

H. Groß, Roßdorf

Wulstmessung in der Folien- und Plattenextrusion

Maßgeblichen Einfluß auf die Qualität geglätteter Folien und Platten hat die Wulstverteilung im Glättspalt. Die Kenntnis über Größe und Lage des Wulstes erleichtert das Anfahren oder Umstellen der Anlagen. Überdies eignet sich die Wulstgröße als Führungsgröße für automatische Werkzeugregelungen

Bank Measurement in Film and Sheet Extrusion

The quality of polished, extruded film and sheet is decisively affected by the distribution of the bank of material in the nip of the polishing stack. An understanding of the size and position of the bank can help in the start-up or conversion of the extrusion line. In addition, the bank size can be used as a reference variable for automatic die control.

Verglichen mit dem Spritzgießen verfügen Extrusionsanlagen gegenwärtig über einen weitaus geringeren Automatisierungsgrad. Auch heute noch hängt selbst bei der Herstellung technisch sehr anspruchsvoller Produkte die Produktqualität in starkem Maß von der Erfahrung und dem Fingerspitzengefühl des Anlagenbedieners ab.

Unbestritten ist, daß die Qualität geglätteter Folien maßgeblich von der Wulstverteilung im Glättspalt bestimmt wird. Größen wie die Oberflächenqualität, die Dickenverteilung, der Schrumpf, die Planlage, das kristalline Gefüge bei teilkristallinen Werkstoffen und nicht zuletzt auch das Umformverhalten von Folien sind direkt von der Größe des Wulsts abhängig. Einfluß hat aber auch die Gestalt des Wulsts über der Breite des Glättspalts.

Trotz dieser Kenntnis bieten selbst neue Anlagen zur Herstellung dünner, beidseitig geglätteter Folien keine Möglichkeit, die Größe und die Verteilung des Wulsts meßtechnisch zu erfassen. Dies obwohl, abhängig von der jeweiligen Anlage und Fahrweise, bei der Herstellung sehr dünner Folien der Wulst im Glättspalt mit herkömmlichen Mitteln rein visuell oft nicht mehr zu erkennen ist.

Meßprinzip

Mit dem Ziel, die Randverdickungen gering und den Breitensprung klein zu halten, werden die Werkzeuge in der Praxis möglichst nah an den Glättspalt herangefahren. Das ließ in der Vergangenheit allerdings alle Versuche scheitern, den Wulst mit optischen Methoden direkt von vorne oder von oben zu messen.

Die Verhältnisse während des Glättvorgangs sind in Bild 1 vereinfacht skizziert. Dargestellt ist ein horizontal angeordnetes Walzenpaar mit vertikaler Schmelzeinspeisung. Tritt aus der Düse ein gegenüber den Nachbarbereichen größerer Schmelzestrom aus, ist die in den Glättspalt einlaufende Schmelzebahn an dieser Stelle dicker als in den Bereichen mit geringerem Massestrom. Folglich entsteht vor dem Glättspalt auch ein größerer Wulst. Diesem steht eine entsprechend größere Kühlstrecke (L_g) zur Verfügung, als dem kleineren Wulst (L_k) des kleineren Massestroms. Gemessen wird die Kühlstrecke vom ersten Auftreffen der Schmelze auf die Walzenoberfläche bis zum engsten Spalt im Glättwerk.

Diese unterschiedlich langen Kühlstrecken werden schließlich für die

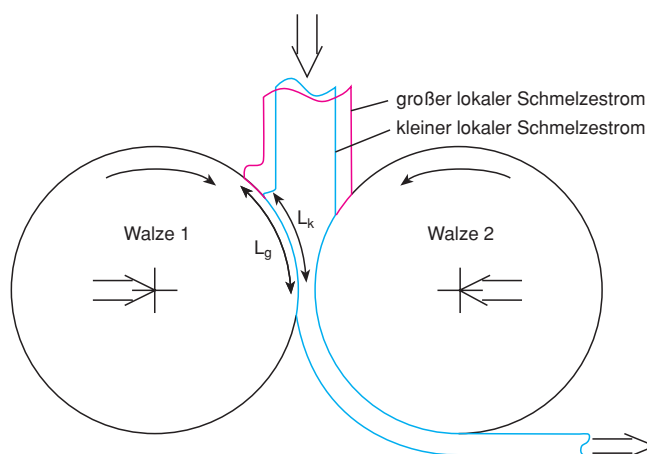


Bild 1. Seitenansicht eines horizontalen Glättwerks, in das unterschiedliche Schmelzeströme eingespeist werden

Wulstmessung genutzt. Ausschlaggebend sind dabei die ebenfalls verschiedenen langen Kontaktzeiten der Schmelzeströme mit der Walzenoberfläche. Denn zwangsläufig weist die Bahn des größeren Schmelzeströms (längere Kühlstrecke t_g bzw. längere Kontaktzeit) hinter dem Glättspalt eine geringere Oberflächentemperatur auf. Umgekehrt sind die Oberflächentemperaturen des kleineren Schmelzeströms (und damit eines kleineren Wulsts) hinter dem Glättspalt höher.

