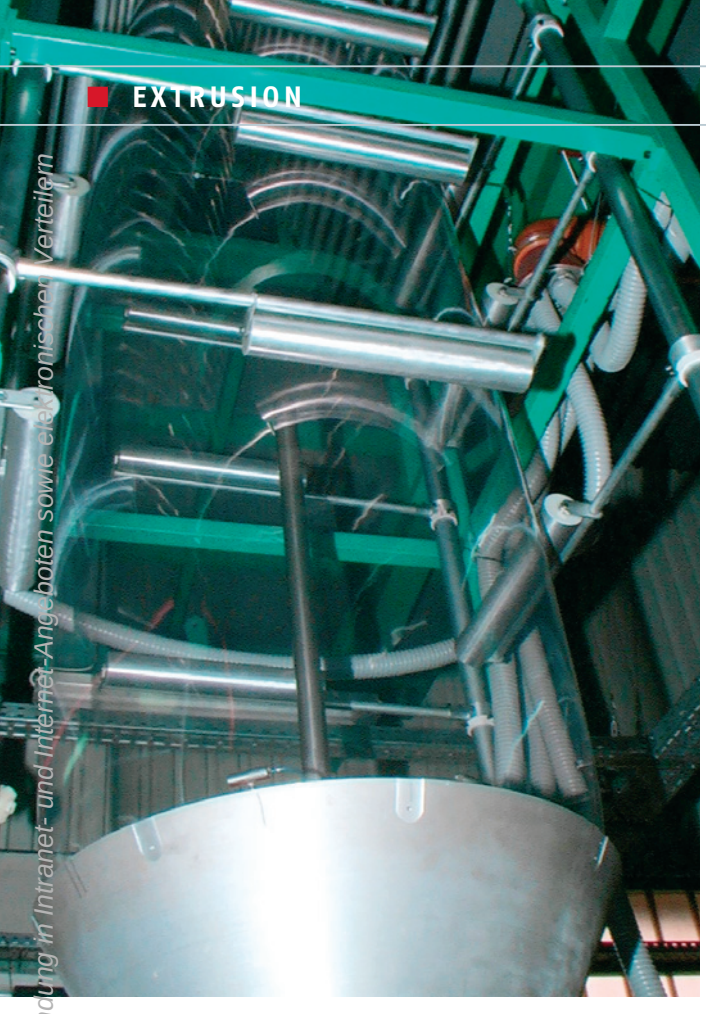


© 2004 Carl Hanser Verlag, München www.kunststoffe.de/Kunststoffe-Archiv Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischer Verteilern

Werkzeugtechnik. Mit einer neuen Technologie wird es möglich, Folien mit deutlich verbesserten mechanischen Eigenschaften herzustellen. Die Herstellungstoleranz wird verringert und die Produktion kommt mit weniger Materialzusätzen aus. Der Schlüssel dafür sind ein neuer Drehkernkopf und eine besondere Luftkühlung.

Blasfolien mit verbesserten Eigenschaften

ANTAL PELCZ
TAMÁS ILLÉS

In der Regel liegt die Dickentoleranz bei der Folienherstellung bei ±15 bis 20 %. Das bedeutet, dass eine Folie mit einer theoretischen Dicke von 20 µm, in der Praxis 16 bis 24 µm dick sein kann. Die Folie hat dann insgesamt eine Tragfähigkeit, die einer Folienstärke von 16 µm entspricht. Zur Stabilisierung der Folie sind verschiedene Materialzusätze notwendig. Mit einer neuen patentierten Technologie des Folienherstellers Dr-Pack Kft, Biatorbágy/Ungarn, können Folien mit einer Toleranz von ±1 bis 2 % produziert werden (Bild 1). Zudem sind weniger Zusätze nötig, weil der Kunststoff eine Netzstruktur annimmt, die die mechanischen Eigenschaften um 10 bis 150 % verbessert. Infolge der neuen Struktur der Folie, lassen sich dünnere Folien einsetzen als bisher, und es sind Materialeinsparungen von 25 bis 30 % möglich.

