(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2013 108 629 B4** 2017.07.20

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 108 629.2**
(22) Anmeldetag: **09.08.2013**
(43) Offenlegungstag: **12.02.2015**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **20.07.2017**

(51) Int Cl.: ***B29C 47/92*** (2006.01)
B29C 47/40 (2006.01)
B29C 47/08 (2006.01)
B29C 47/96 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
LEISTRITZ EXTRUSIONSTECHNIK GMBH, 90459 Nürnberg, DE

(74) Vertreter:
LINDNER / BLAUMEIER Patent- und Rechtsanwälte Partnerschaftsgesellschaft mbB, 90402 Nürnberg, DE

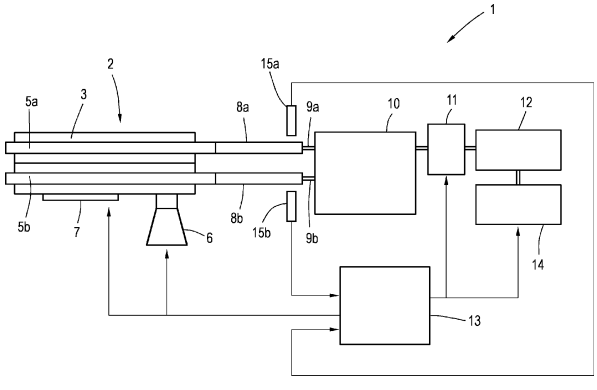
(72) Erfinder:
Rechter, Frank, 90459 Nürnberg, DE; Wolf, Sven, 90522 Oberasbach, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

GB	**723 730**	**A**
EP	**2 065 162**	**A2**
WO	**2004/ 026 559**	**A1**
JP	**H06- 179 212**	**A**
JP	**2002- 113 769**	**A**

(54) Bezeichnung: **Extruder und Verfahren zum Betrieb eines Extruders**

(57) Hauptanspruch: Extruder umfassend ein Arbeitsteil bestehend aus einem Zylinder und wenigstens zwei darin drehbar aufgenommenen Schneckenwellen, ein Getriebe mit wenigstens zwei Abtriebswellen, wobei jede Abtriebswelle mit einer Schneckenwelle über ein Verbindungselement drehfest verbunden ist, einen das Getriebe antreibenden Motor, der mit dem Getriebe über eine Kupplung gekoppelt ist, sowie eine Steuerungseinrichtung, wobei jedem Verbindungselement (8a, 8b) oder jeder Abtriebswelle (9a, 9b) eine separate Messeinrichtung (15a, 15b) zur Ermittlung des anliegenden Drehmoments zugeordnet ist, wobei die Messeinrichtungen (15a, 15b) mit der Steuerungseinrichtung (13) kommunizieren, die in Abhängigkeit der einzelnen ermittelten Drehmomente die als schaltbare Kupplung (11) ausgeführte Kupplung steuert, wobei die Steuerungseinrichtung (13) sowohl zum Öffnen der Kupplung (11) ausgebildet ist, wenn ein ermitteltes Drehmoment einen Drehmomentgrenzwert übersteigt, als auch, wenn der Unterschied zwischen den beiden ermittelten Drehmomenten einen Grenzwert übersteigt, sowie, wenn der Gradient des Anstiegs eines ermittelten Drehmoments einen Gradientengrenzwert übersteigt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Extruder, umfassend ein Arbeitsteil bestehend aus einem Zylinder und wenigstens zwei darin drehbar aufgenommenen Schneckenwellen, ein Getriebe mit wenigstens zwei Abtriebswellen, wobei jede Abtriebswelle mit einer Schneckenwelle über ein Verbindungselement drehfest verbunden ist, einen das Getriebe antreibenden Motor, der mit dem Getriebe über eine Kupplung gekoppelt ist, sowie eine Steuerungseinrichtung.

[0002] Derartige Extruder dienen bekanntlich der Aufbereitung von Massen, die im Arbeitsteil respektive dem Zylinder über eine oder mehrere dort drehende Schneckenwellen, auch Extruderschnecken genannt, bearbeitet werden. Lediglich exemplarisch sind Kunststoffmassen zu nennen, die im Extruder aufgeschmolzen und compoundiert werden, um nachfolgend weiterverarbeitet zu werden, beispielsweise zur Bildung von Kunststoffgranulat oder im Rahmen von Spritzgussarbeiten und zur Herstellung von Bauteilen und Ähnlichen. Zu nennen sind des Weiteren exemplarisch pharmazeutische Massen, die der Herstellung von Arzneimitteln beispielsweise in Tablettenform dienen. Auch hier werden die entsprechenden Stoffe im Zylinder über die Schnecken bearbeitet und gemischt etc., um die gewünschte homogene Zusammensetzung des Extrudats zu erzielen. Um dies zu ermöglichen sind am Arbeitsteil vorgesehen respektive dem Arbeitsteil zugeordnet eine oder mehrere Einrichtungen wie beispielsweise entsprechende Zuführeinrichtungen, über die die zu verarbeitenden Stoffe dosiert aufgegeben werden, oder Heizeinrichtungen, die der Temperierung des Zylinders oder der Zylinderabschnitte, aus denen ein solcher Zylinder üblicherweise zusammengesetzt ist, dienen und Ähnliches. Auch im Lebensmittelbereich werden häufig entsprechende Massen unter Verwendung eines Extruders aufbereitet.

