

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 23/2021
(22) Anmeldetag: 01.02.2021
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2022

(51) Int. Cl.: **B29C 48/92** (2019.01)
B29C 45/76 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP H05309721 A
EP 0399859 A1
EP 1020279 A1

(73) Patentinhaber:
Pro2Future GmbH
4040 Linz (AT)

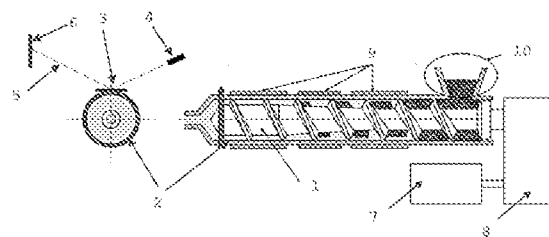
(72) Erfinder:
Brillinger Markus Dipl.-Ing. Dr.
8020 Graz (AT)
Löw-Baselli Bernhard Mag.
4320 Perg (AT)
Precht Maximilian Dipl.-Ing.
4484 Kronstorf (AT)
Roland Wolfgang Dr.
4113 St. Martin im Mühlkreis (AT)

(74) Vertreter:
Peham Alois Dipl.-Ing.
1210 Wien (AT)

(54) Verfahren zur Bestimmung der mechanisch eingebrachten Leistung in Extrudern

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der mechanisch eingebrachten Leistung in einem Extruder, welcher eine angetriebene Extruderschnecke (1) und einen dieselbe umgebenden Zylindermantel (2) umfasst, wobei zumindest ein an einem Messpunkt an der Außenseite des Zylindermantels (2) angebrachtes Reflexionselement (3) mittels Laserelement (4) angestrahlt wird und aus dem reflektierten Laserstrahl (5) die Verdrehung des Zylindermantels (2) am Messpunkt bestimmt und daraus die in das Extrudat eingebrachte Leistung ermittelt wird.

Der Verlauf der durch die Reibung eingebrachten Leistung über die Schneckenlänge ist eine wichtige Prozessgröße für die Optimierung des Extrusionsprozesses und der Anlagen.



Beschreibung

VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER MECHANISCH EINGEBRACHTEN LEISTUNG IN EXTRUDERN.

BESCHREIBUNG / DESCRIPTION

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der mechanisch eingebrachten Leistung in Extrudern.

[0002] Mit Extrudern werden feste bis zähflüssige Massen (Extrudate) unter Druck kontinuierlich durch eine formgebende Öffnung gepresst. Dabei entstehen Körper mit dem Querschnitt der Öffnung in theoretisch beliebiger Länge.

[0003] Bei Schneckenextrudern wird der Druck mittels einer Extruderschnecke erzeugt. Sie ist von einem Zylinder ummantelt, an dessen vorderem Ende sich die formgebende Auslassöffnung (Werkzeug) befindet. Am gegenüberliegenden, hinteren Ende des Zylinders befindet sich der Antrieb, in den meisten Fällen ein Elektromotor mit Getriebeeinheit, der für die Rotation der Schnecke sorgt.

[0004] Die zu verarbeitenden Materialien werden der Schnecke meist kontinuierlich über einen Trichter von oben zugeführt.

[0005] Die Extruderschnecke bzw. -schnecken hat/haben verschiedenste Aufgaben, welche sich je nach Anwendungsgebiet unterscheiden können. Zu diesen Aufgaben gehören, das zu extrudierende Material zu fördern, zu plastifizieren bzw. aufzuschmelzen, zu homogenisieren und dieses durch eine Düse zu pumpen. Design und Anzahl der Extruderschnecken können somit je nach Anforderungen stark variieren.

[0006] Physikalisch betrachtet, werden Förderung und Druckaufbau durch die Reibung der mit der Schnecke rotierenden Masse an der stehenden Gehäusewand (Zylinder) bewirkt - man spricht in diesem Zusammenhang von Friktionsförderung. Die so in der Rotation zurückbleibende Masse wird von den wendelförmigen Schneckengängen zur Auslassdüse geschoben.

[0007] Der Verlauf der durch die Reibung eingebrachten Leistung über die Schneckenlänge ist eine wichtige Prozessgröße und bietet Antworten auf viele Detailfragen beispielsweise zu den Themen Schneckendesign, Prozesseinstellung, -regelung, Energiemanagement, Qualitäts- und Wartungsmanagement.

[0008] Dieser Verlauf der mechanischen Leistung könnte grundsätzlich durch geeignete Sensorik in der Schnecke gemessen werden, was allerdings sehr aufwändig ist.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem der Verlauf der mechanischen Leistung bestimmt werden kann.

