

(19)



(11)

EP 1 640 145 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
20.06.2007 Patentblatt 2007/25

(51) Int Cl.:
B30B 1/26 (2006.01)

B30B 15/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04022983.3**

(22) Anmeldetag: **27.09.2004**

(54) **Direktantrieb und Steuerung für eine Exzenterpresse**

Direct drive and control for eccentric press

Entraînement direct et régulation pour presse à excentrique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES IT LI

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.03.2006 Patentblatt 2006/13

(73) Patentinhaber: **Burkhardt GmbH Maschinenfabrik**
95444 Bayreuth (DE)

(72) Erfinder: **Mergner, Stephan**
95349 Thurnau (DE)

(74) Vertreter: **LOUIS, PÖHLAU, LOHRENTZ**
P.O. Box 30 55
90014 Nürnberg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-20/04056559 DE-A1- 4 109 796
DE-B- 1 294 809 DE-C- 884 278
US-A- 5 832 816 US-A1- 2004 003 729

EP 1 640 145 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen drehzahlmodulierten Direktantrieb mit Servomotor für eine Exzenterpresse und eine Steuerung dazu.

[0002] Antriebe für Pressen, insbesondere Exzenterpressen, sind in herkömmlicher Weise als Kompaktantrieb mit elektrischen Antriebsmotoren ausgebildet, die mit Energiespeichern in Form von rotierenden Schwungmassen verbunden sind. Die Rotationsbewegung des Antriebs wird durch eine Exzenterwelle mit Pleuel in eine Translationsbewegung des Pressenstößels gewandelt.

[0003] Die für das Umformen notwendige hohe Energie wird als kinetische Energie aus der rotierenden Schwungmasse entnommen. So ist es möglich, relativ kleine und leistungsschwache Motoren einzusetzen, die in den Pausen zwischen den Arbeitstakten der Schwungmasse die ihr entnommene Energie wieder zuführen. Das Schwungrad ist integrierter Bestandteil des Antriebes. Es sind auch Ausführungen bekannt, bei denen der mit der Schwungmasse verbundene Antrieb mittels einer Kupplung zugeschaltet wird.

[0004] Exzenterpressen sind weiter mit Hilfseinrichtungen versehen, zu denen Hubverstellung, Stößelverstellung und hydraulische Überlastsicherung zählen.

[0005] Bei Umformmaschinen, zu denen die Pressen zählen, wird einerseits eine kurze Taktzeit, andererseits eine möglichst geringe Umform- oder Stanzgeschwindigkeit angestrebt. Diese Aufgabe kann durch Modulation des Übersetzungsverhältnisses des Antriebs, d.h. Variation des Übersetzungsverhältnisses erreicht werden.

[0006] In der DE 43 09 785 C2 wird dazu ein schaltbares Planetengetriebe vorgeschlagen. In der DE 196 01 300 sind zur Antriebsmodulation unrunde Zahnräder vorgesehen. Beide Lösungen sind dadurch gekennzeichnet, daß für die Drehzahlmodulation ein zwischen dem mit konstanter Drehzahl betriebenen Motor und der Exzenterwelle angeordnetes Getriebe vorgesehen ist.

[0007] Die DE 1 294 809 sieht einen Pressenantrieb mit zwei durch jeweils einen Elektromotor angetriebenen Schwungrädern vor, wobei das eine Schwungrad für die Arbeitsphase und das andere Schwungrad für die Transportphase vorgesehen ist. Die Schwungräder sind mit jeweils einer schaltbaren Kupplung mit der Antriebswelle des Pressenstößels verbunden.

[0008] In der DE 884 278 wird eine mechanische Presse beschrieben, bei der dem Pressenstößel für die innerhalb eines Arbeitsspiels zu durchfahrenden Wege verschiedene Antriebseinrichtungen zugeordnet sind, die bei Beginn der Wege zu- bzw. abgeschaltet werden. Dabei ist ein Hilfsmotor ständig mit dem Pressenstößel verbunden, während ein mit oder ohne Schwungrad ausgebildeter Hauptmotor in der Arbeitsphase zugeschaltet wird.