[0003] Wesentlich für die Funktion des Extruders ist natürlich der Antrieb der wenigstens zwei Schneckenwellen, da über den Antrieb sowohl das Drehmoment der Schnecken als auch die Drehzahl der Schnecken, die relevant für die in das aufzubereitende Material eingebrachte Energie sind, eingestellt werden. Dies geschieht über einen Motor und ein entsprechendes Untersetzungsgetriebe, das mit der oder den Schneckenwellen gekoppelt ist. Der Motor ist üblicherweise über eine Überlastkupplung mit dem Getriebe gekoppelt, wobei die Überlastkupplung mit einer entsprechenden schneckenseitig gegebenen Überlast öffnet und Getriebe und Motor trennt. Der grundsätzliche Aufbau und die Funktion eines solchen Extruders ist hinlänglich bekannt.

[0004] Im Überlastfall öffnet die Kupplung nur, wenn das Summendrehmoment der beiden Schneckenwellen, das über die Abtriebswellen und das Getriebe an der einen Kupplungsseite anliegt, größer ist als das durch die Auslegung und Dimensionierung der Überlastkupplung definierte Abschaltmoment. Dann und nur dann öffnet sich die Überlastkupplung, bei der es sich um eine mechanisch trennende Kupplung handelt, bei der beispielsweise federbelastete Kugeln, die einer Kupplungsseite zugeordnet sind, in entsprechende Kalotten, die der anderen Kupplungsseite zugeordnet sind, eingreifen und bei Anliegen eines Abschaltmoments aus den Kalotten wandern, wodurch die Kupplung durchrutscht respektive öffnet. Das Abschaltmoment muss folglich unmittelbar an der Kupplung anliegen, was zur Folge hat, dass das tatsächliche, an den Schneckenwellen gegebene Moment noch etwas höher ist, da ein gewisser Momentenverlust im mechanischen Strang von den Schneckenwellen zur Kupplung gegeben ist respektive auch ein gewisser Zeitfaktor eine Rolle spielt, da ein Anstieg des schneckenwellenseitigen Drehmoments etwas zeitlich verzögert an die Kupplung gegeben wird. Schneckenwellenseitig kann also bereits eine Überlast gegeben sein, die kupplungsseitig noch nicht anliegt. Dies kann sich nachteilig auf den Betrieb des Extruders wie auch insbesondere die Schneckenwellen und deren Verschleiß auswirken.

[0005] Aus EP 2 065 162 A2 ist ein Extruder mit einer Lastüberwachungseinrichtung bekannt. Diese ermittelt ein durchschnittliches bzw. mittleres Drehmoment über entsprechende Lastdetektoren an den Eingangsabschnitten der Extruderwellen, wobei anhand des ermittelten Durchschnittswerts ermittelt wird, ob ein normaler oder ein anormaler Betriebszustand gegeben ist, indem der Durchschnittswert mit einem Vergleichswert verglichen wird. Ergibt sich ein anormaler Zustand, so wird der Betrieb sofort unterbrochen. Ebenso wird anhand der in einem bestimmten betrachteten Zeitfenster gegebenen maximalen und minimalen Drehmomentwerte ein Differenzwert ermittelt und überprüft, wie dieser relativ zu einem Vergleichswert liegt, wobei auch anhand dieses Vergleichs bestimmt werden kann, ob eine normale Lastsituation oder eine Überlastsituation vorliegt.

[0006] Der Erfindung liegt damit das Problem zugrunde, einen Extruder anzugeben, der demgegenüber verbessert ist.

[0007] Zur Lösung dieses Problems ist erfindungsgemäß vorgesehen ein Extruder umfassend ein Arbeitsteil bestehend aus einem Zylinder und wenigstens zwei darin drehbar aufgenommenen Schneckenwellen, ein Getriebe mit wenigstens zwei Abtriebswellen, wobei jede Abtriebswelle mit einer Schneckenwelle über ein Verbindungselement drehfest verbunden ist, einen das Getriebe antreibenden Motor, der mit dem Getriebe über eine Kupplung gekoppelt ist, sowie eine Steuerungseinrichtung, wobei jedem Verbindungselement oder jeder Abtriebswelle eine separate Messeinrichtung zur Ermittlung

des anliegenden Drehmoments zugeordnet ist, wobei die Messeinrichtungen mit der Steuerungseinrichtung kommunizieren, die in Abhängigkeit der einzelnen ermittelten Drehmomente die als schaltbare Kupplung ausgeführte Kupplung steuert, wobei die Steuerungseinrichtung sowohl zum Öffnen der Kupplung ausgebildet ist, wenn ein ermitteltes Drehmoment einen Drehmomentgrenzwert übersteigt, als auch, wenn der Unterschied zwischen den beiden ermittelten Drehmomenten einen Grenzwert übersteigt, sowie, wenn der Gradient des Anstiegs eines ermittelten Drehmoments einen Gradientengrenzwert übersteigt. Erfindungsgemäß werden Messeinrichtungen eingesetzt, die individuell die schneckenwellenseitig anliegenden oder zuzuordnenden Drehmomente messen. Die Messeinrichtungen sind jeweils entweder einem Verbindungselement, beispielsweise einer Verbindungsmuffe, über die ein Schneckenwellenschaft mit einer Abtriebswelle gekoppelt ist, zugeordnet, oder der Abtriebswelle selbst, je nachdem, wo die jeweilige Messeinrichtung am besten verbaut werden kann. Jede Messeinrichtung liefert folglich ein individuelles Drehmomentsignal, das die Höhe des anliegenden Ist-Moments angibt. Da diese Signale quasi unmittelbar an respektive nahe an den Schneckenwellen gemessen werden, sind sie folglich eindeutig den entsprechenden Schneckenwellen zuzuordnen.