[0010] Erfindungsgemäß geschieht dies mit einem Verfahren zur Bestimmung der axialen Leistungsverteilung in einem Extruder, welcher eine angetriebene Extruderschnecke und einen dieselbe umgebenden Zylindermantel umfasst, wobei zumindest ein an einem Messpunkt an der Außenseite des Zylindermantels angebrachtes Reflexionselement mittels Laserelement angestrahlt wird und aus dem reflektierten Laserstrahl die Verdrehung des Zylindermantels am Messpunkt bestimmt und daraus die in das Extrudat eingebrachte Leistung ermittelt wird.

[0011] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass das, mittels der Schnecke in den Extruder eingebrachte Drehmoment, über die auftretenden Reibungskräfte an der Gehäusewand zu einer geringfügigen Verdrehung des Zylindermantels führt.

[0012] Der Verlauf der mechanischen Leistung könnte grundsätzlich durch geeignete Sensorik, wie beispielsweise Dehnmessstreifen auch an der Schnecke gemessen werden, was allerdings in der Praxis einige Probleme mit sich bringt. Bringt man einen Dehnmessstreifen außen an der Schnecke an, so ist dieser sehr großen Drücken und Temperaturen, sowie starken abrasiven

Kräften ausgesetzt. Zusätzlich stellt das Abgreifen des Messsignals hier ein großes Problem dar. Eine theoretische Alternative ist das Verwenden einer Hohlschnecke und das Anbringen von Dehnmessstreifen auf der Innenseite. Bei Verwendung einer Hohlschnecke verringert sich allerdings die Festigkeit der Schnecke, sodass für viele gängige Schneckenbaugrößen die Festigkeit nicht mehr ausreicht um das erforderliche Drehmoment zu übertragen. Des Weiteren ist das Anbringen der Dehnmessstreifen auf der Innenseite auf Grund der limitierten Platzverhältnisse äußerst schwierig.

[0013] Auf Grund des Momentengleichgewichtes muss das Drehmoment welches über die Schneckenrotation eingebracht wird, durch den umgebenden Zylinder abgestützt werden. In den meisten Fällen ist der Zylinder am Austrittsende des Extrudats rotatorisch nicht abgestützt, sondern nur am Getriebe/Motor fix angeflanscht. Das heißt der Drehmomentenverlauf über die axiale Länge des Zylinders ist ident mit dem Drehmomentenverlauf über die axiale Länge der Schnecke. Eine Messung mittels DMS am Zylinder ist aber auf Grund der sehr hohen Verdrehsteifigkeit des Zylinders technisch nicht realisierbar.

[0014] Erfindungsgemäß wird daher die Verdrehung unter Zuhilfenahme eines Laserstrahls ermittelt. Durch geeignete Bestrahlung eines an einem Messpunkt an der Außenseite des Zylindermantels angebrachtes Reflexionselementes und Projektion des reflektierten Laserstrahls auf eine Fläche, kann auf dieser Projektionsfläche der Abstand der Position des Laserstrahls von einer 0-Position gemessen und damit das Ausmaß der Verdrehung präzise und zuverlässig bestimmt werden. Diese Verdrehung ist ein indirektes Maß für das Drehmoment, welches aufgrund der im Inneren des Zylindermantels auftretenden Reibungskräfte an der Position des Messpunktes auftritt.

[0015] Wenn mehrere Messpunkte über die Länge des Zylindermantels verteilt sind kann in vorteilhafter Weise aus den ermittelten Werten ein Verlauf des Drehmomentes, sowie der in das Extrudat eingebrachten Leistung über die Länge des Extruders ermittelt wird.

[0016] Die Ablenkung des Laserstrahles und damit die Messgenauigkeit kann in vorteilhafter Weise erhöht werden, wenn in den Verlauf zwischen Messpunkt und Projektionsfläche mehrere Reflexionselemente eingefügt sind.

[0017] Günstig ist es weiterhin, wenn als Projektionsfläche ein digitaler Bildsensor vorgesehen ist und wenn die Position des Laserstrahles mit Mitteln der digitalen Bildverarbeitung bestimmt wird.

[0018] Die Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert.

[0019] Es zeigen beispielhaft:

[0020] Fig. 1 schematisch den Aufbau eines Extruders mit der erfindungsgemäßen Messvorrichtung.

[0021] Fig. 2 eine schematische Darstellung der geometrischen Zusammenhänge zwischen der Verdrehung des Zylindermantels und der Position des Laserstrahls.

[0022] Der Extruder nach Figur 1 umfasst eine Extruderschnecke 1, die von einem Motor 7 über eine Getriebeeinheit 8 in Rotation versetzt wird. Sie ist von einem Zylindermantel 2 umgeben, an dessen vorderem Ende sich die formgebende Auslassöffnung (Werkzeug) befindet. Am hinteren Ende befindet sich ein Einfülltrichter 10.