Nachteile beim traditionellen Kopf

Die beiden grundlegenden Neuerungen der Technologie sind zum einen der die Schlauchbildung durchführende Drehkernkopf und zum anderen die intensive interne und externe Luftkühlung, die eine schnelle Rückkühlung unterstützt.

Eine einwandfreie Folie kann dann hergestellt werden, wenn der Düsenspalt ein konstantes Maß aufweist und das homogene Material in einen Raum mit intensiver und gleichmäßiger Kühlung tritt.

Der Kopf hat bei der Herstellung mehrere Aufgaben. Er verändert die Richtung des Materialstroms, verteilt das Material auf einen Ringquerschnitt, stellt Inhomogenitäten ab und sichert das konstante Fugenmaß des austretenden Querschnitts.

Bei einem traditionellen Kopf verteilt sich der Materialstrom auf mehrere Bohrungen kleineren Durchmessers, von denen jede in einen spiralförmigen Kanal führt. Obwohl der Materialstrom nach den Spiralkanälen im Austrittsquerschnitt zusammengefasst wird, ist die Geschwindigkeit entlang des Umkreises nicht gleichmäßig, weil an den Ausströmungen der Kanäle der Materialstrom größer ist. So bildet sich am Austrittsquerschnitt eine Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit (Bild 2).

Außerdem behindert die mehrmalige Teilung und Zusammenführung des Materialstroms im Kopf die Einstellung einer homogenen Materialstruktur und zersetzt fortlaufend die sich gerade bildenden Orientierungen des Materials. So entsteht eine ungeordnete, inhomogene Stoffstruktur, die die mechanischen Eigenschaften wie z. B. Dehnbarkeit und Reißfestigkeit des Endprodukts negativ beeinflusst.

Die den Austrittsring-Querschnitt bildenden Teile sind beim traditionellen Kopf aneinander fixiert. So wird die Lage der Teile gegeneinander (Konzentrizität, Einachsigkeit) vom Anpassen sowie von der Form- und Lagetoleranz der Teile bestimmt. Die Genauigkeit wird von der Herstellungstechnologie begrenzt. Dadurch bleibt das Düsenspaltmaß am Umkreis entlang nicht konstant, was wiederum die Hauptursache für große Abweichungen der Folienstärke ist. Auch das Anhaften des Materials an den Wänden hat einen Einfluss auf die Folienstärke. Beim herkömmlichen Verfahren

Hersteller

Dr-Pack Kft
H-2051 Biatorbágy, Budai út 10.
Ungarn
Tel. +36 (0) 23/4 30-040
Fax +36 (0) 23/4 30-042
K04@drpack.hu
www.drpack.hu

© Carl Hanser Verlag, München

© 2004 Carl Hanser Verlag, München www.kunststoffe.de/Kunststoffe-Archiv Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern

drehen sich Kopf und Kern nicht zueinander. Das angehaftete Material kann nur vom axialen Materialstrom abgerissen werden. So bleiben an den anhaftenden Teilchen weitere haften, die sich verdicken und Streifen im austretenden Material ziehen. Nachdem sie ein kritisches Maß erreicht haben, reißen sie ab und bilden im Produkt einen Reißknoten.

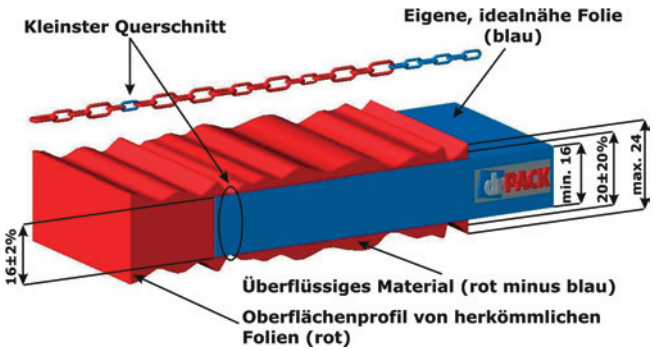


Bild 1. Folienstich: Durch die neue Technologie lässt sich die Folie nahe der geringsten Dicke herstellen