[0008] Die Drehmomentsignale werden der Steuerungseinrichtung gegeben, die diese verarbeitet. Der Steuerungseinrichtung ist also der wellenindividuelle Drehmomentverlauf respektive das jeweilige Ist-Moment bekannt. Gestützt auf diese individuellen Momentinformationen ist die Steuerungseinrichtung nun dazu ausgebildet, bei Vorliegen entsprechender Rand- bzw. Auslösebedingungen die Kupplung anzusteuern, die als schaltbare Kupplung ausgeführt ist. Die Kupplung kann also aktiv durch Anlegen eines Steuerungsbefehles geöffnet werden, unabhängig davon, ob nun ein hinreichend hohes Summenmoment anliegt oder nicht. Dies bietet die Möglichkeit, unter Beobachtung der realen Momentenverhältnisse an den einzelnen Schnecken zum Schutz des Extruders respektive der Schneckenwellen etc. die Kupplung im Bedarfsfall öffnen zu können.

[0009] Hierdurch sind eine Reihe von besonderen Vorteilen erreichbar. Vor allem bei Extrudern, die mehrere Seitenbeschickungen, also Zuführeinrichtungen, die von der Seite entsprechendes Material zuführen, aufweisen, kann das Drehmoment von linker und rechter Schneckenwelle stark differieren. Dies kann dazu führen, dass die eine Schnecke bereits extrem hoch belastet respektive überlastet ist, während an der anderen noch ein tolerables Drehmoment anliegt. Das Summendrehmoment jedoch hat den Wert des Abschaltdrehmoments noch nicht erreicht, so dass eine normale Kupplung nicht öffnen würde. Durch Beobachtung der schneckenindividuellen Drehmomente kann jedoch der Überlastfall an einer Schneckenwelle, an der also ein höheres Drehmoment als das zulässige Nenndrehmoment anliegt, erfasst werden, so dass die Kupplung durch Ansteuerung über die Steuerungseinrichtung aktiv geöffnet werden kann.

[0010] Bei sehr langen Strecken führt darüber hinaus eine ungleichmäßige Aufteilung des Drehmoments auf die beiden Schneckenwellen zu ungleichen Verdrehungen der Schneckenschäfte um die Längsachse, woraus resultierend es mitunter zu einem Berühren der Schneckenelemente und einen Momentenanstieg kommen kann.

[0011] Auch dies kann durch entsprechende Auswertung der individuellen, den Schneckenwellen zugeordneten Drehmomente erfasst werden.

[0012] Die Steuerungseinrichtung ist erfindungsgemäß zum aktiven Öffnen der Kupplung bei Vorliegen unterschiedlicher Rand- oder Auslösebedingungen ausgebildet. Erfindungsgemäß kann die Steuerungseinrichtung die Kupplung öffnen, wenn ein ermitteltes Drehmoment einen Drehmomentgrenzwert übersteigt. Jeder Schneckenwelle ist also ein definierter Drehmomentgrenzwert zugeordnet, der im Bereich des Nenndrehmoments oder etwas darüber liegt. Üblicherweise liegt der Drehmomentgrenzwert über dem Nennmomentwert, da in der Regel ein Abschaltmoment – sofern ein solches definiert ist – ca. 120–140 % des Nennmoments der beiden Schneckenwellen entspricht. In der Steuerungseinrichtung sind folglich zu den jeweiligen Schneckenwellen entsprechende Drehmomentgrenzwerte hinterlegt. Diese Drehmomentgrenzwerte können selbstverständlich auch je nach Art und Typ der verwendeten Schneckenwelle variieren. So können über Kompaktschnecken, also Schnecken, die aus einem Materialblock herausgearbeitet sind, höhere Drehmomente übertragen werden, als über sogenannte Steckschnecken, bei denen einzelne Schneckenelemente auf einen Schneckenschaft gesteckt sind. Auch abhängig von den unterschiedlichen Arbeitszonen, die an der Schneckenwelle ausgebildet sind und die das Material jeweils unterschiedlich bearbeiten, kann eine Drehmomentvariation gegeben sein, so dass diesbezüglich entsprechend unterschiedliche Drehmomentgrenzwerte in der Steuerungseinrichtung abgelegt sind. Je nachdem, welche Schneckenwellen nun verbaut sind, ist die Steuerungseinrichtung in der Lage, gestützt auf die entsprechenden zugeordneten Drehmomentgrenzwerte zu überwachen, ob nun ein Ist-Moment, das über eine Messeinrichtung erfasst wurde, einen Drehmomentgrenzwert erreicht respektive übersteigt. In einem solchen Fall folgt unmittelbar die Ansteuerung der Kupplung zum Öffnen derselben, wobei in diesem Fall das rechnerische Summenmoment, wie es im Stand der Technik allein zum

Öffnen der Kupplung anliegen muss, noch nicht erreicht ist.

