



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTCHRIFT 147 521

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11)	147 521	(44)	08.04.81	3(51)	B 29 D 7/06
(21)	WP B 29 D / 217 196	(22)	28.11.79		

(71) siehe (72)
(72) Breier, Joachim, Dr.rer.nat. Dipl.-Phys.; Kathe, Herbert, Dr.rer.nat. Dipl.-Ing.; Marx, Dieter, Dipl.-Ing.; Dorsch, Hans-Thomas, Dr.rer.nat., DD
(73) siehe (72)
(74) Monika Dittrich, VEB Orbitaplast, Abt. BfN, 4371 Weißandt-Gölzau, Leninstraße

(54) Verfahren zur Steuerung von Extrusionsanlagen, vorzugsweise für Blasfolienanlagen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung von Extrusionsanlagen, vorzugsweise für Blasfolienanlagen mit Außen- oder kombinierten Außen-Innen-Luftkühlsystemen. Ihr liegt das Ziel zugrunde, eine geforderte Extrudatqualität unter veränderlichen Rohstoffeigenschaften zu garantieren. Dazu wird ein globales Charakteristikum für wesentliche physikalische Eigenschaften des Extrudats verwendet, in das variable Rohstoffqualitäten eingehen. Als globales Charakteristikum wird das Erstarrungsverhalten des Extrudats, insbesondere der Abstand Erstarrungsbereich-Formwerkzeug, Extrudatoberflächentemperatur nach dem Erstarren oder eine davon abhängige Meßgröße verwendet. Aus den Prozeßdaten sowie einer anfangs durch Voruntersuchungen vorherbestimmten und während des laufenden Verfahrens iterativ ermittelten Rohstoffqualität wird eine den gestellten Anforderungen bezüglich physikalischer Rohstoffeigenschaften entsprechende globale Qualitätskenngröße mit einer aus den gleichen Prozeßdaten ermittelten oberen Grenze für diese Qualitätskenngröße verglichen, gegebenenfalls neue Einstellparameter insbesondere bezüglich der Schneckendrehzahl berechnet und beim Heraus-treten des Istwertes der Qualitätskenngröße aus einem Toleranzbereich eine Änderung der Klassenzahl des Rohstoffs vorgenommen. Diese Rohstoffklassenzahl definiert Merkmalsklassen des Rohstoffs. Das Verfahren wird zweckmäßigerweise so gestaltet, daß ein die Dynamik des Extrusionsprozesses berücksichtigender, zeitquantisierter Abfragezyklus und eine gleitende Mittelwertbildung der so erhaltenen Werte erfolgt. Die Erfindung läßt sich einsetzen bei sämtlichen Extrusionsverfahren, sofern die Rohstoffqualität erfindungsgemäß indirekt gemessen werden kann.

Verfahren zur Steuerung von Extrusionsanlagen, vorzugsweise für Blasfolienanlagen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung von Extrusionsanlagen, vorzugsweise für Blasfolienanlagen mit Außen- oder kombinierten Außen-Innenluftkühlsystemen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die bekannten Verfahren zur Steuerung von Extrusionsanlagen beschränken sich auf die Regelung der geometrischen Abmessungen des Extrudats (DE - AS - 2721609 vom 9. 11. 1978) sowie die Regelung der Schmelzqualität über viskositätsabhängige Parameter (Autorenkollektiv: Rechnergesteuerte Extrusion? VDI-Verlag, Düsseldorf 1976). Damit ist im allgemeinen eine qualitätsgerechte Produktion möglich, sofern sich Rohstoffeigenschaften mit den daraus folgenden Heiz- und Kühlbedingungen nicht wesentlich ändern. Mit den bisher üblichen Verfahren zur Steuerung von Extrusionsanlagen können wichtige Qualitätsmerkmale, z. B. Zugfestigkeit längs und quer, Reißdehnung längs und quer, Blockverhalten, Gleitverhalten und Trübung der Blasfolie, nicht fortlaufend direkt oder indirekt gemessen werden (Messen-Steuern-Regeln in der Kunststoffverarbeitung, Plastverarbeiter 28 (1977), S. 1-8, 81-86, 137-142).

Verfahren zur Extrudersteuerung bei Einhaltung der geforderten Extrudatqualität unter veränderlichen Rohstoffeigenschaften ohne zusätzliche manuelle Eingriffe sind bisher nicht bekannt.