[0009] In der US 2004/0003729 A1 wird ein Pressenantrieb beschrieben, bei dem ein als Servomotor ausgebildeter Hilfsmotor ständig mit dem Pressenantrieb verbunden ist und den Antrieb mit hoher Drehzahl in der

Transportphase antreibt. In der Arbeitsphase ist die Umschaltung eines Schwungrades vorgesehen, das ständig mit einem Hauptmotor verbunden ist, der die Energie für den in der Arbeitsphase durchgeführten Umformvorgang bereitstellt.

[0010] In der WO 2004/056559 A1 ist eine Preßvorrichtung mit Servomotor beschrieben mit einem Hauptantrieb, der als rotatorischer Direktantrieb, d.h. als Antrieb ohne Getriebe ausgeführt ist, mit einem Exzenter, einer Pleuelstange und zumindest einem daran angeordneten Pressenstößel. Bei diesem Antriebskonzept sind Getriebe, Schwungmassen, Kupplungen und Bremsen eingespart. Der Motor ist als Servomotor ausgebildet, der für die Maximallast ausgelegt ist und deshalb im elektrischen Versorgungsnetz hohe Lastspitzen erzeugt. In einer Ausführung dieses Antriebs ist deshalb wieder ein Schwungrad vorgesehen, das ständig mit dem Antrieb verbunden ist und damit die dynamischen Eigenschaften des Direktantriebes verschlechtert.

[0011] Ein ähnliches Antriebskonzept für einen Direktantrieb ist in der US 5 832 816 beschrieben, wobei vorgesehen ist, einen zweiten Servomotor in Betrieb zu setzen, wenn eine hohe Preßkraft benötigt wird und auf diese Weise kleiner dimensionierte Servomotoren als im Beispiel zuvor vorzusehen.

[0012] Die DE 41 09 796 A1 sieht u.a. vor, den Servomotor mit einem Kniehebeltrieb zu verbinden und somit die kraftverstärkende Eigenschaft des Kniehebeltriebs für den Preßvorgang auszunutzen.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Antriebsanordnung für eine Umformmaschine mit Exzenterwelle zu schaffen, die einfach und kostengünstig aufgebaut ist und einen besonders effektiven Betrieb ermöglicht.

[0014] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit dem Gegenstand des Anspruchs 1 und dem Gegenstand des Anspruchs 15 gelöst. Damit wird eine drehzahlmodulierbare Antriebseinrichtung für eine Umformmaschine mit einer Exzenterwelle mit einem Pressenstößel, vorzugsweise eine Exzenterpresse, mit einem Antrieb mit einem Servomotor und der Exzenterwelle als Abtriebswelle des Antriebs und einem mit dem Antrieb verbindbaren Schwungrad vorgeschlagen, wobei der Antrieb mit änderbarem Trägheitsmoment ausgebildet ist, indem er mit dem Schwungrad ein- und auskuppelbar ist. Es wird weiter ein Verfahren zur Steuerung eines drehzahlveränderlichen Antriebs mit einer Exzenterwelle als Abtriebswelle mit einem Servomotor für eine Umformmaschine mit einem Pressenstößel, vorzugsweise eine Exzenterpresse, vorgeschlagen, wobei der Antrieb so steuerbar ist, daß er über die Umdrehung der Exzenterwelle variiert in einer Arbeitsdrehzahl und einer Transportdrehzahl läuft, um die Geschwindigkeit der Exzenterwelle über ihre Umdrehung zu variieren, wobei im Bereich der Arbeitsdrehzahl das Trägheitsmoment des Antriebs erhöht wird und im Bereich außerhalb der Arbeitsdrehzahl, insbesondere im Bereich der Transportdrehzahl, das Trägheitsmoment des Antriebs reduziert wird.