[0013] Kumulativ hierzu öffnet die Steuerungseinrichtung die Kupplung auch, wenn der Unterschied zwischen den beiden ermittelten Drehmomenten einen Grenzwert übersteigt. Die an den einzelnen Schneckenwellen anliegenden Ist-Drehmomente können, müssen jedoch nicht übereinstimmen. Dies kann daraus resultieren, dass z. B. die Zuführeinrichtungen nur von einer Seite her arbeiten, mithin also nur die eine Schneckenwelle unmittelbar mit neu aufzugebenden Material beladen wird und Ähnlichem. Stellt sich nun im Rahmen der kontinuierlichen Ist-Drehmomenterfassung und der Verarbeitung der entsprechenden Messsignale heraus, dass ein zu großer Drehmomentunterschied zwischen den einzelnen aufgenommenen Ist-Drehmomentwerten gegeben ist, so kann auch dies als eine zu einem aktiven Öffnen der Kupplung durch Ansteuerung der Steuerungseinrichtung führende Abschaltbedingung gewertet werden.

[0014] Eine weitere, erfindungsgemäß zu den beiden vorgenannten, grundsätzlich implementierten Öffnungsbedingungen kumulativ implementierte Öffnungsbedingung sieht vor, dass die Steuerungseinrichtung die Kupplung öffnet, wenn der Gradient des Anstiegs eines ermittelten Drehmoments einen Gradientengrenzwert übersteigt. Kommt es, auch nur an einer Schneckenwelle, zu einem sehr schnellen Anstieg des zugeordneten und am Verbindungselement respektive der Abtriebswelle erfassten Drehmoments, so kann dies auf einen sich anbahnenden Überlastfall hinweisen. Ein solcher starker Anstieg kann beispielsweise auf eine Berührung der beiden Schneckenwellen zurückzuführen sein, oder auf zu hoher Materialdichte und Ähnliches. Wird nun auf aufgrund der kontinuierlichen Ist-Drehmomenterfassung und deren zeitlichen Auswertung erfasst, dass der Gradient, mit dem der Ist-Drehmomentwert einer Schneckenwelle ansteigt, hinreichend steil ist und einen Gradientengrenzwert übersteigt, so kann auch dies als unmittelbare Abschaltbedingung seitens der Steuerungseinrichtung erkannt werden, die daraufhin die Kupplung ansteuert und öffnet.

[0015] Eine Weitere, ebenfalls bei Bedarf kumulativ seitens der Steuerungseinrichtung implementierte Abbruchbedingung kann vorsehen, dass die Steuerungseinrichtung die Kupplung öffnet, wenn der zeitliche Verlauf eines ermittelten Drehmoments eine Schwingung zeigt, deren Amplitude größer ist als eine Vergleichsamplitude. Es hat sich herausgestellt, dass das Drehmoment des arbeitenden Extruders nicht konstant ist, sondern stets eine leichte Schwingung zeigt. Dies resultiert aus dem kontinuierlichen Aufgabebetrieb des Materials, der Förderung des Materials im Inneren des Zylinders wie natürlich auch aus der Schneckenrotation selbst. Eine solche Schwingung ist tolerabel, wenn die Amplitude nicht zu hoch ist. Die Steuerungseinrichtung ist nun in der Lage, durch Auswertung des zeitlichen aufgenommene Drehmomentverlaufs einerseits die Schwingung zu erkennen, andererseits aber auch die entsprechende Amplitudenhöhe zu erfassen. Ist nun die Schwingungsamplitude größer als eine Vergleichsamplitude, so kann auch dieses Vergleichsergebnis als unmittelbares Abbruchkriterium gewertet werden, was dazu führt, dass die Steuerungseinrichtung die Kupplung ansteuert und aktiv öffnet.

[0016] Wie beschrieben sind zumindest die beiden erstgenannten Abschaltmodalitäten in der Steuerungseinrichtung implementiert, wobei bevorzugt alle vier Abschaltmodalitäten softwaremäßig in der Steuerungseinrichtung implementiert sind, so dass die Steuerungseinrichtung in der Lage ist, die vier unterschiedlichen Abbruchmöglichkeiten erfassen und entsprechend reagieren zu können.

[0017] Zweckmäßig ist es, wenn die Steuerungseinrichtung zeitgleich mit oder unmittelbar nach dem Öffnen der Kupplung einen Frequenzumrichter zur Reduzierung der Drehzahl des Motors ansteuert. Wird die Kupplung geöffnet, dreht der Motor quasi leer. Zweckmäßig ist es nun, wenn mit dem Öffnen der Kupplung oder zeitlich gesehen kurz danach auch die Motordrehzahl reduziert wird, was über die Steuerungseinrichtung durch entsprechende Ansteuerung eines Frequenzumrichters, der dem Motor vorgeschaltet respektive zugeordnet ist, erfolgt. Das heißt, dass mit dem Öffnen der Kupplung umgehend auch eine Reduzierung der Motordrehzahl einhergeht, wobei der Motor auch abgeschaltet werden kann respektive die Drehzahl auf null reduziert werden kann.

[0018] Erfindungsgemäß kommt eine schaltbare Kupplung zum Einsatz. Diese kann entweder pneumatisch betätigbar sein oder elektromagnetisch. Eine pneumatisch betätigbare schaltbare Kupplung arbeitet derart, dass die beiden Reibscheiben der Kupplung durch hohen Luftdruck gegeneinander gedrückt werden. Je höher der Luftdruck, umso höher das Reibmoment und damit umso höher das übertragbare Drehmoment. Soll nun die Kupplung geöffnet werden, wird über die Steuerungseinrichtung eine entsprechende Pumpe oder dergleichen angesteuert und schlagartig der Luftdruck reduziert, so dass die Reibscheiben nicht mehr aktiv gegeneinander gedrückt werden können und folglich die eine Kupplungsseite relativ zur anderen Kupplungsseite frei drehen kann.