Ziel der Erfindung

Der Erfindung liegt das Ziel zugrunde, eine geforderte Extrudatqualität unter veränderlichen Rohstoffeigenschaften zu garantieren.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Technische Aufgabe, die durch die Erfindung gelöst wird

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Steuerung einer Extrusionsanlage mittels eines Verfahrens selbsttätig mit hinreichender Genauigkeit zu gewährleisten, das neben den geometrischen Abmessungen des Extrudats ein globales Charakteristikum für wesentliche physikalische Eigenschaften des Extrudats verwendet und die variable Rohstoffqualität berücksichtigt.

Merkmale der Erfindung

Das wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß als globales Charakteristikum Q für wesentliche physikalische Eigenschaften des Extrudats insbesondere

- der Abstand Formwerkzeug - Erstarrungsbereich (Zone des Übergangs vom amorphen in den teilkristallinen Zustand),
- die Extrudatoberflächentemperatur vorzugsweise nach dem Erstarren des Extrudats oder
- eine davon abhängige Meßgröße

verwendet werden können. Erfindungsgemäß muß die globale Qualitätskenngröße Q des Extrudats zum einen aus Prozeßdaten mittels einer Modellgleichung berechenbar, zum anderen fortlaufend meßbar sein. Die geforderte Extrudatqualität wird durch ein Gebiet von Q umrissen, dessen obere Grenze über eine weitere Modellgleichung aus Prozeßdaten berechenbar ist.

Erfindungsgemäß wird die in den Extrusionsprozeß und damit in beide Modellgleichungen eingehende Rohstoffqualität durch eine Merkmalsklassen des Rohstoffes definierende Zahlengröße, die Klassenzahl x , charakterisiert, die durch technologische Untersuchungen bestimmbar ist.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird für den Anfahr- und Umstellprozeß sowie den Normalbetrieb der Extrusionsanlage der Sollwert (Optimalwert) der Schneckendrehzahl des Extruders aus vorliegenden Prozeßdaten bestimmt. Diese Berechnung erfolgt nach Gleichsetzen der die Extruder-Schneckendrehzahl enthaltenden Modellgleichung für die Größe Q mit der Modellgleichung für ihre obere Grenze.

In der Anfahr- und Umstellphase der vorliegenden Extrusionsanlage werden entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren in Verbindung mit dem Sollwert der Schneckendrehzahl des Extruders die Werte der weiteren Einstellparameter wie des Extruder-Temperaturprofils, der Abzugsgeschwindigkeit, der Kühlung aus einer Anfangsinformation bezüglich Rohstoffqualität (Klassenzahl), Extrudatsorte und Werkzeuggeometrie selbsttätig bestimmt und über bekannte Stellglieder realisiert. Die Werte dieser weiteren Einstellparameter der Extrusionsanlage werden aus den Prozeßdaten mittels Prozeßgleichungen berechnet, können auch teilweise (wie bei dem Temperaturprofil) aus einem Datenspeicher abgefragt werden.

In der normalen Betriebsphase der Extrusionsanlage wird außer einer Regelung der geometrischen Abmessungen des Extrudats nach dem erfindungsgemäßen Verfahren die globale Qualitätskenngröße des Extrudats unter Berücksichtigung der Dynamik des Extrusionsprozesses meßtechnisch erfaßt und automatisch auf das Verbleiben des Istwertes in einem, die Klassenbreite des Rohstoffes berücksichtigenden Toleranzbereich überprüft. Beim Heraustrreten des Istwertes aus diesem Bereich wird die Klassenzahl des Rohstoffes in geeigneter Weise verändert, und es werden neue Sollwerte für die Einstellparameter der Extrusionsanlage (Temperaturprofil, Schneckendrehzahl, Kühlung) bestimmt und eingestellt.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt die Möglichkeit manueller Eingriffe bei Instabilität des Prozesses zu.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert werden.

Das Verfahren zur Steuerung von Anlagen für die Blasfolienherstellung beruht auf der Erkenntnis, daß insbesondere

- die Höhe der Einfrierzone,
- die Folienoberflächentemperatur nach Abschluß des Einfrier-
vorganges,
- eine davon abhängige Meßgröße,

fortlaufend meßbare, globale Charakteristika für die Zugfestigkeit, die Reißdehnung, das Blockverhalten, das Gleitverhalten und die Trübung darstellen.

