



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 299 281 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27. 10. 1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) B 29 D 7/00  
B 29 C 55/18

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

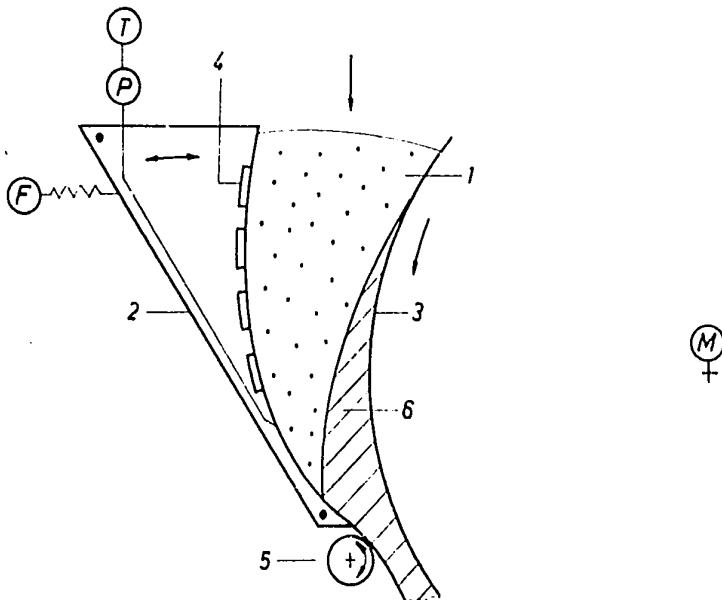
(21) DD B 29 D / 333 609 7 (22) 16.10.89 (44) 09.04.92

- (71) siehe (73)
- (72) Kohlert, Christian, Dr.-Ing.; Meißner, Konrad, Doz. Dr. sc. techn.; Kohlert, Wolfgang, Doz. Dr. sc. techn.; Reher, Ernst-Otto, o. Prof. Dr. sc. techn., DE
- (73) Technische Hochschule „Carl Schorlemmer“ Leuna – Merseburg, Otto-Nuschke-Straße, O - 4200 Merseburg, DE
- (74) siehe (73)

(54) Verfahren zur Polymerpulver- oder Polymergranulatverarbeitung auf Walzenmaschinen

(55) Walzen; Kalandrieren; Polymerpulver; Verarbeitung; Keil

(57) Die Erfindung beinhaltet ein Verfahren zur Polymerpulver- oder Polymergranulatverarbeitung auf Walzenmaschinen. Ein spezielles Verfahren zur Polymerpulververarbeitung auf Walzenmaschinen, wobei das Material zwischen einem quer vibrierendem Keil und einer Walze aufgeschmolzen wird. Dabei kann durch eine dem Materialaustritt nachgelagerte Mikrowalze der Durchsatz und damit die Aufschmelzzeit im Keilspalt reguliert und optimiert werden. Die Bestimmung der Lage der Grenzfläche zwischen Polymerpulver und Schmelze erfolgt durch örtliche Druck- bzw. Temperaturmessung oder durch Messung der auf den Keil wirkenden Anpreßkraft bzw. des Drehmomentes der Walze und dient der Regulierung des Aufschmelzprozesses im Keilspalt. Figur



### Patentansprüche:

1. Verfahren zur Polymerpulver- oder Polymergranulatverarbeitung auf Walzenmaschinen, **dadurch gekennzeichnet**, daß Polymerpulver oder Polymergranulat direkt verarbeitet werden kann, wobei erstens das in den Spalt zwischen Keil 2 und Walze 3 eingebrachte Pulver oder Granulat durch Wärmezufuhr über die Walze 3 und die Heizelemente 4 sowie durch innere Reibung aufgeschmolzen wird, zweitens der Transport- und Verdichtungsvorgang durch Vibration des Keiles quer zur Strömungsrichtung intensiviert wird und drittens der Aufschmelzprozeß durch Heiz- bzw. Kühlelemente 4 im Keil geregelt wird.
2. Verfahren zur Polymerpulver- oder Polymergranulatverarbeitung auf Walzenmaschinen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß über Temperatur- und/oder Druckmessungen vor dem minimalen Spalt zwischen Walze und Keil bzw. durch Messung der auf den Keil wirkenden Anpreßkraft und/oder des auf die Walze wirkenden Drehmomentes der Übergang von Pulver bzw. Granulat in Schmelze 6 lokalisiert wird und Steuersignale für die Regelung der Mikrowalze 5 zur Erhöhung bzw. Verkleinerung des Durchsatzes über die Mikrowalzenumdrehungsgeschwindigkeit und deren Drehrichtung ausgelöst werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Verfahren zur direkten Verarbeitung von Polymerpulver oder -granulat auf Kalandern und Walzwerken der Plastindustrie, z. B. PVC-Verarbeitung auf Walzenmaschinen unter Nutzung keilförmiger Einbauten.

### Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Kalanderlinien der Plastverarbeitung bestehen aus Innenmischern oder Extrudern zum Aufschmelzen des Pulvers, anschließend Mischwalzwerk, Kalander und Nachfolgeeinrichtungen (siehe: Torner, Grundprozesse der Verarbeitung von Polymeren, Leipzig 1973, oder Kopsch, Kalandertechnik, München, Wien 1978). Die Innenmischer oder Extruder dienen der Durchmischung aller Gemischbestandteile und dem Aufschmelzen zu einer homogenen Masse. Diese Verarbeitungsmaschinen sind durch Konstruktion und Größe sowohl material- als auch energieintensiv. Neueste Untersuchungen nutzen Keilspalteinrichtungen an Walzenmaschinen zum Aufschmelzen und Homogenisieren von Polymerpulver, welche keilförmige Vorrichtungen darstellen, die in den Spalt zwischen zwei rotierenden Walzen eingebaut werden und damit sowohl die Deformationszone und -intensität vergrößern als auch durch Abscheiden und Ansammeln gasförmiger Einschlüsse an der Oberfläche der keilförmigen Vorrichtungen sowie deren Zerstörung durch Erzeugung großer Scherbeanspruchungen eine Entgasung des polymeren Materials realisieren.

Nachteilig ist, daß die Verweilzeit des Polymermaterials abhängig ist vom Wärmeübergang, den Strömungsverhältnissen und den Schüttguteigenschaften, wodurch sie schwer vorausbestimmbar ist (Siehe: Meerson, Klinovye ustrojstva, Moskau 1980). Bekannt sind ebenfalls keilförmige Vorrichtungen, welche mit einer Vibration in Richtung des Materialstromes beaufschlagt werden. Die mit diesem Verfahren eingetragenen Mikrowellen und Druckschwankungen verbessern die Homogenisierung und Entgasung im Keilspalt, wirken jedoch destabilisierend auf die Statik des Kalanders durch ihre Wirkungsrichtung quer zur Richtung der Anpreßkraft im Walzenspalt, nach welcher die Kalanderstatik ausgelegt ist. Im weiteren existieren in der Literatur Verfahren mit konstruktiven Lösungen von keilförmigen Vorrichtungen mit Nutzung kleiner Zusatzwalzen (SU-PS 1193001, DD-PS 227379 A1). Hierbei wurde eine Variante mit zwei oder mehreren aufeinanderfolgenden Verarbeitungsspalten genutzt, wobei als zusätzliches Wirkpaar eine kleine Walze mit eigenem Antrieb dem eigentlichen Keilspalt nachgeordnet ist. Beide Verfahren dienen der intensiveren Verarbeitung bereits vorgelieferter Massen und sich nicht für die Regulierung des Aufschmelzprozesses geeignet. Verfahren mit keilförmigen Vorrichtungen werden im weiteren zur Bestimmung einer Prozeßviskosität genutzt, indem über Drehmoment, Druckdifferenzen bzw. Kraftmessungen Aussagen über eine prozeßrelevante Viskosität des zu verarbeitenden Materials erhalten werden (DD-PS 228636 A1), wobei jedoch keine Einbeziehung dieser Größen in eine optimale Steuerung zur Gestaltung von Aufschmelzprozessen im Keilspalt erfolgt.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein energiesparendes Verfahren unter Nutzung einer keilförmigen Vorrichtung zum Aufschmelzen, Homogenisieren, Entgasen und Ausformen von Polymerpulver oder -granulat zu Folien und deren Weiterverarbeitung und -veredelung auf Kalandern bei optimalen Verarbeitungsparametern.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit dessen Hilfe die direkte Verarbeitung von Polymerpulver bzw. -granulat in Walzenspalten unter Zuhilfenahme einer keilförmigen Vorrichtung mit dem Ziel der Herstellung einer unendlichen Polymerfolie realisiert werden kann.