[0019] Im Falle einer elektromagnetisch betätigbaren Kupplung wird über einen hinreichend starken Elektromagneten oder eine mehrere solcher Elektromagneten umfassende Anordnung die eine Reibplatte gegen die andere Reibplatte gezogen oder eine Verzahnungsscheibe gegen eine andere Ver-

zahnungsscheibe gezogen. Je höher die über dieses elektromagnetische Stellelement die zum Formschluss führende Kraft ist, umso höher ist das übertragbare Drehmoment. Soll nun die Kupplung geöffnet werden, so wird der oder werden die Elektromagnete abgeschaltet, die vormals gegeneinander gedrückten oder aneinander gezogenen Platten oder Verzahnungen geraten außer Eingriff, was beispielsweise dadurch sehr abrupt ist, als sie über den Elektromagneten gegen die Rückstellkraft von Federelementen etc. bewegt werden. Die Kupplung öffnet auch hier unmittelbar, jedoch stets wie auch im Pneumatikfall gesteuert über die Steuerungseinrichtung.

[0020] Die Messeinrichtung selbst kann eine berührungslos arbeitende Messeinrichtung sein, insbesondere unter Verwendung eines magnetoelastischen Elements. Als ein solches wird bevorzugt das Verbindungselement genutzt, wie aber auch die Abtriebswellen hierzu dienen können. Das Verbindungselement oder die Abtriebswellen werden in diesem Fall mit einer remanenten Magnetisierung versehen, die ein Magnetfeld erzeugt, das in Abhängigkeit des gegebenen Drehmoments aufgrund der Belastung des Verbindungselements respektive der Abtriebswelle und damit der einhergehenden Gefügebeeinflussung veränderbar ist. Ein positionsfest angeordneter Magnetsensor, beispielsweise ein Hallsensor oder Ähnliches, ist nun in der Lage, dieses Magnetfeld respektive die Feldveränderung zu erfassen und hieraus die Höhe des Drehmoments abzuleiten, sofern dies nicht in der Steuerungseinrichtung geschieht. Es erfolgt also eine Drehmomenterfassung durch Überwaschung eines Magnetfelds.

[0021] Eine andere berührungslos arbeitende Messeinrichtung kann eine optische Messeinrichtung sein. Denkbar ist schließlich auch die Verwendung eines Dehnungsmessstreifens, der am Verbindungselement oder der Abtriebswelle angeordnet ist und der je nach Wellen- oder Elementtorsion ein entsprechendes Signal liefert. In diesem Fall läuft also die Messeinrichtung quasi mit dem Verbindungselement respektive der Abtriebswelle, die Signale werden in geeigneter Weise abgegriffen und an die Steuerungseinrichtung gegeben.

[0022] Neben dem Extruder selbst betrifft die Erfindung ferner ein Verfahren zum Betrieb eines Extruders, umfassend ein Arbeitsteil bestehend aus einem Zylinder und wenigstens zwei darin drehbar aufgenommenen Schneckenwellen, ein Getriebe mit wenigstens zwei Abtriebswellen, wobei jede Abtriebswelle mit einer Schneckenwelle über ein Verbindungselement drehfest verbunden ist, einen das Getriebe antreibenden Motor, der mit dem Getriebe über eine Kupplung gekoppelt ist, sowie eine Steuerungseinrichtung, wobei jedem Verbindungselement oder jeder Abtriebswelle eine separate Messeinrichtung zur Ermittlung des anliegenden Drehmoments zugeordnet ist, wobei die Messeinrichtung mit der Steuerungseinrichtung kommuniziert, die in Abhängigkeit der einzelnen ermittelten Drehmomente die als schaltbare Kupplung ausgeführte Kupplung sowohl öffnet, wenn ein ermitteltes Drehmoment einen Drehmomentgrenzwert übersteigt, als auch wenn der Unterschied zwischen den beiden ermittelten Drehmomenten einen Grenzwert übersteigt, sowie eine Steuerungseinrichtung, wobei jedem Verbindungselement oder jeder Abtriebswelle eine separate Messeinrichtung zur Ermittlung des anliegenden Drehmoments zugeordnet ist, wobei die Messeinrichtungen mit der Steuerungseinrichtung kommunizieren, die in Abhängigkeit der einzelnen ermittelten Drehmomente die als schaltbare Kupplung ausgeführte Kupplung sowohl öffnet, wenn ein ermitteltes Drehmoment einen Drehmomentgrenzwert übersteigt, als auch wenn der Unterschied zwischen den beiden ermittelten Drehmomenten einen Grenzwert übersteigt, sowie, wenn der Gradient des Anstieges eines ermittelten Drehmoments einen Gradientengrenzwert übersteigt.

[0023] Darüber hinaus kann die Steuerungseinrichtung die Kupplung zusätzlich öffnen, wenn der zeitliche Verlauf eines ermittelten Drehmoments eine Schwingung zeigt, deren Amplitude größer ist als eine Vergleichsamplitude.

[0024] Die Steuerungseinrichtung ist dazu ausgebildet, die Kupplung zu öffnen, wenn eine der zumindest zwei, vorzugsweise vier zuvor definierten Auslösebedingungen erkannt wird, das heißt, dass softwaretechnisch die beiden, insbesondere alle vier Arbeits- respektive Steuervarianten steuereinrichtungsseitig implementiert sind.