Die Messung der Oberflächentemperaturen erfolgt mit einem Infrarotthermometer (Pyrometer) hinter dem Glättspalt. Dazu ist die Meßwellenlänge der Kamera auf das Absorptionsmaximum des verarbeiteten Polymeren einzustellen, bei Polyolefinen beispielsweise $6,8\text{ }\mu\text{m}$.

Damit die Messung aussagefähige Werte ergibt, ist eine gleichbleibende Spaltöffnung über der gesamten Breite des Glättspalts einzustellen. Nur dann stellen sich bei gleichen aus der Düse austretenden lokalen Masseströmen auch gleiche lokale Wulstgrößen im Glättspalt ein. Zusätzlich ist sicherzustellen, daß sich die Schmelzebahn, bei exakt gleichen in den Glättspalt eingespeisten lokalen Masseströmen, in einer zum Walzenspalt parallelen Linie auf der Glättwalze auflagt.

Optimal ist ein horizontal angeordnetes Glättwerk, dem die Schmelze senkrecht von oben in den Glättspalt zugeführt wird. Doch auch bei vertikal angeordneten Glättwalzen läßt sich das Wulstmeßsystem einsetzen, wenn die Schmelze in den oberen Glättspalt eingespeist wird, wie Versuche auf Produktionsanlagen ergaben.

Praktische Ausführung der Messung

Das Infrarotthermometer selbst ist auf einer Traverse so in das Glättwerk einzubauen, daß der Meßstrahl die Bahn-Oberflächentemperatur nach Durchlauf des ersten Glättspalts erfaßt (Bild 2). Vorausgesetzt, die Spaltgröße ist über der gesamten Breite des Glättwerks konstant, sind die ermittelten lokalen Temperaturen direkt proportional zur jeweiligen Wulstgröße.

Auf einem Monitor wird schließlich die exakte Wulstverteilung über der Bahnbreite dargestellt. Überdies ermittelt das System automatisch die beiden Ränder der Bahn und liefert so Informationen über den aktuellen Breiteinsprung. Eine weitere Grafik bildet die Stellschrauben des Werkzeugs ab.

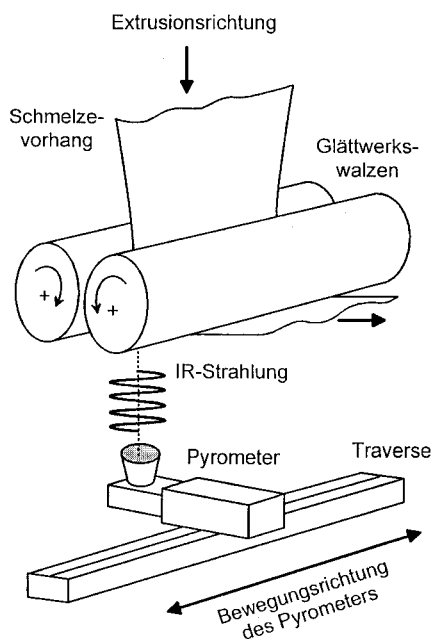


Bild 2. Schema der Meßanordnung

Aus ihr kann der Anlagenbediener ablesen, in welche Richtung und um wieviel er die einzelnen Stellschrauben am Werkzeug verstellen muß, um einen gleichmäßigen Wulst über der gesamten Spaltbreite zu erhalten.

Nutzen der Wulstmeßtechnik

Mit Hilfe der Wulstmessung lassen sich sowohl wirtschaftliche als auch quali-

tative Vorteile erzielen. So erleichtern die detaillierten Angaben über Größe und Lage des Wulsts an jeder Stelle des Glättwerks den Maschinenführern das schnelle Anfahren der Anlagen (Bild 3). Entscheidend ist hierbei, daß sie die Fließkanalhöhe im Werkzeug an mehreren Stellen gleichzeitig korrigieren können. Zusätzlich lassen sich mit den vorliegenden Informationen Abschätzungsfehler beim Umstellen auf eine andere Dicke vermeiden. Daraus ergibt sich einerseits eine bessere Auslastung der Anlagenkapazität, andererseits vermindern sich die in der Anfahraphase anfallenden Produktionsabfälle deutlich.