[0015] Damit ist ein Antrieb mit Servomotor für Pressen angegeben, der die Vorzüge des Direktantriebs mit Servomotor mit den Vorzügen des Kompaktantriebs mit Standardmotor und Schwungmasse vereint. Ein Servomotor ist ein drehwinkel- und/oder drehzahlsteuerbarer Motor. Im folgenden werden unter Servomotor ausdrücklich auch Torquemotoren und andere Ausführungsformen von drehwinkel- und drehzahlsteuerbaren Motoren verstanden.

[0016] Der Antrieb, gebildet aus dem Servomotor, mindestens einem Getriebe, vorzugsweise einem Rädergetriebe oder einem Zahnriemengetriebe, und der Exzenterwelle als Abtriebswelle, kann also so dimensioniert sein, daß er ein möglichst kleines Trägheitsmoment aufweist. Der Servomotor kann deshalb für eine vergleichsweise niedrige Leistung ausgelegt sein, um dem Antrieb eine hohe Transportgeschwindigkeit zu erteilen und anschließend die hohe Transportgeschwindigkeit auf die niedrige Arbeitsgeschwindigkeit zu reduzieren. Die Unterscheidung zwischen der für eine gute Umformung möglichst niedrig gewählten Arbeitsgeschwindigkeit im Arbeitsschritt und der für einen möglichst kurzen Aufeinanderfolge der Arbeitsschritte hoch gewählten Transportgeschwindigkeit zwischen den Arbeitsschritten ist für moderne Umformmaschinen typisch. Dadurch, daß der Antrieb mit einem kleinen Trägheitsmoment ausgebildet ist, kann der Wechsel zwischen der Transportgeschwindigkeit und der Arbeitsgeschwindigkeit rasch erfolgen, d.h. innerhalb einer vollständigen Umdrehung der Exzenterwelle.

[0017] Die Arbeitsgeschwindigkeit ist die Arbeitsdrehzahl, die die Exzenterwelle während des Arbeitsschritts einnimmt, die Transportgeschwindigkeit ist die Transportdrehzahl, die die Exzenterwelle während des Umlaufs zwischen den Arbeitsschritten einnimmt.

[0018] Wegen des erhöhten Leistungsbedarfs für den Arbeitsschritt ist vorgesehen, dafür das Schwungrad über eine schaltbare Kupplung mit dem Antrieb zu verbinden und so die im Schwungrad gespeicherte Energie für den Arbeitsschritt zu nutzen. Nach dem Arbeitsschritt kann dem Schwungrad die verbrauchte Energie mit dem Servomotor wieder zugeführt werden, d.h. das Schwungrad wird vor dem nächsten Arbeitsschritt wieder auf die Arbeitsdrehzahl beschleunigt.

[0019] Zur Drehzahlmodulation des Antriebs kann folgender zyklischer Ablauf vorgesehen sein:

- a) Durchführen des Umformvorgangs und Abgabe von in der Schwungmasse gespeicherter Energie an den Antrieb verbunden mit der Absenkung der Drehzahl der Exzenterwelle;
- b) Beenden des Umformvorgangs bei Erreichen des unteren Totpunktes (UT) und Erhöhung der Drehzahl der Exzenterwelle auf die Arbeitsdrehzahl;
- c) Auskuppeln der Kupplung zum Trennen der Schwungmasse vom Antrieb;
- d) Erhöhen der Drehzahl der Exzenterwelle auf die Transportdrehzahl;

- e) Abbremsen der Exzenterwelle auf die Arbeitsdrehzahl nach Erreichen des oberen Totpunktes (OT);
- f) Synchronisieren der Drehzahlen der Kupplungshälften der Kupplung;
- g) Einkuppeln der Kupplung zur drehstarrten Verbindung der Schwungmasse mit dem Antrieb;
- h) zyklische Wiederholung der Schritte a) bis g).

