

Der Dreh am Moment

Compoundieren. Der gleichsinnig drehende Doppelschneckenextruder ZSK Mc¹⁸ besitzt mit 18 Nm/cm³ das höchste derzeit am Markt verfügbare spezifische Drehmoment. Die damit erreichbare Durchsatzsteigerung um bis zu 30 % bietet eine noch höhere Wirtschaftlichkeit und eine weiter verbesserte Compoundqualität, ergänzt durch eine hohe Flexibilität in allen Einsatzgebieten.

**PETER VON HOFFMANN
FRANK LECHNER**

Auf der K2010 hat die Coperion GmbH, Stuttgart, vormals Werner & Pfleiderer, mit dem ZSK Mc¹⁸ eine neue, noch leistungsstärkere Generation ihrer Compoundiermaschinen für Kunststoffe vorgestellt (Bild 1). Leitlinie bei der grundlegenden Weiterentwicklung dieser gleichsinnig drehenden dichtkammernden zweiwelligen Schneckenknetzer (ZSK) war ein entscheidend verbesserter Anwendernutzen – der ZSK Mc¹⁸ vereint höchste Ansprüche an Wirtschaftlichkeit, Produktqualität sowie Flexibilität. Maßgebend dafür ist das um 30 % auf 18 Nm/cm³ erhöhte spezifische Drehmoment.

Der sich daraus ergebende Vorteil zeigt sich exemplarisch bei der Aufbereitung von Polybutylenterephthalat (PBT) mit 30 Gew.-% Glasfasern: Der ZSK 45 Mc¹⁸ erzielt bei einer Schneckendrehzahl von 900 min⁻¹ einen Durchsatz von über 1000 kg/h. Das ist rund 30 % mehr als bei einem Extruder vergleichbarer Größe mit einem Drehmoment von 13,6 Nm/cm³.

Durch Verbesserungen und Weiterentwicklungen im Vergleich zum Vorgängermodell ZSK Megacompounder Plus konnte das Prozessfenster erheblich vergrößert werden. Dadurch erfüllt das Compoundiersystem nicht nur die aktuellen, sondern auch die zukünftigen Marktanforderungen.

Kurze Amortisationszeiten

Bei der Entwicklung des ZSK Mc¹⁸ ist es gelungen, die auf die Baugröße bezoge-

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU110843

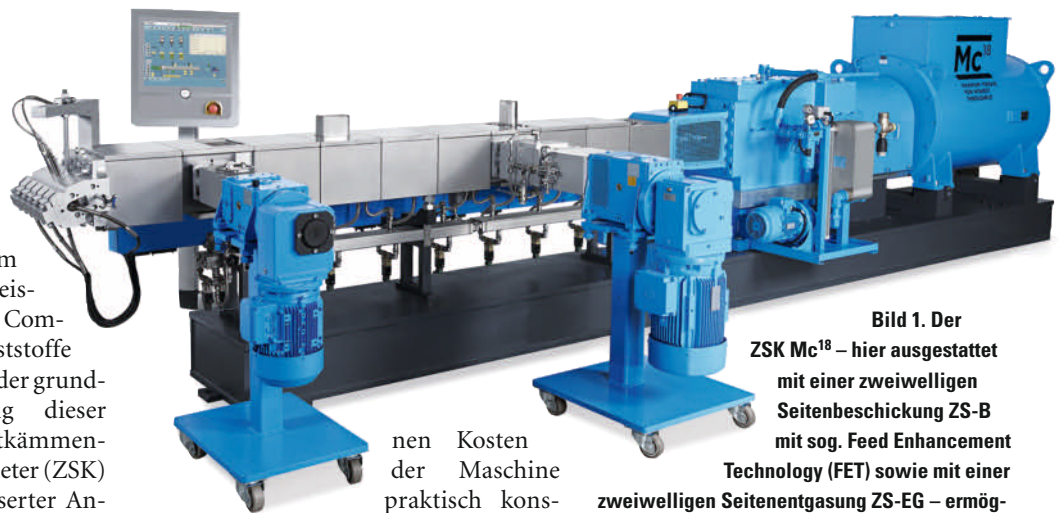


Bild 1. Der ZSK Mc¹⁸ – hier ausgestattet mit einer zweiwelligen Seitenbeschickung ZS-B mit sog. Feed Enhancement Technology (FET) sowie mit einer zweiwelligen Seitenentgasung ZS-EG – ermöglicht mit dem auf 18 Nm/cm³ erhöhten spezifischen Drehmoment Durchsatzsteigerungen um bis zu 30 % bei zugleich verbesserter Compoundqualität (Bilder: Coperion)