Erfindungsgemäß läßt sich das Verfahren wie folgt charakterisieren. In den Spalt zwischen zwei rotierende Walzen eines Walzwerkes bzw. Kalenders wird eine keilförmige Vorrichtung eingeführt, welche an ihrer am tiefsten in den Walzenspalt eingeführten Stelle mit einer steuerbaren Mikrowalze zur Durchsatzregulierung und Drucksteigerung gekoppelt ist. Das Pulver oder Granulat wird in Walzrichtung in den Spalt eingeführt und beginnt durch Wärmeübertragung von der Walze her in Richtung Keil sowie durch mechanische Energiezuführung infolge innerer Reibung aufzuschmelzen. Durch Vibration des Keiles orthogonal zum Spalt entsteht einerseits ein Nachrutschen der Partikel bei Keilrückwärtsbewegung, andererseits ein Verdichten der Partikel und damit verbesserter Wärmeübergang bei Vorwärtsbewegung des Keiles in Richtung Walze. Die Mikrowalze dient der Regulierung der Verweilzeit des polymeren Materials im Keilspalt, indem durch Drehung in Strömungsrichtung, Stillstand oder Drehung entgegen der Materialströmung ein Unter- bzw. Gegendruck zu der den Keilspalt verlassenden Schmelze aufgebaut wird, womit ein vollständiges Aufschmelzen im Keilspalt realisierbar ist. Schüttgut, bestehend aus Pulver oder Granulat, hat im Vergleich zur aufgeschmolzenen Schmelze einen anderen Druck- und Temperaturverlauf über die Zeit der Scherung. Deshalb kann der Aufschmelzgrad und die Lage der Grenze zwischen Granulat/Pulver und Schmelze durch Messung

- der Kraft, welche auf den drehbar gelagerten Keil wirkt bzw. das entsprechende Drehmoment des Keiles, und/oder
- den örtlichen Druck bzw. die Temperatur an einer definierten Stelle kurz vor dem minimalen Abstand zwischen Keil und Walze und/oder

c) des Drehmomentenverlaufes an der Walze in Kopplung mit der Temperatur im Keilspalt bestimmt werden.

Dabei zeigt eine Verkleinerung der Kraft  $F$  und des Druckes  $P$  sowie ein kleines Walzendrehmoment  $M$  bei größerer Temperatur einen größeren Schmelzeanteil an. Die Kraft  $F$  und das Drehmoment  $M$  in Verbindung mit der Temperatur  $T$  können als kontinuierliches Verfahren zur Bestimmung des Aufschmelzgrades genutzt werden. Die örtliche Druck- bzw. Temperaturmessung gibt im Falle eines diskreten Druck- bzw. Temperatursprunges den Wechsel der Granulat- und Schmelzzone an. Die optimale Grenze zwischen Granulat- und Schmelzzone und damit auch der notwendige Einbau der Temperatur- bzw. Druckmeßstellen liegt zwischen 5 und 10% der Gesamtlänge des gefüllten Keilspaltes vor dem minimalen Abstand zwischen Keil und Walze.

Unter der Keiloberfläche eingebaut und über ein Heiz- bzw. Kühlmedium bzw. elektrisch betriebene Temperierzonen gestatten die keilsitige Temperaturregelung und örtlich differenzierte Verbesserung des Aufschmelzprozesses. Die dem minimalen Walzenabstand zwischen Keil und Walze nachgelagerte Mikrowalze reguliert durch Stillstand, Rückwärts- oder Vorwärtsdrehung entsprechend den eingehenden Steuersignalen aus Druck-, Temperatur- oder Anpreßkraftmessung den Gegendruck im Keilspalt und damit den Durchsatz an homogenisiertem aufgeschmolzenem folienförmigem Material. In den nachgelagerten Walzenspalten eines Kalenders erfolgt dann die endgültige Ausformung der vorgeformten Folie.

### Ausführungsbeispiel

Als Grundlage zur Dimensionierung des Keilspaltes bzw. zur Festlegung der technologischen Parameter dient folgender Sachverhalt: das Polymer muß bis zum Ende des Keilspaltes in einer Schichtdicke, die gleich oder größer der Endhöhe des Keilspaltes (minimaler Abstand zwischen Keil und Walze) ist, aufgeschmolzen sein.

