

Rund um die Plastifizierschnecke

Teil 2 der Serie befasst sich mit grundlegenden Methoden zur Beurteilung einer Schneckengeometrie

Wenn die Auslegung einer Plastifiziereinheit in ihren Grundzügen erfolgt und das passende Spritzaggregat ausgewählt ist, mündet die Entwicklung der Schneckengeometrie in ihre entscheidende Phase. Um den Praxistest ressourcenschonend durchführen zu können, nutzen die Konstrukteure Simulationswerkzeuge zur Beurteilung der Schneckengeometrie. Worauf es dabei ankommt, wird beispielhaft an einer 3-Zonenschnecke erklärt.

Die Basis für die Auswahl einer geeigneten Schnecken- und Zylinderkombination bilden einige konkrete Vorüberlegungen. So kann der jeweils erforderliche Schneckendurchmesser anhand des Schussvolumens bestimmt werden. Mit der Formel der mittleren Verweilzeit lassen sich die Auslastung und die thermische Materialbelastung abschätzen – letztere muss, um eine hohe Endproduktqualität gewährleisten zu können, unbedingt gering gehalten werden. Nicht zuletzt sind der maximale Spritzdruck und das verfügbare Schneckendrehmoment Schlüsselgrößen für eine erfolgreiche Spritzgießfertigung.

Diese Zusammenhänge, die den Ausgangspunkt für weitere Optimierung der Plastifiziereinheit bilden, wurden in der letzten Ausgabe der **Kunststoffe** (Teil 1 der dreiteiligen Serie) diskutiert. In dieser Ausgabe sollen die grundlegenden Simulationsmethoden zur Beurteilung einer Schneckengeometrie vorgestellt werden. Dies geschieht am Beispiel einer 3-Zonenschnecke.

Vor allen Versuchen steht die Simulation

Zu Beginn stellt sich die Frage, welche Ziele man sich bei der Entwicklung einer Schneckengeometrie setzt. Oftmals lässt sich das Ziel klar definieren, wenn es etwa darum geht, die Förderleistung zu erhöhen, die Schmelzetemperatur zu verringern oder die Mischqualität zu steigern. Komplexer wird die Angelegenheit, wenn die geforderten Eigenschaften nur indirekt mit der Schneckengeometrie verknüpft sind oder mehrere Ursachen haben können; Beispiele dafür können eine



In mehreren Rechenschritten wird die Schneckengeometrie feinoptimiert, bis das gewünschte Ergebnis erzielt wird. In der Folge werden Versuchsschnecken in Originalgröße gefertigt und im praktischen Versuch mit diversen Materialtypen getestet (© Wittmann Battenfeld)

Verbesserung des Verschleißverhaltens oder der Förderstabilität ebenso sein wie eine Reduktion der Belagsbildung.

Diese vielseitigen Anforderungen an die Schneckenaggregate stehen oftmals im Widerspruch zueinander. Durch sorgfältiges Balancieren der Auslegung können die Konstrukteure Zielkonflikte dieser Erfordernisse überwinden. Stand der Technik ist, dass eine Schneckengeometrie lange vor allen Praxistests per Simulation optimiert wird. Der Wittmann Battenfeld GmbH, Kottlingbrunn/Österreich, steht dafür mit PSI/Rex eine in vielen Anwendungsfällen bewährte Software zur Verfügung, die durch die Forschungstätigkeit der Universität Paderborn auf diesem Gebiet laufend verbessert wird.

Der Softwarenutzer kann bei der Berechnung der Schneckengeometrie am

Computerarbeitsplatz sehr flexibel die Geometrieparameter variieren und den Einfluss der Änderungen untersuchen. Durch systematisches Abarbeiten einer zuvor definierten Versuchsreihe können erste Tendenzen analysiert werden. Schließlich werden die Rechenergebnisse miteinander verglichen und aus der Summe der Informationen die Schneckengeometrie feinoptimiert, bis das gewünschte Ergebnis erzielt wird.