nen Kosten der Maschine praktisch konstant zu halten. Weil aber zugleich der erreichbare Durchsatz um bis zu 30 % erhöht ist, resultiert hieraus de facto eine Preissenkung: Der geforderte Zieldurchsatz lässt sich jetzt mit einer kleineren Maschine als bisher erreichen.

Diese Senkung der Investitionskosten mittels Durchsatzsteigerung ist für den Betreiber viel wirkungsvoller als eine Kostensenkung bei der Maschinenherstellung. Dazu kommt: Eine kleinere Compoundiermaschine verursacht (bei vorgegebenem Durchsatz) geringere Kosten bei Wartung, Instandhaltung und Verschleißteilen, bei Energie- und Platzbedarf sowie durch die Abschreibung. Ferner lässt sie sich schneller und einfacher reinigen, so dass die Anlagenverfügbarkeit steigt. Die Produktionskosten für das Compound sinken und der Return on Investment ist schneller erreicht.

Im Einzelnen belegen diese Ergebnisse eine als Modellrechnung angelegte Muster-Wirtschaftlichkeitsberechnung (Tabelle 1). Der Rechnung liegt eine betriebsfertige Compoundieranlage zum Herstellen eines mit 30 Gew.-% Glasfasern verstärkten Kunststoffes zugrunde, beispielsweise Polyamid (PA) oder PBT. Beim Compoundierextruder handelt es

sich um einen ZSK Mc¹⁸ mit 82 mm Schneckendurchmesser, der einen Durchsatz von 4500 kg/h erreicht. Die Gesamtanlage umfasst sowohl den Extruder als auch die gesamte Anlagenperipherie von der Materialdosierung über die Granulierung und Granulatkühlung bis zur Ab-sackung.

Bei der Berechnung der Herstellkosten des Compounds sind die Kosten für die Rohmaterialien als größter Anteil berücksichtigt, ferner die Investitions-, Finanzierungs- und Wartungskosten sowie die Kosten für Energie und Wasser. Unter realistischen Annahmen für den Verkaufspreis des verstärkten Kunststoffes ergibt sich für den ZSK 82 Mc¹⁸ die sehr kurze Amortisationszeit von etwas weniger als einem halben Jahr.

Selbstverständlich muss diese Wirtschaftlichkeitsberechnung unternehmensspezifisch angepasst werden. Zu den in Tabelle 1 ermittelten reinen Produktionskosten müssen die Raumkosten, die Kosten für Vertrieb und Marketing sowie die Overheadkosten hinzugerechnet werden. →

Die Baugrößen des neuen ZSK Mc¹⁸ reichen von 32 bis 119 mm Schnecken-durchmesser. Mit der neuen Baugröße ZSK 82 Mc¹⁸ sind die acht Größen so abgestuft, dass sie die Durchsatzanforderungen des Markts zielgenau erfüllen.

Die Verbesserungen im Einzelnen

Die signifikante Leistungssteigerung der Baureihe konnte durch ein Bündel von Weiterentwicklungen und Verbesserungen erreicht werden. Das gesamte Maschinenkonzept wurde im Detail unter die Lupe genommen und ganzheitlich überarbeitet. Entscheidenden Anteil an der 30 %igen Erhöhung des spezifischen Drehmoments hat der Einsatz von neuen Hochleistungswerkstoffen für die Schneckenwellen (Bild 2). Diese Materialien, die sich in der Luft- und Raumfahrt bewährt haben, stellen die Übertragung des Drehmoments vom