[0025] Selbstverständlich sind steuereinrichtungsseitig auch die entsprechenden Grenz- oder Vergleichswerte, die zum Durchführen der jeweiligen Drehmomentwertanalysen oder Ähnliches benötigt werden, abgelegt.

[0026] Weiterhin kann verfahrensgemäß vorgesehen sein, dass die Steuerungseinrichtung zeitglich mit oder unmittelbar nach dem Öffnen der Kupplung einen Frequenzumrichter zur Reduzierung der Drehzahl des Motors ansteuert. Das heißt, dass die Steuerungseinrichtung letztlich in der Lage ist, den Extruder in einen sicheren Zustand zu überführen, wobei die Kupplung geöffnet und der Motor heruntergefahren ist.

[0027] Wesentlich für den erfindungsgemäßen Extruder respektive das erfindungsgemäße Verfahren ist, dass ein zu einem Abschalten führender Umstand erfasst wird, bevor an der Kupplung tatsächlich ein entsprechend hinreichend hohes Abschaltdrehmoment anliegt und die Kupplung letztlich aus rein mechanischen Gründen öffnen würde. Dies des-

halb, als an den Schneckenwellen respektive den Verbindungselementen und Abtriebswellen die jeweiligen Ist-Drehmomente gemessen werden, die in diesem Fall nicht als Summenmoment betrachtet werden, sondern individuell der Ansteuerung zugrunde liegen. Es werden folglich Drehmomente oder Drehmomentverläufe berücksichtigt, wie sie tatsächlich an den arbeitenden und zu schützenden Komponenten, nämlich den Schneckenwelle, anliegen.

[0028] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus dem im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiel sowie anhand der Zeichnung.

[0029] In der Figur ist eine Prinzipdarstellung eines erfindungsgemäßen Extruders **1** gezeigt, umfassend ein Arbeitsteil **2** mit einem Zylinder **3**, der wie zumeist üblich aus einer Vielzahl einzelner, aneinander gereihter und miteinander verbundener Zylindersegmente besteht. In dem Zylinder **3** sind, hier hervorgehoben dargestellt, zwei Schneckenwellen **5a**, **5b** drehbar aufgenommen. Der Zylinder **3** weist hierzu eine als Brillenbohrung ausgeführte Zylinderbohrung auf, wie an sich bekannt.

[0030] Am Arbeitsteil **2** ist exemplarisch angeordnet respektive ihm zugeordnet eine weitere Einrichtung in Form einer Zuführeinrichtung **6**, wobei selbstverständlich auch mehrere solcher Zuführeinrichtungen **6** vorgesehen sein können. Über die Zuführeinrichtung **6** werden das oder die zu verarbeitenden Materialien aufgegeben. Vorgesehen ist ferner eine Heizeinrichtung **7**, über die der Zylinder **3** temperiert werden kann, und die auch nur exemplarisch angedeutet ist.

[0031] Die Schneckenwellen **5a**, **5b** sind über jeweilige Verbindungselemente **8a**, **8b**, die als Muffenkupplungen ausgeführt sind, mit den beiden Abtriebswellen **9a**, **9b** des Getriebes **10** drehfest verbunden. Das Getriebe **10**, ein Untersetzungsgetriebe, ist über eine schaltbare Kupplung **11**, bei der es sich um eine pneumatisch schaltbare Kupplung oder eine elektromagnetisch schaltbare Kupplung handelt, mit dem Motor **12** gekoppelt. Über die Kupplung **11** wird folglich die Rotation der Motorabtriebswelle auf das Getriebe **10** übertragen, das über die Getriebeabtriebswellen **9a**, **9b** und die Verbindungselemente **8a**, **8b** auf die Schneckenwellen **5a**, **5b** übertragen wird.

[0032] Vorgesehen ist des Weiteren eine Steuerungseinrichtung **13**, die den Betrieb der wesentlichen oder aller Komponenten des Extruders **1** steuert. Wie dargestellt kann sie zum einen den Betrieb der Zuführeinrichtung **6** wie auch der Heizeinrichtung **7** steuern. Sie steuert darüber hinaus über einen Umrichter **14** auch den Betrieb des Motors **12**, um das vom Motor **12** erzeugte respektive gelieferte Drehmoment sowie die Drehzahl zu steuern.

[0033] Ferner steuert die Steuerungseinrichtung **13** auch die schaltbare Kupplung **11**. Handelt es sich bei dieser um eine druckbeaufschlagte Reibkupplung, so kann diese aktiv geschaltet werden, indem über die Steuerungseinrichtung der Luftdruck, über den die Reibkupplungsscheiben zusammengepresst werden, gesteuert wird. Je nachdem, wie hoch der Anpressdruck der Scheiben ist, kann ein unterschiedlich hohes Drehmoment übertragen werden respektive ein unterschiedlich hohes Abschaltmoment im Falle einer Überlast eingestellt werden. Handelt es sich bei der Kupplung **11** um eine elektromagnetisch schaltbare Kupplung, so können über einen Elektromagneten zwei verzahnte Scheiben formschlüssig aneinandergepresst werden, wobei je nachdem, wie stark die Scheiben verpresst werden, ein unterschiedlich hohes Drehmoment übertragen werden respektive ein unterschiedlich hohes Abstellmoment eingestellt werden kann. Unabhängig davon, wie nun konkret die schaltbare Kupplung ausgeführt ist, kann die Kupplung **11** durch entsprechende Ansteuerung derselben über die Steuerungseinrichtung **13** auch aktiv geöffnet werden.