Üblicherweise wird das Material mit an den Außenseiten des Kopfs angeschlossenen Heizkörpern erwärmt. Wegen der Materialinhomogenität des Kopfs und der geometrischen Abweichungen am Umkreis des geschmolzenen Kunststoffs ist die Erwärmung nicht gleichmäßig. So tritt der Kunststoff mit ungleichmäßiger Temperatur entlang des Umkreises aus dem Kopf aus. Ungefähr die Hälfte der im Heizkörper erzeugten Wärme erwärmt die Umgebung, während der Rest ins Material geleitet wird und letztlich der Teil des Kopfkerns vom Material erwärmt wird. So ist also die Innenwand in jedem Falle kälter und die Außenwand wärmer als das Material. Ein Anhaften oder sogar Anbrennen wird sehr wahrscheinlich.

Alle diese Mängel können in der Praxis zu Abweichungen der Folienstärke von bis zu ±20 % führen. Eine solche Folie kann nur aufgewickelt werden, wenn der Kopf sich dreht. Durch die Drehung entstehen allerdings neue Probleme. Da die Lagerung bis zu 200 °C heiß wird, schmilzt das Schmiermittel und muss laufend ersetzt werden. Hier können Teflon-Lager Abhilfe schaffen. Außerdem muss die Stromversorgung der Heizkörper und die für die Regelung der Maschine nötige Datenübertragung über Gleitringe realisiert werden.

Netzstruktur durch Rotation

Bei dem neu entwickelten Drehkern-Kopf treten die beschriebenen Nachteile nicht auf. Bei den herkömmlichen Köpfen kann das Material sofort nach der Richtungsänderung nach oben laufen und ist nicht gezwungen, vorher einen verhältnismäßig homogenen Ring zu bilden. In diesem Fall ist der sich kontinuierlich verengende Spalt ein größerer Widerstand für das Material als die Rotation des Drehkerns. Der Ring füllt sich deshalb zuerst, und erst dann fließt der Materialstrom nach oben. Den Widerstand des Werkzeugs regelt die Drehungszahl des Drehkerns. Dadurch wird der sich in der Nähe des Eintrittskanals bildende größere Volumenstrom und die höhere Austrittsgeschwindigkeit eingestellt, was zu einer gleich bleibenden Geschwindigkeit am Umkreis führt.

Durch die Rotation des Kerns bildet sich eine homogene, netzartige Materialstruktur (Bild 3). Da der Außenmantel steht, der innere Kern aber rotiert, ergibt sich eine erhebliche Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den das Material eingrenzenden Flächen. Zudem fließt das Material auch nach oben. Als Resultat der Bewegung in zwei Richtungen strömt das Material auf einer spiralförmigen Bahn. Außerdem wird der Materialstrom – im Gegensatz zum traditionellen Kopf – nicht in Kanäle aufgeteilt und später wieder zusammengeführt. Die Homogenität des Materials bleibt erhalten. Es bildet sich eine gleichmäßige, netzartige Folienstruktur mit günstigen mechanischen Eigenschaften.

Der Drehkern, der Außenmantel und das dazwischen mit großem Druck strömende flüssige Material bilden eine hy- ▶