Bild 2. Die Doppelwellen des ZSK Mc¹⁸ bestehen aus neuen Hochleistungswerkstoffen, sodass die Übertragung des hohen Drehmoments von 18 Nm/cm³ auf die Schneckenelemente zuverlässig sichergestellt ist



ebenfalls neuen Getriebe über die Schneckenwellen auf die Schneckenelemente zuverlässig sicher. Darüber hinaus wurde das Design der Schneckenwellenkupplung, also die Verbindung zwischen dem Getriebe und den beiden Schneckenwellen, optimiert. Durch diese konstruktiven und werkstofflichen Fortschritte bietet die Baureihe auch bei hoher Beanspruchung die von Coperion-Anlagen gewohnten langen Standzeiten und somit eine hohe Betriebszuverlässigkeit.

Die Schneckenkonfiguration im Verfahrensteil ist stets individuell auf die Anwendung abgestimmt. Bereits in der Basisausstattung haben die Schneckenelemente einen hoch wirksamen Verschleißschutz. Beim Verarbeiten von besonders abrasiv wirkenden Materialien, z.B. Glasfasern, Füllstoffen oder harten Pigmenten, lässt sich der Verschleißschutz mithilfe von Sonderwerkstoffen anwendungsspezifisch optimieren.

Heizung, Kühlung und die gesamte Temperaturführung im Verfahrensteil sind an die erhöhte Durchsatzleistung angepasst. Die Heizpatronen in den Gehäusen erzeugen, insbesondere beim Anfahren, die Wärme genau dort, wo sie erforderlich ist. Das optimierte Kühlsystem stellt in jedem Gehäuse eine gleichmäßige Temperaturverteilung sicher und ermöglicht es, den Temperaturverlauf entlang des Verfahrensteils an die prozesstechnischen Erfordernisse anzupassen. Durch eingeschrumpfte Liner ist die Temperaturübertragung vom Prozessraum in das Kühlsystem der Gehäuse weiter verbessert. Das gesamte Verfahrensteil ist mit einer neuen, hochwirksamen Wärmedämmung versehen, die rundum isoliert und dennoch eine gute Zugänglichkeit ermöglicht. Aufgrund dieser Verbesserungen zeichnet sich der ZSK Mc¹⁸ durch eine hervorragende Energieeffizienz aus.

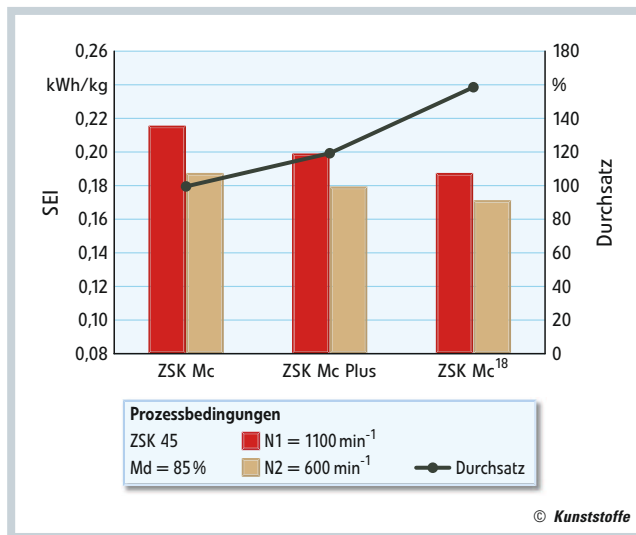
Bewährtes Durchmesser Verhältnis

Bei der Baureihe wurde das Verhältnis vom Außen- zum Innendurchmesser ($D_a:D_i = 1,55$) der Schneckenelemente unverändert beibehalten. Diesen Wert hat das Unterneh-