Versuchsschnecken in Originalgröße

In der Folge werden Versuchsschnecken in Originalgröße gefertigt und im praktischen Versuch mit diversen Materialtypen getestet. Je nach Komplexität der Aufgabe können mehrere Versuchsschnecken mit unterschiedlichen An- »

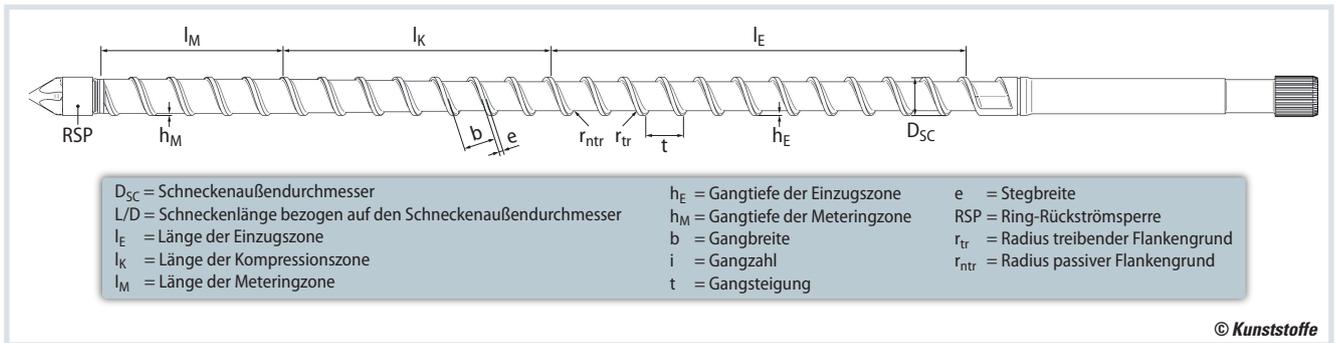


Bild 1. Schematische Zeichnung einer 3-Zonenschnecke mit Gangzahl $i = 1$ (Quelle: [2], C. Gornik)

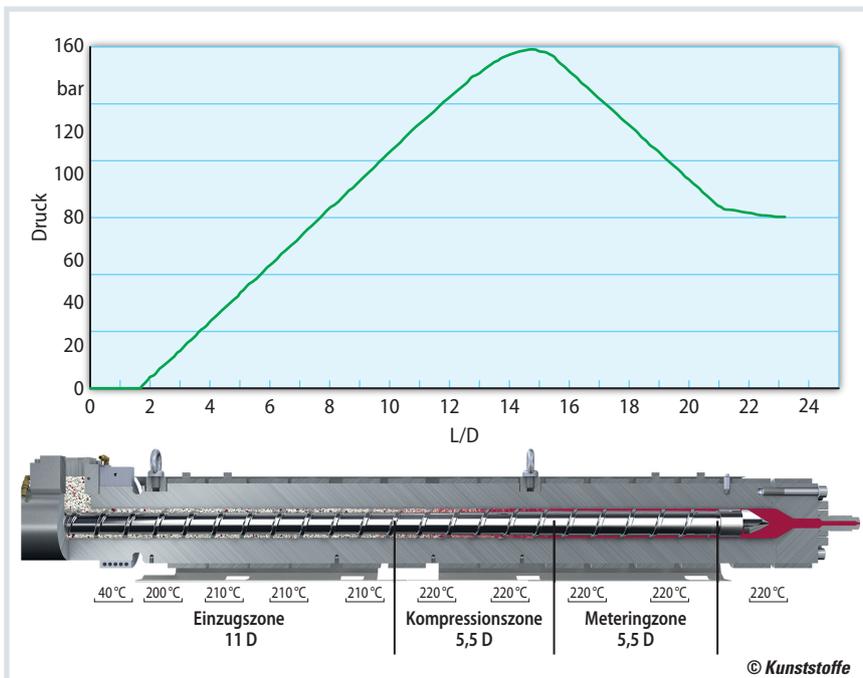


Bild 2. Druckverlauf entlang der Schnecke bei der Hubposition 50 mm (Quelle: Wittmann Battenfeld)