Besonders hilfreich ist das Wulstmeßsystem, wenn sehr dünne Folien beidseitig zu glätten sind, zumal in diesen Fällen visuell meist kein Wulst mehr zu erkennen ist. Hier besteht die Gefahr, daß die Schmelzebahn im Glättspalt auf Grund einer minimalen Durchsatzreduktion kurzfristig den Kontakt zur Oberfläche einer der Glättwalzen verliert, was Ausschuß zur Folge hat. Aus dem Wulstprofil läßt sich dagegen ableiten, ob die Anlage an bestimmten Punkten bereits in kritischen Grenzen produziert.

Auch zur Verbesserung der Produktqualität trägt die Wulstmessung bei, denn der gleichmäßige Wulst über der gesamten Spaltbreite bewirkt

- eine homogene Abkühlung der Folie, was die Planlage der Folie verbessert und beispielsweise bei teilkri-

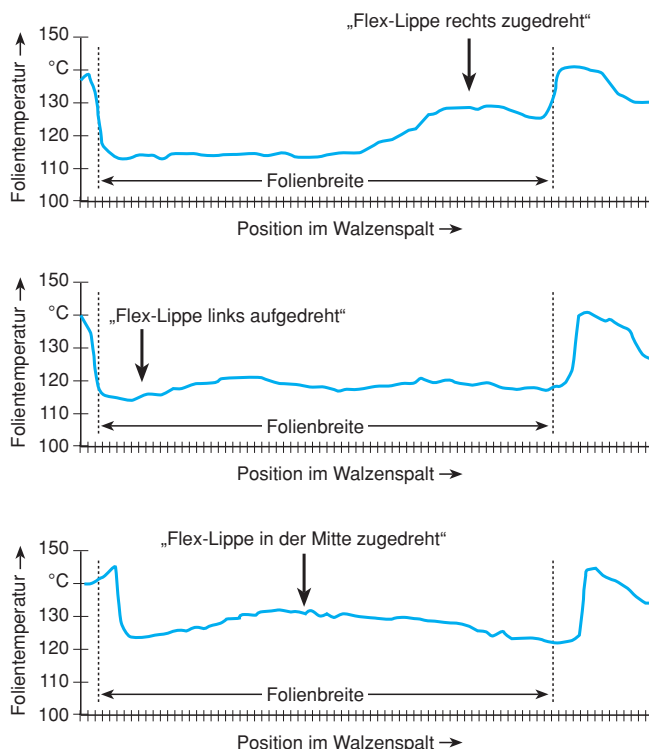


Bild 3. Wulstprofile bei Änderung der Geometrie der Flexlippe am Breitschlitzwerkzeug (IKV)

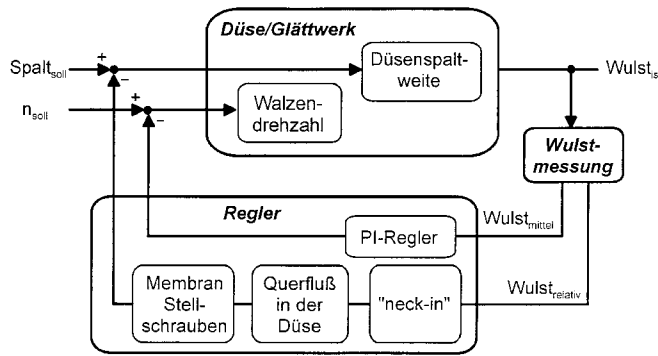


Bild 4. Konzept einer Werkzeugregelung auf Basis des Wulstmeßverfahrens, geeignet sowohl für die Folien- wie für die Plattenherstellung [1] (IKV)

stallinen Materialien zu einem regelmäßigeren kristallinen Gefüge führt; eine gleichbleibende Verteilung der Spaltkräfte, dadurch gleichmäßigere mechanische Eigenschaften, was unter anderem das Umformverhalten verbessert.

Als Hilfsmittel bei der Fehleranalyse eignen sich die Ergebnisse einer Wulstmessung ebenfalls. So stehen nicht nur bestimmte Oberflächenerscheinungen in Wechselwirkung mit bestimmten Wulstzuständen im Glättspalt. Mit dem Meßsystem lassen sich indirekt auch die Rundlauftoleranzen der Glätt- und Kühlwalzen messen. Dazu sind lediglich an einer Stelle des Glättspalts die Wulständerungen über der Zeit zu erfassen. In der Regel wird dabei synchron mit der Drehfrequenz der Walzen ein An- und Abswellen des Wulsts festgestellt. Die Amplitude dieser Schwingung korreliert mit der zyklischen Vergrößerung bzw. Verringerung der Spaltweite in Folge der Rundlauftoleranzen der Walzen.

Sind die optimalen Daten einmal ermittelt, können sie gespeichert und später für die erneute Produktion des gleichen Produkts eingesetzt werden. Das Anfahren respektive Dickenumstellungen bei der Produktion lassen sich so schneller und wirtschaftlicher durchführen.