Investitionen Doppelschneckenextruder ZSK 82 Mc ¹⁸ einschl. Peripherie (z. B. Materialversorgung, Granulierung, Absackung), Montage und Inbetriebnahme; insgesamt		4 000 000,- EUR
Anlagenproduktivität Jahres-Bruttobetriebsstunden, 3-Schicht-Betrieb	7560 h/a	
Anlagendurchsatz	4500 kg/h	
Produktionskapazität	34 020 000 kg/a	
Anlagenauslastung	90 %	
Jahres-Nettobetriebsstunden	6804 h/a	
Jahres-Nettoproduktion (= Rohmaterialverbrauch)	30 618 000 kg/a	
Anfahr- und Produktionsabfall (3 %)	918 540 kg/a	
Jahres-Verkaufsmenge		29 699 460 kg/a
Materialkosten (aus Nettoproduktion) PBT oder PA (67 % = 20 514 060 kg/a à 2,10 EUR/kg) Glasfasern (30 % = 9 185 400 kg/a à 1,50 EUR/kg) Additive (3 % = 918 540 kg/a à 5,- EUR/kg) Insgesamt	43 079 526,- EUR/a 13 778 100,- EUR/a 4 592 700,- EUR/a	61 450 326,- EUR/a
Fixe Kosten Abschreibung (17 % von 4 Mio. EUR) Wartung und Ersatzteile Zinsen Insgesamt	680 000,- EUR/a 144 000,- EUR/a 120 000,- EUR/a	944 000,- EUR/a
Variable Kosten Löhne (20,- EUR/h für 6804 h/a; 6 Mitarbeiter) Lohn-Zusatzkosten (75 % der Lohnkosten) Energiekosten (0,13 EUR/kWh × 0,25 kWh/kg × 30 618 000 kg/a) Wasserkosten (4,- EUR/m ³ × 0,5 m ³ /h × 6804 h/a) Insgesamt	816 480,- EUR/a 612 360,- EUR/a 995 085,- EUR/a 13 608,- EUR/a	2 437 533,- EUR/a
Jahresproduktionskosten insgesamt		64 831 859,- EUR/a
Jahres-Verkaufsmenge		29 699 460 kg/a
Produktionskosten		2,18 EUR/kg
Rentabilität Verkaufspreis Verkaufserlös (Verkaufspreis × Verkaufsmenge) Ertrag (Verkaufserlös – Produktionskosten)		2,50 EUR/kg 74 248 650,- EUR/a 9 416 791,- EUR/a
Amortisationszeit (Investitionsbetrag / Ertrag)		0,42 a

Tabelle 1. Beispiel einer vereinfachten Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Herstellung von glasfaserverstärktem Kunststoff mit einem ZSK 82 Mc¹⁸ (ohne Gebäude-, Vertriebs- und Overheadkosten)

Bild 3. Beim Verstärken von PA6 mit 30 Gew.-% Glasfasern erreicht ein ZSK 45 Mc¹⁸ einen um 60 % höheren Durchsatz als ein gleich großer ZSK Megacompounder; zugleich ist der spezifische Energieeintrag (SEI) um rund 30 % geringer



zu einem ZSK Megacompounder der selben Baugröße um bis zu 60 % steigern (Bild 3), denn das erhöhte Drehmoment ermöglicht eine höhere Schneckendrehzahl bei höherem Füllgrad. Die geringere eingeleitete Scherenergie sowie die kürzere Verweilzeit führen zu einem geringeren spezifischen Energieeintrag SEI bei unverändert hoher Aufbereitungsqualität.

- Bei scherempfindlichen Kunststoffen ermöglicht das erhöhte spezifische Drehmoment ebenfalls einen höheren Füllgrad. Bei moderater Drehzahl bleibt deswegen – und wegen der verbesserten Temperierung der Gehäuse – die Temperaturbelastung der →

men bereits im Jahr 1985 bei der Supercompounder-Baureihe eingeführt. Er stellt das bis heute bewährte Optimum bezüglich übertragbarem Drehmoment und freiem Volumen dar: Ein kleineres Durchmesser Verhältnis senkt das freie Volumen in den Schneckengängen ab, verringert also den Durchsatz. Ein größeres Durchmesser Verhältnis reduziert generell die mechanische Stabilität der Schneckenwellen. Zudem sind die resultierenden dünneren Schneckenkämme deutlich verschleißanfälliger. Schließlich kann nur ein reduziertes Drehmoment übertragen werden, sodass insbesondere Produkte mit hohem Energiebedarf selbst bei verringertem Durchsatz unzureichend aufbereitet werden.