[0020] Zum Anfahren des Antriebs kann das Einkuppeln der Kupplung zur drehstarrten Verbindung der Schwungmasse mit dem Antrieb und Erhöhen der Drehzahl der Exzenterwelle aus dem Stillstand bis auf die Arbeitsdrehzahl vorgesehen sein. Die Beschleunigungsphase kann einige Exzenterwellenumdrehungen andauern. Dabei werden bereits Umformvorgänge ausgeführt. Die Entkuppelung von Schwungrad und Antrieb erfolgt erst, wenn die Exzenterwelle nach dem unteren Totpunkt das erste Mal die Arbeitsdrehzahl erreicht.

[0021] Es kann vorgesehen sein, daß das Erhöhen der Drehzahl der Exzenterwelle gemäß b) und/oder d) und/oder h) mit Wirkung des Servomotors bzw. des Torquemotors erfolgt.

[0022] Es kann vorgesehen sein, zwischen der Abtriebswelle des Servomotors und der Exzenterwelle ein Getriebe anzuordnen, beispielsweise ein Zahnriemengetriebe oder ein Rädergetriebe oder eine Kombination beider Getriebe. Ein solches Getriebe kann vorteilhaft sein, um ein hohes Drehmoment an der Exzenterwelle bereitzustellen bzw. um die Drehzahl des Servomotors zu untersetzen.

[0023] Die Ankopplung des Schwungrades durch die schaltbare Kupplung an den Antrieb kann prinzipiell an allen Stellen von der Abtriebswelle des Servomotors bis zu der Exzenterwelle vorgesehen sein. Jede dieser Anordnungen weist spezifische Vor- und Nachteile auf. Die im Schwungrad speicherbare kinetische Energie ist dem Quadrat der Drehzahl und dem Massenträgheitsmoment des Schwungrades proportional. Wenn also eine geringe Masse des Schwungrades vorgesehen ist, kann die Ankopplung des Schwungrades an den Abtrieb des Servomotors vorgesehen sein. Wenn die im Schwungrad gespeicherte Energie ohne Reibungsverluste genutzt sein soll, kann die Ankopplung des Schwungrades an die Exzenterwelle vorgesehen sein. Von Nachteil ist bei dieser Anordnung allerdings die notwendig hohe Masse des Schwungrades, um trotz niedriger Drehzahl genügend Energie zu speichern. Es kann deshalb bevorzugt sein, das Schwungrad zwischen zwei Getrieben anzukoppeln, beispielsweise am Abtrieb des ersten Getriebes.

Vorteilhafterweise kann für die Steuerung des Verfahrens eine Steuerungseinrichtung vorgesehen sein, die Signale von Sensoren empfängt, die an dem Servomotor und/oder der Kupplung und/oder dem Schwungrad und/oder der Exzenterwelle angeordnet sind.

[0024] Es kann vorgesehen sein, daß die Sensoren als Drehwinkelsensoren und/oder Drehzahlsensoren ausgebildet sind. Diese Sensorbezeichnungen sind als

funktionelle Charakterisierung zu verstehen. Die Meßgröße Drehzahl ist als Anzahl der Umdrehungen eines rotierenden Körpers pro Zeiteinheit definiert. Die Drehzahl wird hier auch als Drehwinkeländerung pro Zeiteinheit verstanden, d.h. sie wird als innerhalb einer vollständigen Umdrehung des rotierenden Körpers änderbare Meßgröße verstanden. Deshalb sind die Arbeitsgeschwindigkeit und die Transportgeschwindigkeit als Drehzahlen angebbar. Folglich kann aus dem Signal eines Drehwinkelsensors und gleichzeitiger Zeitmessung die aktuelle Drehzahl ermittelt werden. Die Sensoren können an allen rotierenden Komponenten des Antriebs angeordnet sein.

[0025] Dazu können unterschiedliche Wirkprinzipien genutzt sein, beispielsweise können die Sensoren als photoelektrische Sensoren und/oder als Hallsensoren und/oder als kapazitive Sensoren und/oder als induktive Sensoren ausgebildet sein.