Traditioneller Drehkopf

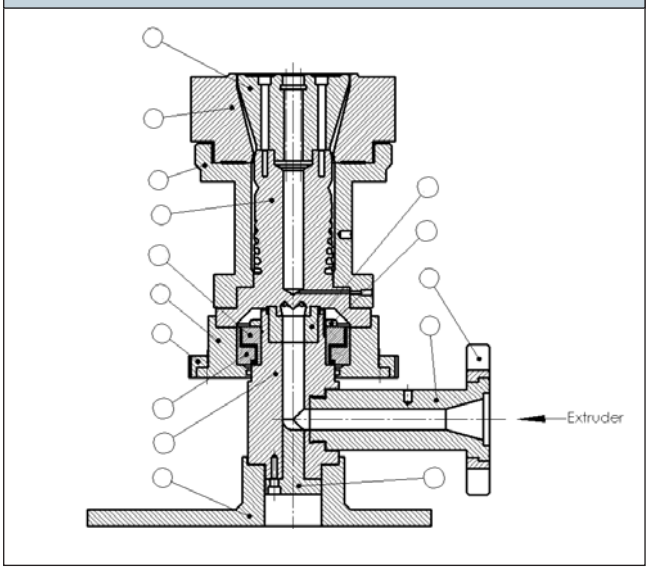


Bild 2. Die Aufteilung und spätere Zusammenführung des Materialstroms im Verteiler und in den Spiralkanälen des Kopfs behindert die Ausbildung einer homogenen Materialstruktrur

Konzeption des Drehkernkopfs

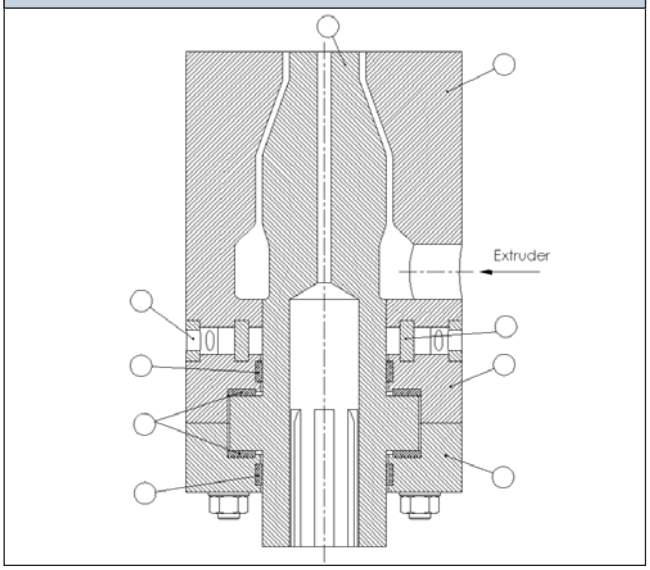


Bild 3. Die Rotation des Kerns ermöglicht die Ausbildung einer geordneten, netzartigen Materialstruktur

© 2004 Carl Hanser Verlag, München www.kunststoffe.de/Kunststoffe-Archiv Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern

drodynamische Lagerung. Durch diese Lagerung zusammen mit den weiter unten platzierten Teflonringen wird der Drehkern im Außenmantel selbstregulierend zentriert. Dadurch wird ein konstanter Düsenspalt am Austrittsquerschnitt gewährleistet. Außerdem befindet sich das Material durch die Kernrotation in ständiger Bewegung. Damit sinkt die Wahrscheinlichkeit des Anhaftens auf ein Minimum. Durch die eventuell haftenden Teilchen reißt das sich bewegende Material nicht nur axial, sondern auch tangential sofort ab. Die hergestellte Folie erhält eine gleich bleibende Stärke.

Beim Anlaufen wird der Kopf durch Heizkörper erwärmt, die auf der Außenfläche des Mantels montiert sind. Durch den Außenmantel wird die Wärme der Heizkörper nur mit großem Verlust übertragen. Nach dem Einschalten der Rotation wird das Material überwiegend durch die Knetarbeit des Kerns erwärmt, während die Heizkörper nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. Die Wärme bildet sich also durch die innere Reibung im Material. Auf diese Weise wird eine homogene Temperaturverteilung im Material und am Umkreis erreicht.

Gut gekühlt

Aus dem Material, das aus dem Düsenspalt austritt, bildet sich ein Schlauch, der, nachdem er auf Maß geblasen wurde, am Ende des Kegelteils abgeschreckt wird. Auch im Anschluss muss gekühlt werden, weil die Folie am besten bei Zimmertemperatur aufgewickelt werden kann.

Die Kühlung erfolgt über ein Kühlsystem, das die Außenfläche des Schlauchs über einen Kühlring kühlt und die Innenfläche über eine Wärme- bzw. Lufttauscheinheit. Drei Faktoren beeinflussen die übertragene Wärmemenge.