Das erfindungsgemäße Verfahren setzt eine aus einer Prozeßanalyse gewonnene Modellgleichung der vorliegenden Extrusionsanlage zwischen der Größe Q und der Schneckendrehzahl des Extruders, seinem Temperaturprofil, dem Kühlluftdurchsatz innen und/oder außen, der Abzugsgeschwindigkeit, dem Aufblasverhältnis und der Rohstoffqualität voraus. Der Einfluß von Lufttemperatur und Luftbewegung im Raum auf Q bleibt im Modellansatz unberücksichtigt, da durch klimatechnische Maßnahmen die Schwankungsbreite dieser Größen klein gehalten werden kann.

Die Rohstoffqualität wird durch eine Zahlengröße charakterisiert, die Merkmalsklassen des Rohstoffes definiert. Diese Klassenzahl x wird durch technologische Untersuchungen bestimmt: Schmelzindex und Dichte werden ermittelt und in Gruppen eingeordnet, denen Temperaturprogramme in Abhängigkeit von Extrusionsanlage und Foliensorte zugeordnet sind. Mittels eines Testextruders und Qualitätsuntersuchungen der Folie läßt sich diese Zuordnung überprüfen und gegebenenfalls korrigieren.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Extrudersteuerung erfordert weiter die Einstellung der Schneckendrehzahl nach Lösung der Gleichung

$$Q - Q_{G0} = 0 \quad (1)$$

bei den vorliegenden Werten des Extruder-Temperaturprofils, des Kühlluftdurchsatzes innen und/oder außen, der Abzugsgeschwindigkeit, des Aufblasverhältnisses und der Rohstoffqualität. Q_{Go} stellt die obere Grenze der Qualitätskenngröße Q dar, die aus einem durch die zulässigen Toleranzen der Folienmerkmale bestimmten Qualitätsgebiet von Q resultiert. Q_{Go} ist eine aus der Prozeßanalyse ermittelte, auf einen bestimmten Folientyp zugeschnittene Funktion der Rohstoffqualität, des Aufblasverhältnisses und der Foliendicke.

Der Gleichungsansatz (1) reduziert sich bei vorgegebener Extrusionsanlage unter Berücksichtigung des Ringspaltdurchmessers für die Schmelze im Formwerkzeug sowie des geforderten Folientyps, der Folienbreite und -dicke auf wenige Größen: So kann man das Temperaturprofil des Extruders durch die Rohstoffqualität, die Abzugsgeschwindigkeit durch die Schneckendrehzahl und den Kühlluftdurchsatz durch die Schneckendrehzahl und die Rohstoffqualität auf Grund weiterer Modellgleichungen ausdrücken. Das Aufblasverhältnis liegt bei gegebenem Ringspaltdurchmesser im Formwerkzeug und gewünschter Folienbreite fest.

Die erfindungsgemäße Bestimmung der optimalen Schneckendrehzahl des Extruders wird

- in der Anfahr- und Umstellphase des technologischen Prozesses,
- in der normalen Betriebsphase

verbunden mit den bekannten Steuerungsaufgaben (Einstellung des Extruder-Temperaturprofils, des gesamten Kühlluftdurchsatzes, der Folienblasen-Innenluftmenge, der Abzugsgeschwindigkeit, der Kalibrierkorbhöhe und des Kalibrierkorbdurchmessers bei Systemen mit Außen/Innenluftkühlung, der Regelung von Folienbreite und -dicke, der Anpassung eines Kalibrierkorbes an die Frostlinie) wirksam:

In der Anfahr- und Umstellphase werden als Anfangsinformation für die vorgesehene Extrusionsanlage die Klassenzahl des Rohstoffes, der gewünschte Folientyp, die Folienbreite und -dicke sowie der Ringspaltdurchmesser für die Schmelze im Formwerk-

zeug vorgegeben. Selbsttätig werden daraus die Sollwerte zur Einstellung des Extruder-Temperaturprofils und der Extruder-Schneckendrehzahl bestimmt und realisiert. Danach erfolgt die Ermittlung und Einstellung weiterer Steuerparameter des Prozesses: Anfahrbzw. Betriebsabzugsgeschwindigkeit, gesamter Kühlluftdurchsatz, Kalibrierkorbhöhe und -durchmesser bei Systemen mit Außen/Innenluftkühlung. Die Schneckendrehzahl wird mit Hilfe der Gleichung (1) berechnet. Zweckmäßigerweise werden das Extruder-Temperaturprofil und die Anfahrabzugsgeschwindigkeit aus einem Datenspeicher abgefragt, werden die weiteren Steuerparameter mit Hilfe von Modellgleichungen aus den Prozeßdaten berechnet. Beim Anfahren werden nach Austritt der Schmelze aus dem Werkzeugringsspalt manuell der Antriebsmotor der Abzugswalzen und das Kühlluftgebläse eingeschaltet, das Material in die Nachfolgeeinrichtung des Extruders gezogen und der Folienschlauch aufgeblasen. Weiterhin wird die Abzugsgeschwindigkeit erhöht. Das Anfahren ist beendet, wenn sich das Aufblasverhältnis (bzw. die Folienbreite) und die Foliendicke ihrem Nennwert genähert haben. Beim Umstellen der Produktion erfolgt die Einstellung der Kühlluftmenge bei Verstellung des Extruder-Temperaturprofils und der Schneckendrehzahl in Abhängigkeit von der Prozeßdynamik.