Dazu wird die aufgeschmolzene Schichtdicke  $b_0$  bei gegebener Aufschmelzlänge, gegebener Umfangsgeschwindigkeit, gegebener Temperatur der Walzenoberfläche und bekannter Eintrittstemperatur des Polymeren am Spaltanfang berechnet.

Walzenradius	$R = 0,2 \text{ m}$
Aufschmelzlänge	$L = 0,1 \text{ m}$
Umfangsgeschwindigkeit	$V_0 = 0,628 \text{ m/s}$
Temperatur der Walzenoberfläche	$T_w = 168^\circ\text{C}$
Eintrittstemperatur	$T_0 = 25^\circ\text{C}$
Dichte der Schmelze	$\rho = 776 \text{ kg/m}^3$
spezifische Wärmekapazität	$c_p = 2200 \text{ J/kg K}$
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda = 0,212 \text{ J/m} \cdot \text{s} \cdot \text{K}$
Schmelzwärme	$C = 2300 \text{ J/kg}$
Schmelztemperatur	$T = 127^\circ\text{C}$
Viskosität, mittlere	$\eta = 380 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

Die aufgeschmolzene Schichtdicke wird nach folgender Formel berechnet (siehe Tadmor, Z.: Principles of Polymer Processing, New York, 1979):

$$b_0 = \left( \frac{\lambda(T_w - T_m)L}{C^* \rho V_0} \right)^{1/2}$$

wobei

$$C^* = C + c_p(T_m - T_{s0})$$

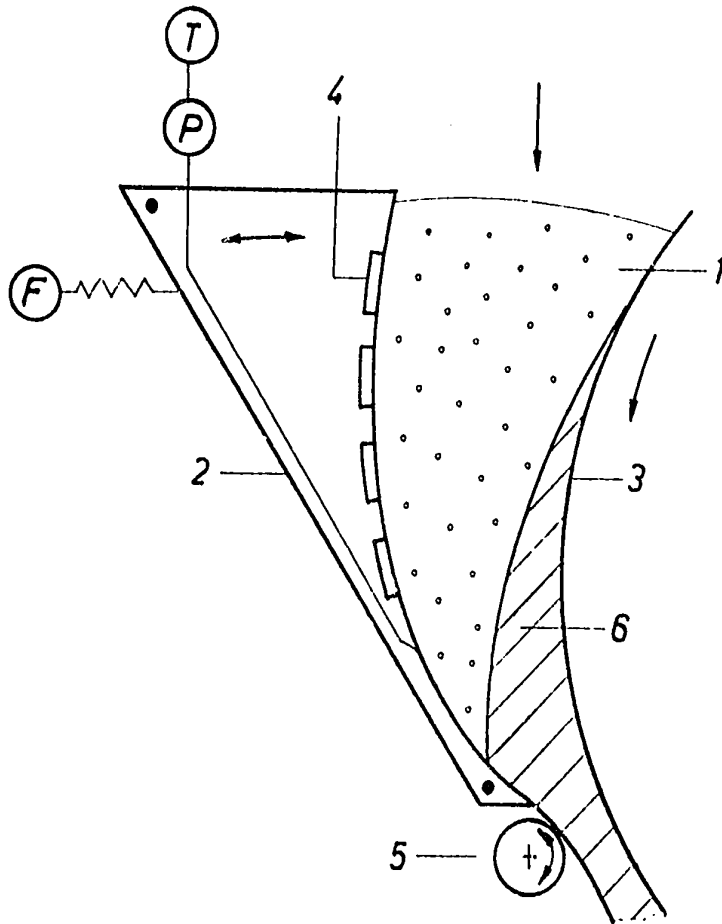
Unter Berücksichtigung der Dissipation als Aufschmelzemechanismus wird über die Brinkmann-Zahl

$$Br = \frac{\eta V_o^2}{\lambda (T_o - T_m)}$$

eine maximal aufgeschmolzene Schichtdicke berechnet:

$$b_{max} = j_o \sqrt{(4 + 2Br)}$$

Somit ergibt sich für die oben aufgeführten Parameter am Ende des Keilspaltes eine aufgeschmolzene Schichtdicke von 0,54 mm.



(M)  
+