Die inneren Düsen des Kühlsystems

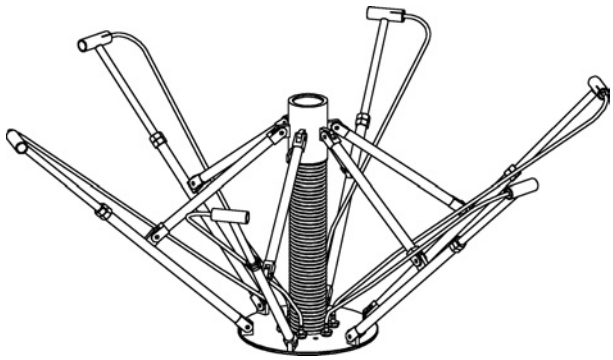


Bild 5. Die Düsen sind beweglich und regenschirmartig angeordnet

Kopf und Kühlsystem

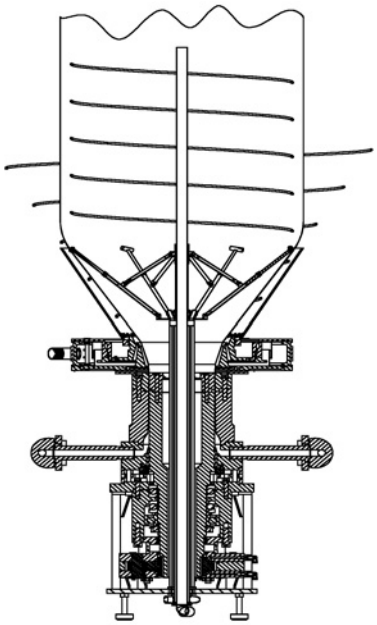


Bild 4. Die Luft wird aus dem Kühlring und aus dem inneren Wärmetauscher über tangentiale Fugen auf die Folie geblasen

Eine Rolle spielt der Temperaturunterschied zwischen dem Kühlmedium und der Wand. Im Normalfall beträgt die Wandtemperatur 200 °C und die Temperatur der Umgebungsluft 25°C. Wenn die Umgebungsluft auf 5 °C abgekühlt werden soll, ist ein Luftkühlungssystem mit großer Kapazität erforderlich.

Um die in der Folienherstellung verlangte Qualität zu erreichen, müssen die gegebenen geometrischen Verhältnisse und Parameter eingehalten werden. Die Oberfläche der Folie wird durch diese Faktoren bestimmt. Deshalb ist die Wärme abgebende Fläche nicht veränderbar.

Der Wärmeübertragungskoeffizient hingegen ist innerhalb weiter Grenzen veränderbar. Bei Luft kann in erster Linie über den relativen Feuchtigkeitsgehalt und die Strömungsgeschwindigkeit (Geschwindigkeitsunterschied zwischen Folie und Luft) Einfluss genommen werden. Der Koeffizient ruhender, trockener Luft liegt bei circa 5 W/m^2K, während der Koeffizient feuchter, stark strömender Luft bei circa 250 W/m^2K liegt. Mit diesem hohen Wärmeübertragungskoeffizienten wird also die Menge der abtransportierten Wärme um das Fünfzigfache erhöht.

Die Geschwindigkeit der Luft wird durch die Festigkeit des Schlauchs begrenzt. Sie kann jedoch durch eine wirbelartige Zuleitung der Luft weiter erhöht werden. Weiterhin wirkt sich auch die aus dem Luftwirbel auf die Folie wirkende Zentrifugalkraft günstig auf die Stabilität des Schlauchs aus.