[0023] Erfindungsgemäß sind auf dem Zylindermantel 2 ein oder mehrere Spiegel als Reflexionselemente 3 starr angebracht, die von einem Laserstrahl 5 in einem bestimmten Winkel angestrahlt werden. Der reflektierte Laserstrahl 5 trifft in weiterer Folge auf eine Projektionsfläche 6 auf. Auf dieser Projektionsfläche kann die Abweichung des Laserstrahls 5 von einer 0-Position - d.h. der Position ohne Verdrehung des Zylindermantels 2 gemessen und damit das Ausmaß der Verdrehung präzise und zuverlässig bestimmt werden.

[0024] Durch diese Anordnung wird der Betrag der Verdrehung des Zylindermantels 2 durch drei Faktoren verstärkt. Es sind dies die Projektionslänge R_{proj} , der Einfallswinkel des Laserstrahls 5

auf die Projektionsfläche β und die Verdoppelung der Verdrehung durch das Reflexionsgesetz.

[0025] Eine weitere Verstärkung des Betrages der Abweichung des Laserstrahls 5 kann erfolgen, indem in den Verlauf des Laserstrahls 5 zwischen Messpunkt und Projektionsfläche 6 mehrere Reflexionselemente 3 eingefügt werden.

[0026] Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Verschiebung des Laserstrahls 5 zu 5', welche durch eine Verdrehung des Zylindermantels 2 bewirkt wird.

[0027] Der Winkel der Verdrehung des Zylindermantels 2 kann an einer Position, bestimmt durch die Laufvariable z (axiale Position des Zylindermantels), wie folgt berechnet werden:

$$\theta(z) = \frac{1}{2} \cdot \arctan\left(\frac{\Delta h(z) \cdot \cos(\beta)}{R_{proj} + \Delta h(z) \cdot \sin(\beta)}\right)$$

[0028] Mit $\theta(z)$... Verdrehwinkel

Δh ... Änderung der Laserstrahlablenkung gemessen an der Projektionsebene.

β ... Einfallswinkel des Laserstrahls auf eine Projektionsebene

R_{proj} ... Projektionslänge

[0029] Die so ermittelte Verdrehung des Zylindermantels 2 am Messpunkt ist ein Maß für das dort anliegende Drehmoment gemäß

$$T(z) = G \cdot I_p \cdot \varphi(z) \quad \text{und} \quad \varphi(z) = \frac{\partial \theta(z)}{\partial z}$$

[0030] Mit $T(z)$... Drehmoment

G ... Schubmodul

I_p ... polares Widerstandsmoment

$\varphi(z)$... Verdrillung

$\theta(z)$... Verdrehung

[0031] Ein axialer Drehmomentenverlauf über die gesamte Länge des Extruders kann durch Messung und Auswertung an mehreren, über die Länge verteilten Messpunkten und Interpolation für die dazwischen liegenden Bereiche ermittelt werden.

[0032] Aus dem Drehmomentverlauf wird dann der Verlauf der durch Reibung in das Extrudat eingebrachten Leistung bestimmt, gemäß:

$$\frac{\partial P_M}{\partial z} = - \frac{\partial T_s}{\partial z} \cdot \omega$$

[0033] Mit P_M ... Leistung im Material

T_s ... Drehmoment der Schnecke

ω ... Schneckendrehzahl

[0034] Dieser Verlauf, der, durch die Reibung in das Extrudat, eingebrachten Leistung über die Schneckenlänge, ist eine wichtige Kenngröße für die Optimierung des Extrusionsprozesses und der Anlagen.

[0035] Als Projektionsfläche 6 kann ein digitaler Bildsensor vorgesehen werden, der beispielsweise als sogenannter CCD-Bildsensor ausgeführt sein kann und eine Matrix lichtempfindlicher Fotodioden umfasst. Damit kann die Position des Laserstrahles elektronisch bestimmt und

ausgewertet werden. Für den Bildsensor sind auch andere übliche Technologien wie beispielsweise CMOS-Sensoren in vorteilhafter Weise einsetzbar.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Extruderschnecke
- 2 Zylindermantel
- 3 Reflexionselement
- 4 Laserelement
- 5 Laserstrahl
- 6 Projektionsfläche
- 7 Motor
- 8 Getriebeeinheit
- 9 Heizelement
- 10 Einfülltrichter