[0034] Vorgesehen sind ferner zwei Messeinrichtungen **15a**, **15b**, die im gezeigten Beispiel den Verbindungselementen **8a**, **8b**, also den beiden Muffenkupplungen, zugeordnet sind. Sie könnten aber auch gleichermaßen den Abtriebswellen **9a**, **9b** zugeordnet sein. Die Messeinrichtungen **15a**, **15** dienen zur individuellen Erfassung separater Ist-Drehmomente an den Verbindungselementen **8a**, **8b** respektive, wenn dort angeordnet, an den Abtriebswellen **9a**, **9b**. Diese Messeinrichtungen **15a**, **15b** kommunizieren mit der Steuerungseinrichtung **13**, so dass dieser kontinuierlich die erfassten Ist-Drehmomente gegeben werden.

[0035] Bei den Messeinrichtungen **15a**, **15b** handelt es sich bevorzugt um berührungslos arbeitende Messeinrichtungen, vorzugsweise um solche, die die Erfassung eines Magnetfelds respektive die Erfassung einer Veränderung des Magnetfelds ermöglichen. Hierzu sind zweckmäßigerweise die Verbindungselemente **8a**, **8b** ganz oder zumindest abschnittsweise mit einer Permanentmagnetisierung belegt, so dass sie folglich ein permanentes Magnetfeld erzeugen. Bei Zuordnung der Messeinrichtungen zu den Abtriebswellen **9a**, **9a** werden die Abtriebswellen entsprechend magnetisiert. Im Abtriebswellen **9a**, **9b** werden die Abtriebswellen kommt es zu einer mechanischen Belastung der jeweiligen Verbindungselemente **8a**, **8b** respektive der Abtriebswellen **9a**, **9b**, welche Belastung wiederum zu einer Veränderung des Magnetfelds führt. Die Messeinrichtungen **15a**, **15b** umfassen entsprechende Magnetsensoren, beispielsweise in Form von Hallsensoren, die dieses Magnetfeld respektive die Feldänderung erfassen. Anhand des jeweiligen Messsignals kann nun die jeweilige Messeinrichtung **15a**, **15b** oder spätestens

die Steuerungseinrichtung **13** das jeweilige Ist-Drehmoment, das am Verbindungselement **8a**, **8b** oder der Abtriebswelle **9a**, **9b** anliegt, ermitteln. Dieses jeweilige Ist-Drehmoment kann der jeweiligen Schneckenwelle **5a**, **5b** zugeordnet werden, das dortseits anliegende Ist-Drehmoment entspricht im Wesentlich dem gemessenen Drehmoment, nachdem die Messung ja unmittelbar im Verbindungsbereich der Schneckenelemente zum Getriebe gemessen wird und nicht im Kupplungsbereich. Die Steuerungseinrichtung ist nun in der Lage, gestützt auf diese individuellen Ist-Drehmomentwerte zu erfassen, ob eine Betriebssituation gegeben ist, die ein aktives Öffnen der Kupplung **11** und damit ein Trennen des Getriebes **10** vom Motor **12** erfordert, oder nicht.

[0036] Ein solcher Umstand kann gegeben sein, wenn eines der ermittelten Ist-Drehmomente höher ist als ein Drehmomentgrenzwert. Jeder Schneckenwelle **5a**, **5b** ist ein Momentengrenzwert zugeordnet, der nicht überschritten werden soll. Hierzu kann es jedoch im Betrieb kommen, beispielsweise wenn über die Zufuhreinrichtung **6** nur eine der Schneckenwellen **5a**, **5b** belastet wird. Die Summe der beiden einzelnen Ist-Momente kann in diesem Fall noch weit unterhalb des definierten Summenabschaltmoments der Kupplung **11** liegen. Gleichwohl ist eine Überlastung einer Schneckenwelle **5a**, **5b** zu besorgen. Erkennt die Steuerungseinrichtung **13** dies, wird aktiv die Kupplung **11** geöffnet.

[0037] Die Steuerungseinrichtung **13** kann auch einen etwaigen Unterschied zwischen den beiden Ist-Drehmomenten ermitteln, mithin also ein Unterschiedsmoment. Ist dieses größer als ein Grenzwert, liegt ebenfalls eine extrem stark unterschiedliche Belastung der einzelnen Schneckenwellen **5a**, **5b** vor. Auch dies kann ein Hinweis auf eine Überlastsituation sein, die zu einem aktiven Öffnen der Kupplung **11** führt.

[0038] Da die Ist-Drehmomente über die Messeinrichtungen **15a**, **15b** kontinuierlich an die Steuerungseinrichtung **13** gegeben werden, kann diese folglich den zeitlichen Verlauf der jeweils ermittelten Messwerte erfassen. Stellt sich nun ein hinreichend steiler Anstieg respektive Gradient eines ermittelten Drehmomentwerts ein, so kann die Steuerungseinrichtung den Gradienten ermitteln und mit einem Vergleichsgradienten vergleichen. Ist der Anstieg hinreichend steil, was sich durch den Vergleich ergibt, so kann dies ebenfalls eine Überlastsituation anzeigen, wiederum schaltet die Steuerungseinrichtung **13** die Kupplung **11** zum Öffnen.