Auch für Anlagenbetreiber bietet das unveränderte Durchmesser Verhältnis große Vorteile, denn es ermöglicht sowohl ein Scale-up als auch eine Modernisierung des bisherigen ZSK Megacompounder Plus auf den neuen ZSK Mc¹⁸.

Compoundqualität und Durchsatz erhöhen

Unter aufbereitungstechnischen Gesichtspunkten ist die verbesserte Compoundqualität der wichtigste Aspekt. Das hohe Drehmoment ermöglicht auch bei Produkten mit großem Energiebedarf einen hohen Füllgrad. Daraus resultieren ein hoher Durchsatz und eine zugleich reduzierte Massetemperatur im Verfahrensteil, also eine energieeffiziente und schonende Herstellung der Compounds. Dazu kommt das erweiterte Einsatzspektrum, das eine größere Flexibilität bei der Anwendung ermöglicht:

- Bei Standard-Anwendungen, also beim Compoundieren von Produkten mit mittlerem bis hohem Energiebedarf, lässt sich der Durchsatz im Vergleich

Schmelze sehr gering, sodass sich auch diese Compounds mit verbesserter Qualität herstellen lassen.

Insbesondere für das Bedienpersonal stellt das neue Maschinendesign einen großen Fortschritt dar. Die verbesserte thermische Isolierung des Verfahrensteils senkt die Unfallgefahr auf ein Minimum; trotzdem ist die Zugänglichkeit für Reinigung und Wartung einfacher geworden. Die gesamte Verrohrung und Verkabelung ist so installiert, dass sich die Maschine leicht sauber halten lässt und stets aufgeräumt wirkt (Bild 4).

Aus diesen Eigenschaften und Merkmalen resultieren die typischen Anwendungsgebiete:

- Beim Herstellen von Masterbatches ist eine sehr gute Dispergierung der Additive und Farbstoffe das entscheidende Qualitätskriterium. Ferner erlaubt die gute Selbstreinigung der Doppelschnecken einen schnellen Produktwechsel. Bei Bedarf ist durch die gute Zugänglichkeit aller Anlagenbauteile auch eine intensivere Reinigung in kurzer Zeit möglich.
- Bei gefüllten und verstärkten Kunststoffen werden die Füll- und Verstärkungstoffe durch die hohe Mischintensität sehr gut in den Matrix-Kunststoff eingearbeitet. Die hohe Durchsatzleistung stellt einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb und niedrige Compoundierkosten sicher. Auch hier sind schnelle Produkt- und Farbwechsel möglich.
- Beim Aufbereiten von glasfaserverstärkten Produkten wie PBT und PA ermöglicht es das hohe spezifische Drehmoment, die Anlage mit hohem Füllgrad und hoher Drehzahl zu betreiben. Beispielsweise erzielt ein ZSK 58 Mc¹⁸ beim Compoundieren

von PBT mit 30 Gew.-% Glasfasern Durchsätze von bis zu 2000 kg/h.

Leistungssteigernde Zusatzaggregate

Zur verfahrenstechnischen Optimierung bei volumenbegrenzten Aufbereitungsprozessen empfiehlt sich die Ausstattung mit der Feed Enhancement Technology (FET). Bei dieser zum Patent angemeldeten Technologie ist der Einzugsbereich mit einem gasdurchlässigen Segment ausgestattet, an dem ein von außen angelegtes Vakuum die mit dem Schüttgut eingeschleppten Gase abzieht. Auf diese Weise lässt sich das Material-Aufnahmevermögen im Einzug – ähnlich auch in einer Seitenbeschickung – betriebsicher auf das Zwei- bis Dreifache steigern. Dies ermöglicht es auch bei Produkten mit geringer Schüttdichte, den Füllgrad zu erhöhen, den Durchsatz je nach Schüttgut um bis zu 300 % zu steigern und gleichzeitig die spezifische Energieeinleitung zu senken, also eine bessere Compoundqualität zu erzielen (Bild 5).