[0026] Dabei kann vorgesehen sein, die Sensoren auf einem Teilkreis einer rotierenden Komponente des Antriebs anzuordnen. Wenn also der Drehwinkel auf 1° bestimmt werden soll, können 360 Sensoren auf einem Teilkreis angeordnet sein. Eine solche Anordnung ist mit einem hohen Aufwand für die Sensoren verbunden, der allerdings durch Miniaturisierung und Massenproduktion reduzierbar ist. Moderne Bildsensoren, wie sie in elektronischen Kameras verwendet werden, sind mit Millionen von identisch ausgebildeten Sensoren bestückt. Es kann aber auch nur ein Sensor vorgesehen sein, der eine in Gradschritten unterteilte kreisförmige Teilung überstreicht, beispielsweise als Teilscheibe mit 360° -Teilung ausgebildet. Die 360° -Teilung kann in Abhängigkeit vom physikalischen Effekt des vorgesehenen Sensors ausgebildet sein. Für einen Hallsensor kann die Teilscheibe beispielsweise als abschnittsweise magnetisierte Scheibe ausgebildet sein, für einen optischen Sensor als mit Teilstrichen versehene Scheibe.

[0027] Es kann aber auch vorgesehen sein, die Relativbewegung zwischen zwei Elementen zu ermitteln, indem Sensoren vorgesehen sind, die bei Relativbewegung ein Signal generieren. Beispielsweise kann ein solcher Sensor durch eine Empfangsspule gebildet sein, in der durch Vorbeibewegen eines oder mehrerer Permanentmagnete eine elektrische Spannung induziert wird. Ein solcher Sensor ist besonders geeignet, um die synchrone Drehung der Kupplungshälften der Kupplung festzustellen. Bei synchroner Drehung sind beide Kupplungshälften zueinander in Ruhelage, weshalb im Sensor keine Spannung induziert wird.

[0028] Es kann vorgesehen sein, daß das Schwungrad ständig oder zeitweilig zuschaltbar mit einem Zusatzmotor verbunden ist.

[0029] Der Zusatzmotor kann zeitweilig zuschaltbar zum Anfahren des Schwungrades mit dem Schwungrad verbunden sein, so daß der Servomotor des Antriebs nur noch zum Anfahren des Antriebs vorgesehen ist.

[0030] Der Zusatzmotor kann auch ständig mit dem Schwungrad verbunden sein.

Auf diese Weise kann der Servomotor des Antriebs entlastet werden, weil der Zusatzmotor die dem Schwungrad während des Umformvorgangs entnommene kinetische Energie unmittelbar nach Durchlaufen des unteren Totpunktes bereitstellt, so das Schwungrad nach dem Umformvorgang wieder auf Arbeitsdrehzahl beschleunigt und auf diese Weise die Drehzahl des Schwungrades konstant hält, während der Servoantrieb direkt nach Passieren des unteren Totpunktes die Exzenterwelle auf die Transportdrehzahl beschleunigen kann.

[0031] Es kann vorgesehen sein, daß der Zusatzmotor als Servomotor ausgebildet ist, denn ein solcher Motor ist besonders gut zur Einstellung und Kontrolle der Drehzahl des Schwungrades geeignet.

[0032] Es kann vorgesehen sein, daß das Schwungrad durch Einschalten der Kupplung ständig mit dem Antrieb verbunden ist. Auf diese Weise kann der erfindungsgemäße Antrieb wie ein herkömmlicher Kompaktantrieb genutzt sein.

[0033] Es kann vorgesehen sein, daß das Bedienungspersonal durch Eingabe von Steuerbefehlen über eine Tastatur und/oder einen Touchscreen und/oder programmierte Code-Karten die Steuerungseinrichtung bedient. Es kann vorgesehen sein, daß die Steuerungseinrichtung Eingaben des Bedienungspersonals auf der Basis von Berechnungsprogrammen und/oder Sensorsignalen des Antriebs und/oder der Kupplung und/oder des Schwungrades ergänzt. Es kann beispielsweise vorgesehen sein, auf diese Weise die maximal zulässige Transportdrehzahl zu bestimmen.