[0039] Schließlich kann, gestützt auf den zeitlichen Verlauf der Ist-Drehmomentwerte, auch eine etwaige Drehmomentwertschwingung erfasst werden sowie deren Amplitude bestimmt werden. Eine leichte Schwingung liegt in der Regel vor, ist jedoch die Schwingung zu stark, so kann auch dies auf eine etwaige Überlastsituation hinweisen. Zeigt nun der Vergleich der ermittelten Ist-Schwingungsamplitude mit einer Vergleichsamplitude, dass die Ist-Schwingungsamplitude die Vergleichsamplitude übersteigt, so kann auch dies zu einem aktiven Öffnen der Kupplung führen.

[0040] Mit dem Öffnen der Kupplung **11** einher geht auch die entsprechende Ansteuerung des Umrichters **14** zur Reduzierung der Drehzahl des Motors **12**, wobei dies bevorzugt im unmittelbar zeitlichen Zusammenhang mit dem Öffnen der Kupplung **11** erfolgt.

Patentansprüche

1. Extruder umfassend ein Arbeitsteil bestehend aus einem Zylinder und wenigstens zwei darin drehbar aufgenommenen Schneckenwellen, ein Getriebe mit wenigstens zwei Abtriebswellen, wobei jede Abtriebswelle mit einer Schneckenwelle über ein Verbindungselement drehfest verbunden ist, einen das Getriebe antreibenden Motor, der mit dem Getriebe über eine Kupplung gekoppelt ist, sowie eine Steuerungseinrichtung, wobei jedem Verbindungselement (**8a**, **8b**) oder jeder Abtriebswelle (**9a**, **9b**) eine separate Messeinrichtung (**15a**, **15b**) zur Ermittlung des anliegenden Drehmoments zugeordnet ist, wobei die Messeinrichtungen (**15a**, **15b**) mit der Steuerungseinrichtung (**13**) kommunizieren, die in Abhängigkeit der einzelnen ermittelten Drehmomente die als schaltbare Kupplung (**11**) ausgeführte Kupplung steuert, wobei die Steuerungseinrichtung (**13**) sowohl zum Öffnen der Kupplung (**11**) ausgebildet ist, wenn ein ermitteltes Drehmoment einen Drehmomentgrenzwert übersteigt, als auch, wenn der Unterschied zwischen den beiden ermittelten Drehmomenten einen Grenzwert übersteigt, sowie, wenn der Gradient des Anstiegs eines ermittelten Drehmoments einen Gradientengrenzwert übersteigt.

2. Extruder nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Steuerungseinrichtung (**13**) weiterhin zum Öffnen der Kupplung (**11**) ausgebildet ist, wenn der zeitliche Verlauf eines ermittelten Drehmoments eine Schwingung zeigt, deren Amplitude größer ist als eine Vergleichsamplitude.

3. Extruder nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Steuerungseinrichtung (**13**) zeitgleich mit oder unmittelbar nach dem Öffnen der Kupplung (**11**) einen Frequenzumrichter (**14**) zur Reduzierung der Drehzahl des Motors (**12**) ansteuert.

4. Extruder nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die schaltbare Kupplung (**11**) eine pneumatisch betätigbare Kupplung oder eine elektromagnetisch betätigbare Kupplung ist.

5. Extruder nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messeinrichtungen (**15a**, **15b**) berührungslos arbeitende Messeinrichtungen sind.

6. Extruder nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Verbindungselemente (**8a**, **8b**) oder die Abtriebswellen (**9a**, **9b**) eine Magnetisierung tragen, die ein Magnetfeld, das in Abhängigkeit des gegebenen Drehmoments veränderbar ist, erzeugt, welches Magnetfeld von einem Magnetfeldsensor erfasst wird.

7. Extruder nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messeinrichtung eine optische Messeinrichtung ist.

8. Extruder nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messeinrichtung wenigstens einen Dehnungsmessstreifen, der am Verbindungselement (**8a**, **8b**) oder der Abtriebswelle (**9a**, **9b**) angeordnet ist, aufweist.

9. Verfahren zum Betrieb eines Extruders umfassend ein Arbeitsteil bestehend aus einem Zylinder und wenigstens zwei darin drehbar aufgenommenen Schneckenwellen, ein Getriebe mit wenigstens zwei Abtriebswellen, wobei jede Abtriebswelle mit einer Schneckenwelle über ein Verbindungselement drehfest verbunden ist, einen das Getriebe antreibenden Motor, der mit dem Getriebe über eine Kupplung gekoppelt ist, sowie eine Steuerungseinrichtung, wobei jedem Verbindungselement oder jeder Abtriebswelle eine separate Messeinrichtung zur Ermittlung des anliegenden Drehmoments zugeordnet ist, wobei die Messeinrichtungen mit der Steuerungseinrichtung kommunizieren, die in Abhängigkeit der einzelnen ermittelten Drehmomente die als schaltbare Kupplung ausgeführte Kupplung sowohl öffnet, wenn ein ermitteltes Drehmoment einen Drehmomentgrenzwert übersteigt, als auch wenn der Unterschied zwischen den beiden ermittelten Drehmomenten einen Grenzwert übersteigt, sowie, wenn der Gradient des Anstieges eines ermittelten Drehmoments einen Gradientengrenzwert übersteigt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Steuerungseinrichtung die Kupplung weiterhin öffnet, wenn der zeitliche Verlauf eines ermittelten Drehmoments eine Schwingung zeigt, deren Amplitude größer ist als eine Vergleichsamplitude.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Steuerungseinrichtung zeitgleich mit oder unmittelbar nach dem Öffnen der Kupplung einen Frequenzumrichter zur Reduzierung der Drehzahl des Motors ansteuert.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