Eine Steigerung der Betriebssicherheit auch bei sehr hohen Durchsätzen ist mit einer zweiwelligen Seitenentgasung (ZS-EG) möglich. Das seitlich am Verfahrensteil angeflanschte Aggregat ist mit tief geschnittenen Doppelschnecken ausgestattet. Durch ihre Drehrichtung halten die Doppelschnecken das Produkt, das beim Entgasen mitgezogen wurde, im Verfahrensraum zurück. Die

Seitenentgasung ZS-EG stellt auch bei hohem Luft- oder Feuchtegehalt der zugeführten Produkte eine wirksame Entgasung sicher. Sie sorgt somit für eine konstant hohe Produktqualität, wie Praxisbeispiele zeigen.

So erreicht Bayer MaterialScience in seinem Werk in Krefeld beim Herstellen von Polycarbonat-Compounds mit der ZS-EG eine konstant hohe Produktqualität, weil sich in der zweiwelligen Seitenentgasung kein

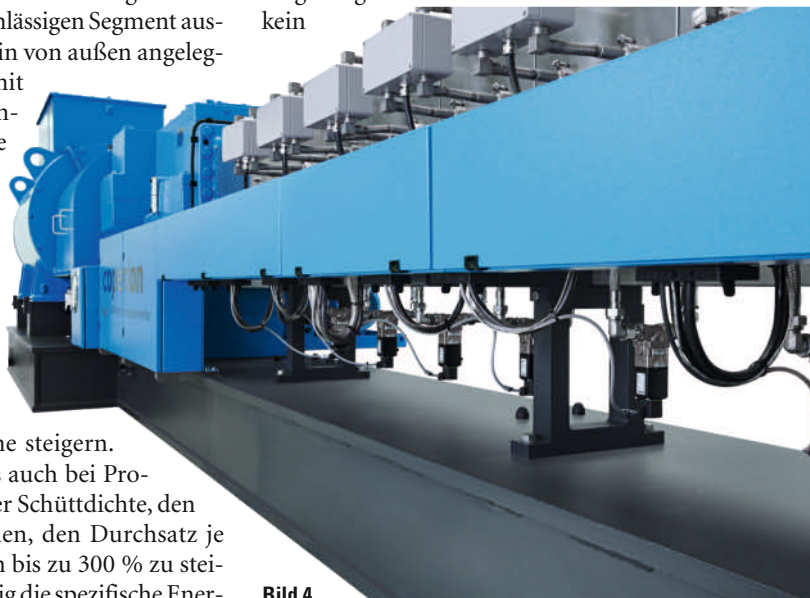


Bild 4. Das überarbeitete Maschinendesign ermöglicht eine sehr gute Zugänglichkeit für Reinigung und Wartung

Produkt ablagern und in den Verfahrensraum zurückfallen kann. Solvay Advanced Polymers in den USA erzielt beim Aufbereiten von Polyphthalamid (PPA) durch den Einsatz einer zweiwelligen Seitenentgasung einen höheren Durchsatz, weil der Strömungsquerschnitt stets offen bleibt. Darüber hinaus steigt die Ausbringung aufgrund der geringeren Stillstandszeiten für Reinigung und Wartung der neuen ZS-EG-Generation.

Auch der Coperion-Spritzkopf der neuesten Generation ist an den sehr hohen Durchsatz angepasst. Für Anwendungen mit stark abrasiv wirkenden Produkten kann er mit einer speziell verschleißgeschützten Lochleiste ausgestattet werden. Diese in der Praxis bei Lanxess entwickelte und bewährte Technologie setzt genau dort an, wo die Scherbelastung und damit die Verschleißbeanspruchung am höchsten ist, nämlich an den Löchern der Leiste. Deswegen werden die Bohrungen in der Lochleiste mit hoch verschleißbeständigen Einsätzen bestückt, die den Standzeitfaktor der Lochleisten deutlich steigern. Beispiels-