[0034] Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die Steuerungseinrichtung die Sicherheit des Antriebs überwacht und zu diesem Zweck fehlerhafte Eingaben korrigiert oder verweigert und im Störfall erforderlichenfalls ein Not-Aus herbeiführt. Ein Störfall kann beispielsweise der von außen erzwungene Stillstand des Pressenstößels bzw. der Exzenterwelle sein. Es können Bremsvorrichtungen vorgesehen sein, die bei einem Not-Aus den Stillstand aller rotierenden Elemente herbeiführen.

[0035] Es können weiter spezielle Sensoren, wie Kraft- und Temperatursensoren, vorgesehen sein, um der Steuerungseinrichtung Gefahrenzustände zu melden.

[0036] Sobald ein Not-Aus ausgelöst ist, kann der weiter oben beschriebene Zusatzmotor vorgesehen sein, um den festgefahrenen Antrieb "loszubrechen". Dazu kann folgender Ablauf vorgesehen sein:

- a) Auskuppeln der Kupplung zum Trennen des Schwungrades vom Antrieb;
- b) Hochfahren des Schwungrades, vorzugsweise auf eine Drehzahl, die der Drehzahl des Schwungrades bei Arbeitsgeschwindigkeit der Exzenterwelle entspricht, mit einer Drehrichtung entgegengesetzt zur Arbeitsdrehrichtung;
- c) kurzzeitiges Verbinden des Schwungrades mit dem Antrieb durch Einkuppeln der Kupplung;
- d) Trennen des Schwungrades vom Antrieb durch

Auskuppeln der Kupplung;

e) Abbremsen des Schwungrads mit Hilfe des Zusatzmotors und/oder mit Hilfe einer Bremsvorrichtung, vorzugsweise ausgebildet als Teil der Bremsvorrichtung des Antriebs.

[0037] Durch den kurzzeitigen Drehimpuls entgegen der Arbeitsdrehrichtung des Antriebs, den das Schwungrad auf den Antrieb überträgt, wird der verspannte Antrieb zurückgedreht und die Störungsursache kann nach Eintreten des völligen Stillstands aller Elemente des Antriebs und des Schwungrads beseitigt werden.

[0038] Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnungen näher erläutert.

[0039] Es zeigen

Fig. 1 eine räumliche Schnittansicht eines für das erfindungsgemäße Verfahren vorgesehenen Pressenantriebs;

Fig. 2 ein Blockschaltbild des Kraftflusses für eine erste Ausführungsvariante nach Fig. 1;

Fig. 3 ein Blockschaltbild des Kraftflusses für eine zweite Ausführungsvariante;

Fig. 4 ein Blockschaltbild des Kraftflusses für eine dritte Ausführungsvariante;

Fig. 5 ein Blockschaltbild der Steuerung des Pressenantriebs in Fig. 1;

Fig. 6 ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 7 ein Blockschaltbild des Kraftflusses für eine vierte Ausführungsvariante mit Zusatzantrieb.

[0040] Fig. 1 zeigt einen Antrieb 10 für eine Presse, der einen Servomotor 11, ein Zahnriemengetriebe 12, eine Zwischenwelle 18, ein Rädergetriebe 20 und eine Exzenterwelle 22 umfaßt. Die Exzenterwelle 22 bildet die Abtriebswelle des Antriebs 10. Sie durchgreift mit einem exzentrisch zur Drehachse versetzten Mittenabschnitt 22e drehgelenkig ein Pleuel 22p, das an seinem Endabschnitt drehbar mit einem Pressenstößel 24 verbunden ist.

[0041] Der Abtrieb des Servomotors 11 ist mit dem Zahnriemengetriebe 12 verbunden, das aus einem Motorritzel 12m, einem Zahnriemen 12r und einer Zahnscheibe 12s gebildet ist. Das Motorritzel 12m ist von der Abtriebswelle des Servomotors 11 durchgriffen und mit dieser drehstarr verbunden. Die Zahnscheibe 12s ist drehstarr auf der Zwischenwelle 18 angeordnet. Auf diese Weise wird die Drehbewegung der Abtriebswelle des Servomotors 11 über den Zahnriemen 12r, der das Motorritzel 12m und die Zahnscheibe 12s umschlingt, schlupffrei auf die Zwischenwelle 18 übertragen.