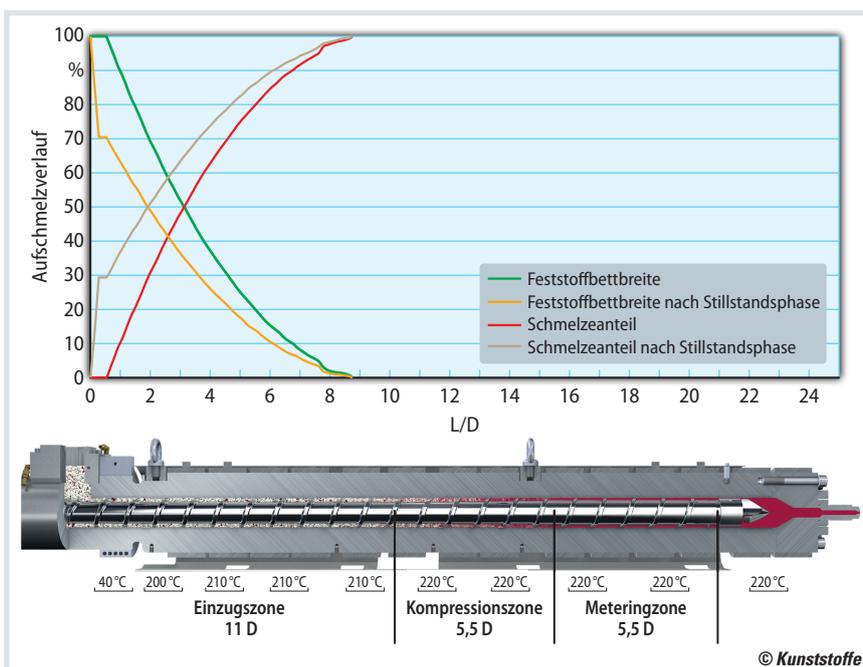


Bild 3. Aufschmelzverlauf für die Schnecke zur Hubposition 50 mm und gegen Zyklusende

(Quelle: Wittmann Battenfeld)

sätzen zum Einsatz gebracht werden. Bei erfolgreichem Testverlauf ist die Optimierung abgeschlossen, sollten Verbesserungspotenziale erkennbar sein, so wird die Entwicklungsschleife erneut durchlaufen.

Modellfall für die Optimierung der Schneckengeometrie

Ausgehend von einer Standard-3-Zonen-Geometrie, sollen zunächst die Geometrieparameter diskutiert und ihr Einfluss auf die Verarbeitung an ausgewählten Beispielen dargestellt werden. Um eine solche Geometrie aus verfahrenstechnischer Sicht im vollen Umfang beschreiben zu können, sind bestimmte charakteristische Werte von Nöten (**Bild 1**).

Allein die Anzahl der Geometrieparameter, die für eine verhältnismäßig einfache Standard-3-Zonenschnecke nötig sind, macht deutlich, welche Variantenvielfalt möglich ist. Für anspruchsvollere Geometrien wie Barrierschnecken oder Scherteil-/Mischteil-/Schermischteilschnecken vervielfacht sich die Anzahl der Geometrieparameter. Ausgehend von der Empfehlung, die in der Literatur [1] zu finden ist, soll die Geometrie eine Schnecke mit 50 mm Durchmesser (D_{SC}) beispielhaft optimiert werden.

Die Länge der Einzugszone wird mit 50% der Gesamtschneckenlänge angenommen, der Anteil der Kompressionszone und der Meteringzone soll je 25% betragen. Die Einzugszonentiefe wird mit $0,1 D$ angegeben, somit 5 mm. Das Gangtiefenverhältnis zwischen Einzugszone und Meteringzone soll 2 betragen. Das L/D -Verhältnis, das die Schneckenlänge bezogen auf den Schneckenaußendurchmesser wiedergibt, wird mit 22 angenommen.

Für diese Schnecke lässt sich eine Vielzahl von Ergebnissen berechnen. Hier soll

der Fokus auf den Massedurchsatz, das Druckverlauf- bzw. das Druckaufbauvermögen und abschließend den Aufschmelzverlauf gelegt werden.

Grundannahmen und Angaben zum Durchsatzverhalten

Für die Berechnung der Schneckengeometrie wird ein Dosierhub von 85 mm und eine Zykluszeit von 35 s angenommen. Der Staudruck ist mit 80 bar spezifisch festgelegt. Um moderate und realistische Dosierbedingungen für das Material Polystyrol (Typ: PS 454N; Hersteller: Styrolution) zu betrachten, wird die Schneckenumfangsgeschwindigkeit zu 300 mm/s eingestellt. Das Zylindertemperaturprofil ist von der Einfüllöffnung bis zur Vorkammer leicht steigend. Sämtliche Berechnungen werden für die Schneckenposition 50 mm durchgeführt (Bild 2 und 3).