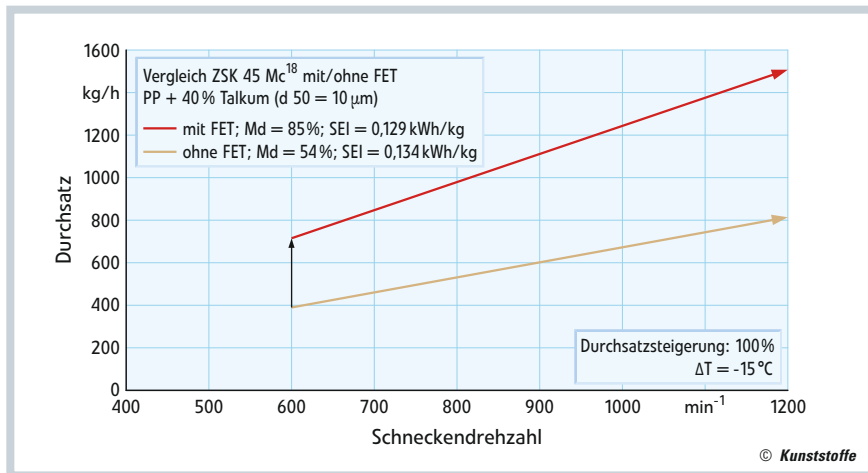


Bild 5. Eine FET-Ausstattung im Einzug senkt die spezifische Energieeinleitung (SEI) und erhöht den Durchsatz

weise ergibt sich beim Aufbereiten von glasfaserverstärkten Produkten mit markttypischen Anteilen von 20 bis 50 Gew.-% eine Erhöhung des Standzeitfaktors im oberen zweistelligen Bereich. Kommt es an einzelnen Bohrungen doch zu Abrasion und damit zur Beeinflussung des Abzugsverhaltens, müssen mit geringem Kostenaufwand lediglich die Hartmetallhülsen ausgetauscht werden.

Schneller Markterfolg

Als erstes System wurde die auf dem Messestand ausgestellte Maschine mit 82 mm Schneckendurchmesser bereits während der K-Messe verkauft. Dieser ZSK 82 Mc¹⁸ dient bei Kafrit Industries Ltd., Israel, zur Produktion von Compounds und Additivmasterbatches. Weitere Kunden, die sich bereits für die neue Baureihe entschieden haben, sind der kolumbische Masterbatch-Hersteller Comai Ltda., Cartagena de Indias, sowie die Ensinger GmbH, Nufringen. Ensinger wird auf der Anlage mit Glas- und Kohlefasern verstärkte Technische Kunststoffe wie Polyamid herstellen.

Bislang hat Coperion Bestellungen für über 30 ZSK Mc¹⁸-Maschinen erhalten. Der Schwerpunkt liegt in den Anwendungsbereichen Technische Kunststoffe sowie Weiß-, Additiv- und Schwarzmas-

terbatch – hierbei profitieren die Anwender am deutlichsten von dem hohen Drehmoment, der hohen Flexibilität, der verbesserten Temperierung und von den Vorteilen durch das vereinfachte Handling.

Auf der Fakuma in Friedrichshafen wird Coperion das Konzept der neuen ZSK Mc¹⁸-Baureihe präsentieren (Halle A6, Stand A6-6208). ■

DIE AUTOREN

DIPL.-ING. PETER VON HOFFMANN, geb. 1970, ist General Manager Business Unit Compounding Systems Engineering Plastics & Special Applications bei der Coperion GmbH, Stuttgart.

DIPL.-ING. FRANK LECHNER, geb. 1976, ist Leiter des Bereichs Process Technology für Compounding & Extrusion bei der Coperion GmbH, Stuttgart.

SUMMARY

THE TORQUE OF THE TWIN SCREW

COMPOUNDING. The ZSK MC¹⁸ intermeshing, co-rotating twin screw extruder boasts the highest specific torque rating currently available on the market, enabling as much as a 30 % increase in throughput. This means greater productivity and a further improvement in compound quality - not to mention great flexibility for all types of use.

Read the complete article in our magazine

Kunststoffe international and on

www.kunststoffe-international.com