In der normalen Betriebsphase erfolgt, verknüpft mit einer Verbundregelung für die Folienbreite und -dicke, eine meßtechnische Abfrage der Qualitätskenngröße Q als Regelgröße. Aus der Modellgleichung für Q_{G0} wird unter Nutzung der o. g. Anfangsinformation ein Toleranzbereich ΔQ durch die Beziehungen

$$Q_1 = Q_{G0} + c [Q] \quad (2a)$$

$$\text{und } Q_2 = Q_{G0} - c [Q] \quad (2b)$$

berechnet, wobei c ein aus der Klassenbreite des Rohstoffes resultierender positiver Einstellwert (Bereichsfaktor) und $[Q]$ die physikalische Einheit von Q ist. Durch automatischen Vergleich des Istwertes von Q (s.u.) mit Q_1 und Q_2 wird festgestellt, ob Q diesen Toleranzbereich verletzt. Gegebenenfalls erfolgt eine Änderung der Klassenzahl x um eine Einheit. Da-

raufhin werden neue Sollwerte für das Extruder-Temperaturprofil und die Schneckendrehzahl aus dem Datenspeicher entnommen bzw. aus der Gleichung (1) berechnet und realisiert. Die Dynamik des Extrusionsvorganges wird berücksichtigt, indem die Abfrage von Q zeitquantisiert erfolgt, und zwar als über eine festgelegte Zeitspanne unter Zugrundelegung eines Gewichtungsfaktors gleitend gemittelter Wert. In Abhängigkeit von dieser Dynamik wird der gesamte Kühlluftdurchsatz gemäß den neuen Bedingungen geändert.

Im Fall von Instabilität des Prozesses bleibt die Möglichkeit des manuellen Eingriffs über den Kühlluftdurchsatz und die Abzugsgeschwindigkeit offen.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Steuerung von Extrusionsanlagen, vorzugsweise für Blasfolien, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung einer optimalen Schneckendrehzahl sich aus einem Vergleich einer aus Prozeßdaten einschließlich der durch technologische Untersuchungen bestimmten Rohstoffqualität berechneten globalen Qualitätskenngröße für physikalische Eigenschaften des Extrudats mit einer aus dem gleichen Prozeß folgenden oberen Grenze für diese Qualitätskenngröße ergibt und daß in der Anfahr- und Umstellphase die Einstellparameter der gesamten Extrusionsanlage, insbesondere der optimale Wert der Extruder-Schneckendrehzahl, aus einer Anfangsinformation bezüglich Rohstoffqualität (Klassenzahl), Extrudatsorte und Werkzeuggeometrie bestimmt und realisiert werden und daß in der normalen Betriebsphase der Extrusionsanlage eine meßtechnische Abfrage einer globalen Qualitätskenngröße des Extrudats erfolgt und beim Heraustreten des Istwertes der Qualitätskenngröße aus einem zugeordneten Toleranzbereich eine Änderung der Klassenzahl des Rohstoffes verbunden mit einer Neueinstellung der Extrusionsanlage vorgenommen wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohstoffqualität durch eine Zahlengröße charakterisiert wird, die Merkmalsklassen des Rohstoffes definiert.
3. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß als globale Qualitätskenngröße für physikalische Eigenschaften des Extrudats das Erstarrungsverhalten des geformten Extrudats, insbesondere der Abstand Formwerkzeug - Erstarrungsbereich, die Extrudatoberflächentemperatur vorzugsweise nach dem Erstarren des Extrudats oder eine davon abhängige Meßgröße verwendet werden.
4. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine die Dynamik des Extrusionsprozesses berücksichtigende, zeitquantisierte Abfrage einer globalen Qualitätskenngröße des Extrudats erfolgt, vorzugsweise als über eine festgelegte Zeitspanne unter Verwendung eines Gewichtungsfaktors gleitend gemittelter Wert.