Bei den gewählten Zyklusparametern wird für die vorliegende Schneckengeometrie die mittlere Dosierleistung mit etwa 12,49 g/s errechnet. Das bedeutet, dass die Maschine in der Dosierphase mit 12,49 g/s fördert und somit etwa 12,7 s benötigt, um 158 g Material zu plastifizieren. Bei einer Restkühlzeit von mehr als 12,7 s kann die Maschine rechtzeitig aufdosieren. Dauert die Plastifizierung länger als die Restkühlzeit, beeinflusst die Dosierzeit die Gesamtzykluszeit und schmälert die Produktivität.

Der Gesamtausstoß liegt bei 16,25 kg/h und betrachtet den Materialverbrauch im Laufe der Produktion. Da die Schnecke den Großteil des Zyklus nicht dosiert, ist dieser Ausstoß niedriger, als die mittlere Dosierleistung vermuten lässt. Der Gesamtausstoß ist maßgeblich bei der Auslegung der Peripherie (Trockner, Fördergeräte, etc.).

Druckaufbauvermögen und Aufschmelzverlauf

Während der Dosierphase steigt der Druck in der Plastifiziereinheit von der Einfüllöffnung bis zum Staudruck in der Vorkammer an. Je nach Schneckengeometrie können dazwischen ein oder mehrere Druckmaxima liegen.

Im konkreten Fall hier (Bild 2) beginnt die Druckkurve bei einer Schneckenlänge von etwa $L/D = 2$ zu steigen, um bei etwa $L/D = 14,25$ das Druckmaximum von ca. 160 bar zu durchlaufen. In der letzten Schneckenzone, der Meteringzone, fällt der Druck bis hin zur Rückströmsperre kontinuierlich ab.

Der Aufschmelzverlauf (ASV) stellt zweierlei Kurven dar (Bild 3). Einerseits wird die Feststoffbettbreite (grün) im jeweiligen Schneckenkanalabschnitt und andererseits der Schmelzanteil (rot) während der Dosierung dargestellt. Zusätzlich ist jeweils der Verlauf zum Zyklusende dargestellt (orange bzw. ocker).

Zu erkennen ist, dass der Aufschmelzverlauf ein gutes Aufschmelzen des Werkstoffs verspricht, denn bereits bei etwa $L/D = 8$ liegt 100% Schmelze vor (Schmelzanteil ASV = 1). Anders ausgedrückt, hat die Feststoffbettbreite auf 0 abgenommen.

Fazit

Es zeigt sich, dass dem Konstrukteur bereits bei einer „simplen“ 3-Zonenschnecke sehr viele geometrische Stellschrauben zur Verfügung stehen, um das Entwicklungsziel zu erreichen. Mit der Simulationssoftware lässt sich der reale Versuchsaufwand deutlich reduzieren. Die Ergebnisse der Simulation können jedoch nicht die praktischen Versuche ersetzen, da nicht alle Rand-

bedingungen berücksichtigt werden können bzw. bekannt sind. Sie zeigen in einem geschlossenen Umfeld Trends und eventuellen Handlungsbedarf auf. ■

Der Autor

Filipp Pühringer leitet die Abteilung „Verfahrenstechnische Entwicklung“ der Wittmann Battenfeld GmbH in Kottlingbrunn/Österreich.

Hinweis

Teil 1 der Serie widmete sich der grundlegenden Auslegung einer Plastifiziereinheit sowie der richtigen Wahl des Spritzaggregats und ist in der letzten Ausgabe der *Kunststoffe* (Heft 2/2020, S. 57–59) erschienen.

In Teil 3 der Serie sollen die Berechnungsergebnisse beurteilt und erste Schritte in Richtung einer Optimierung der Geometrie gegangen werden. Er erscheint in Ausgabe 4/2020.

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2020-03


NEU

Ultraschall-Handschweisspistole

HG35-EC / HG35-RS

zum Punktschweißen, Schneiden, Nieten, Einbetten, Einsenken und Bördeln von thermoplastischen Kunststoffen und synthetischen Textilien.



- ✓ Nur 600 g schwer
- ✓ Ergonomische Form
- ✓ Ausbalanciertes Gewicht
- ✓ Beste Schweißresultate
- ✓ Status-LED
- ✓ Integrierte Kühlung



Technology that moves

+41 71 466 41 00

rincoultrasonics.com

info@rincoultrasonics.com

A CREST GROUP COMPANY