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der mechanisch eingebrachten Leistung in einem Extruder, welcher eine angetriebene Extruderschnecke und einen dieselbe umgebenden Zylindermantel umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein an einem Messpunkt an der Außenseite des Zylindermantels angebrachtes Reflexionselement (3) mittels Laserelement (4) angestrahlt wird und aus dem reflektierten Laserstrahl (5) die Verdrehung des Zylindermantels (2) am Messpunkt bestimmt und daraus die in das Extrudat eingebrachte Leistung ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Messpunkte vorgesehen sind und aus den ermittelten Werten ein Verlauf der in das Extrudat eingebrachten Leistung über die Länge des Extruders ermittelt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Reflexionselemente (3) Spiegel vorgesehen sind.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der reflektierte Laserstrahl (5) auf eine Projektionsfläche (6) gerichtet ist und der Abstand der Position des Laserstrahls (5) von einer 0-Position gemessen und damit das Ausmaß der Verdrehung bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Verlauf des Laserstrahles (5) zwischen Messpunkt und Projektionsfläche (6) mehrere Reflexionselemente eingefügt sind.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Projektionsfläche (6) ein digitaler Bildsensor vorgesehen ist und dass die Position des Laserstrahles (5) mit Mitteln der digitalen Bildverarbeitung bestimmt wird.
7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass an einem Zylindermantel (2) eines Extruders zumindest ein Messpunkt vorgesehen ist und dass an dem Messpunkt ein Reflexionselement (3) angebracht ist, dass weiterhin ein Laserelement (4) vorgesehen ist, welches so ausgerichtet ist, dass der emittierte Laserstrahl (5) von dem Reflexionselement (3) reflektiert und auf eine Projektionsfläche (6) gerichtet ist und dass Mittel zur Bestimmung des Abstandes der Position des Laserstrahls (5) auf der Projektionsfläche (6) von einer 0-Position und der daraus sich ergebenden Verdrehung des Zylindermantels (2) und Mittel zur Bestimmung der in das Extrudat eingebrachten Leistung aus der ermittelten Verdrehung vorgesehen sind.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

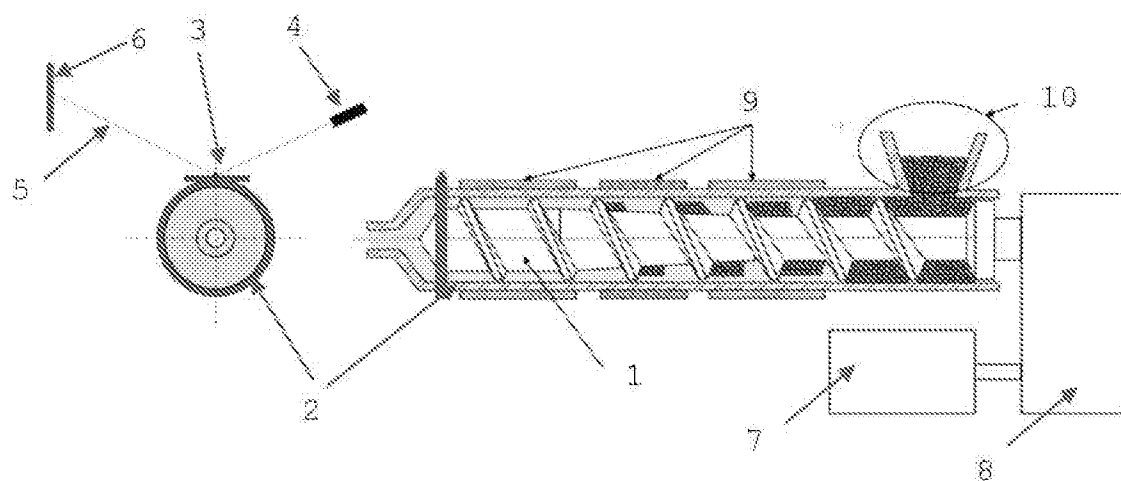


Fig.1

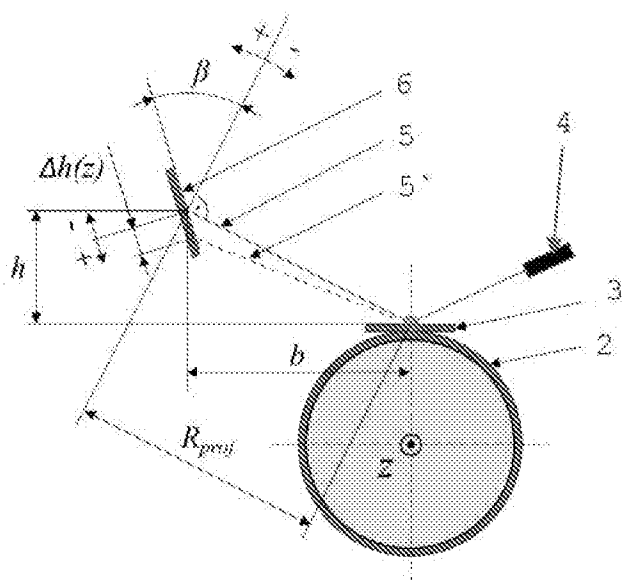


Fig.2