenseinheit eine entscheidende Rolle. Die Lebensdauer einer Verfahrenseinheit wird im Wesentlichen von folgenden Parametern bestimmt:

- ▶ Ausstoßleistung,
- ▶ L/D-Verhältnis,
- ▶ Schnecken geometrie,
- ▶ Werkstoffpaarung Schnecken/Zylinder,
- ▶ Verfahrensparameter und
- ▶ Rezeptur.

Neben einer kontinuierlichen Leistungssteigerung der Extruder ist seit einigen Jahren in der Rohrextrusion ein Trend zu erkennen, immer mehr und immer preiswertere Füllstoffe einzusetzen. Deshalb ist es heute unumgänglich, das Verschleißverhalten der Verfahrenseinheiten durch ständige Messungen zu analysieren und entsprechende Maßnahmen zur Verschleißreduzierung einzuleiten.

Diese Aufgabe ist jedoch zufriedenstellend nur in enger Zusammenarbeit zwischen Anwendern, Rohstofflieferanten und Maschinenhersteller zu lösen.

Der Autor dieses Beitrags

Dipl.-Ing. Hans-Peter Schneider, geb. 1955, ist bei Krauss-Maffei Kunststofftechnik GmbH, München, Projektleiter für die verfahrenstechnische Entwicklung von Doppelschneckenextrudern.

Kontakt: info@krauss-maffei.de