Zukunftsaspekte

Zunächst wird ein Wulstmeßsystem zur Information jener Anlagenbediener dienen, die ihr Werkzeug rein manuell einstellen müssen. Seinen vollen Nutzen bei der Herstellung geglätteter Folien oder Platten bringt das System,

wenn die Wulstgröße als Führungsgröße einer Werkzeugregelung dient (Bild 4). So ist beispielsweise bei der Folienfertigung die übliche Dickenmessung (als Führungsgröße) dann ungeeignet, wenn das Produkt durch einen Glättspalt gefahren wird. Das Ergebnis der Messung gibt in diesem Fall eher Auskunft über die Walzenaufbiegung oder über die aus dem Werkzeug austretenden Schmelzestromunterschiede, welche aber durch den Glättspalt verändert werden.

Ein auf der Wulstmessung basierendes Konzept einer Werkzeugregelung wurde am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) entwickelt [1]. Es eignet sich sowohl für die Folien- wie für die Plattenherstellung. Dabei können die in der Folienproduktion üblichen Flexlippenwerkzeuge mit Wärmedehnbolzen weiter verwendet werden. Besser sind jedoch Werkzeuge, deren Verstellung über Kleinstgetriebemotoren erfolgt [1 bis 3]. Diese Lösung hat neben reduzierten Betriebskosten den Vorteil, daß sie eine nahezu totzeitfreie Regelung ermöglicht. Als Führungsgröße unterstützt die Wulstmessung die Schnelligkeit der Regelung, weil die Messung näher am Düsenaustritt erfolgt, als es etwa bei der Dickenmessung der Fall ist.

In der Plattenproduktion eröffnete erst die Einführung von Membranwerkzeugen den Weg zur automatischen Werkzeugregelung [2]. Als Stellorgane kommen hier in der Regel nur Kleinstgetriebemotoren in Frage, da sie problemlos den erforderlichen Stellweg von > 2 mm erlauben.

Erfahrungsgemäß bewirkt eine Werkzeugregelung einen stabileren Prozeß. Bei größeren Anlagen kann es durchaus 2 bis 3 h dauern, bis die Anlage nach

dem Anfahren einen stabilen Zustand erreicht hat. In dieser Zeit ergeben sich gemeinhin aber auch geringfügige zeitliche Änderungen der Schmelzestromverteilung über der Breite des Werkzeugs. Mit einem geregelten Werkzeug lassen sich diese Unterschiede durch entsprechende Verstellung der Fließkanalgeometrie ausregeln.

Folglich ist der größte wirtschaftliche Nutzen einer über die Wulstmessung gesteuerten Werkzeugregelung die Vermeidung des beim Anfahren üblicherweise anfallenden Produktionsabfalls. Denn bereits kurz nach dem Anlagenstart wird ein qualitativ zufriedenstellendes Produkt hergestellt. Insbesondere bei großen Anlagen mit Durchsätzen von über 1000 kg/h, und wenn zudem noch teure Rohstoffe verarbeitet werden, wird sich eine Wulstregelung relativ schnell amortisieren.

Literatur

- 1 Langkamp, U.: Flachfolienextrusion mit Wulstregelung. Vortrag auf dem 19. Kolloquium des Instituts für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen, 11.–13.03.1998
- 2 Groß, H.: Extrusionswerkzeuge für Folien und Platten. *Kunststoffe* 87 (1997) 11, S. 1600–1606
- 3 Groß, H.: Sind heutige Flexlippen flexibel genug? *Kunststoffe* 87 (1997) 3, S. 342–345
- 4 Hauck, J.; Langkamp, U.; Phillips, J.: Prozeßanalyse und Qualitätssicherung in der Folien- und Profilextrusion. Handbuch zum 19. Kolloquium des Instituts für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen, 11.–13.03.1998

Der Autor dieses Beitrags

Dr. Ing. Heinz Groß, geb. 1950, studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen und promovierte 1983 am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Aachen. Von 1983 bis 1993 war er bei der Röhm GmbH in Darmstadt, zuletzt als Leiter der Forschung, Entwicklung und Anwendungstechnik der Sparte Technische Produkte beschäftigt. Daneben gründete er 1992 ein Ingenieurbüro für Kunststoff-Verfahrenstechnik in Roßdorf. Dort konzentriert er sich auf die Entwicklung neuer Produktionstechnologien im Bereich der Extrusion und auf die Markteinführung seiner meist patentrechtlich geschützten und in Lizenz vergebenen Vorrichtungen bzw. Verfahren. 1997 gründete er zusätzlich die Groß Meßtechnik, Roßdorf, mit der er neue Meßverfahren entwickelt und vermarktet. (101090)