Mit der Erhöhung der Geschwindigkeitsdifferenz wächst also die Wärmeübertragung, und die Kühlleistung wird gesteigert. Dadurch kann die Bahngeschwindigkeit der Folie und damit die

Reißdiagramm

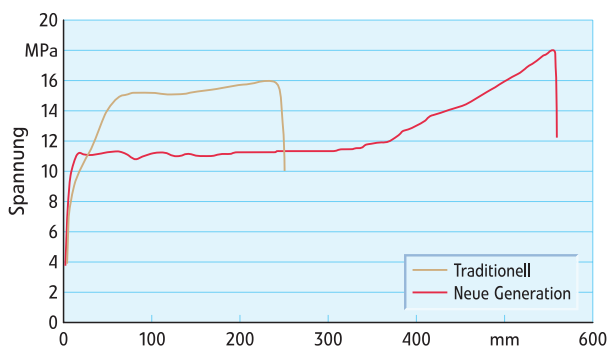


Bild 6. Durchschnittsergebnis der mehrmals wiederholten Reißprüfung bei einer Reißgeschwindigkeit von 500 mm/min

© 2004 Carl Hanser Verlag, München www.kunststoffe.de/Kunststoffe-Archiv Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern

Produktivität erhöht werden.

Verbesserte Folienblaseinheit

Die neue Folienblaseinheit wurde auf der Grundlage der theoretischen und praktischen Erkenntnisse realisiert. In der Kühleinheit wird der Wirkungsgrad der Kühlung durch die Steigerung der Geschwindigkeit und die Richtungsänderung der strömenden Luft erhöht. Die Luft wird sowohl aus dem Kühlring als auch aus dem inneren Wärmetauscher über die tangentialen Fugen auf die Folie geblasen(Bild 4). Die Intensität der inneren Luftbewegung wird durch die Gestaltung der Düsen als Venturi-Rohr gesteigert. Dadurch wird jeweils ein Wirbel an der Außenfläche und im Inneren des Schlauchs erzeugt. Die beiden Wirbel arbeiten im Gegenstrom. So heben sich ungünstige Einflüsse auf, während die korrespondierenden (parallelen) günstigen Wirkungen einander ergänzen.

Beim internen Luftaustauscher sind die Düsen mit einem regenschirmartigen Mechanismus beweglich angeordnet (Bild 5). Die Kühlluft tritt durch die Düsen ein und wird über ein in der Mitte des Schlauchs angeordnetes Rohr abgesaugt.

Reißprüfungen der nach diesem Verfahren hergestellten Folien weisen eine hochgradige Verbesserung der Reißdehnung und eine gemäßigte Verbesserung der Reißfestigkeit auf (Bild 6). Die Prüfungen wurden nach den Normen MSZ EN ISO 527-1 bzw. MSZ EN ISO 527-3 durchgeführt. Die Breite des Versuchskörpers lag bei 25 mm, die Distanz zwischen den Klemmbacken betrug 100 mm. Die Geschwindigkeit wurde in dem von der Norm vorgeschriebenen Intervall geändert. Bei einer Reißgeschwindigkeit von 500 mm/min ist die Reißdehnung um 125 % erhöht. Parallel dazu hat sich die Reißfestigkeit um 13 % erhöht. Die hohe Reißgeschwindigkeit entspricht den Belastungen in der Praxis.

Ausblick

In der Zukunft soll die Technologie auch für die Herstellung von mehrschichtigen Folien Anwendung finden, wobei ähnliche Verbesserungen erwartet werden. Gestartet wird mit einem zweischichtigen Blasfolien-Kopf, der bereits in Arbeit ist. Durch diesen Kopf wird der traditionelle Drehkopf einer bereits bestehenden Maschinenreihe abgelöst. ■

DIE AUTOREN

DIPL.-ING. ANTAL PELCZ, geb 1951, ist geschaftsführender Gesellschafter der Dr-Pack Kft.

DIPL.-ING. TAMÁS ILLÉS, geb. 1975 , arbeitet als Entwicklungsingenieur Dr-Pack Kft.

SUMMARY PLAST EUROPE

Blown Film with Improved Properties

MOULD TECHNOLOGY. A new technology allows production of film with distinctly improved mechanical properties. The manufacturing tolerance is reduced and smaller amounts of additives are required for production. The key to this is a new rotating-core extruder head and special air cooling.

*NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE102983** on our website at **www.kunststoffe.de/pe***