[0042] Der Servomotor 11 fungiert nicht nur als Antriebsmotor, sondern auch als Bremse. Wenn der Servomotor 11 als Bremse betrieben ist, bildet er einen elektrischen Generator und führt in den rotierenden Komponenten des Antriebs 10 gespeicherte kinetische Energie als Elektroenergie in das ihn speisende Elektronetz zurück, so daß der mittlere Energiebedarf des Servomotors 11 geringer sein kann als sein Spitzenenergiebedarf. Der Begriff des Servomotors schließt hier auch einen sog. Torquemotor ein, der gegenüber den bekannten Servomotoren ein höheres Drehmoment bei niedriger Drehzahl aufweist. Die Maximaldrehzahl des Torquemotors ist niedriger als die des Servomotors ausgelegt. Es kann deshalb anstelle des Servomotors ein Torquemotor vorgesehen sein.

[0043] Die Zwischenwelle 18 durchgreift mit ihrem Abtriebsabschnitt das Antriebsritzel des Rädergetriebes 20, das in der schematischen Schnittansicht in Fig. 1 nur angedeutet ist, und ist mit diesem drehstarr verbunden. Das Abtriebsrad des Rädergetriebes 20 ist von dem Antriebsabschnitt der Exzenterwelle 22 durchgriffen und mit ihr drehstarr verbunden. Das Rädergetriebe 20 ist zwischen Zwischenwelle 18 und Exzenterwelle 22 geschaltet und zur Drehzahlumsetzung vorgesehen. Bei dem Rädergetriebe 20 handelt es sich um ein Zwischenge triebe, das vorzugsweise als Zahnrädergetriebe ausgebildet ist. Bei abgewandelten Ausführungen kann anstelle des Rädergetriebes auch eine andere Getriebeart vorgesehen sein. Es kann auch vorgesehen sein, das Rädergetriebe 20 fortzulassen, insbesondere wenn als Antriebsmotor ein Torquemotor vorgesehen ist.

[0044] Das Zahnriemengetriebe 12 hat in diesem Ausführungsbeispiel vorrangig die Aufgabe, den Antrieb 10 als kompakte Baugruppe auszubilden und ermöglicht die Anordnung des Servomotors 11 über der Zwischenwelle 18, weil der Zahnriemen 12r den Parallelversatz zwischen der Abtriebswelle des Servomotors 11 und der Zwischenwelle 18 überbrückt.

[0045] Der exzentrische Mittenabschnitt 22e der Exzenterwelle 22 bildet mit dem Pleuel 22p eine Baugruppe, die die rotatorische Antriebsbewegung des Servomotors 11 in eine translatorische Bewegung des Pressenstößels 24 wandelt. Dazu ist der abtriebsseitige Endabschnitt des Pleuels drehbar mit dem oberen Endabschnitt des Pressen stößels 24 verbunden. Eine solche Anordnung ist für Exzenterpressen charakteristisch und wird deshalb hier nur kurz umrissen.

[0046] Das Schwungrad 16 ist auf dem dem Rädergetriebe 20 abgewandten Endabschnitt der Zwischenwelle 18 drehbar angeordnet. Das Schwungrad 16 ist über die Kupplung 14 mit der Zwischenwelle 18 schaltbar drehstarr verbunden. Dazu ist der Antrieb der Kupplung 14 drehstarr auf der Zwischenwelle 18 angeordnet und der Abtrieb der Kupplung 14 ist drehstarr mit dem Schwungrad 16 verbunden. Auf diese Weise kann also das Schwungrad 16 schaltbar drehstarr mit der Zwischenwelle 18 verbunden sein und durch den Antrieb 10 in Rotation versetzt werden. Auf Grund der im rotierenden

Schwungrad 16 gespeicherten Rotationsenergie vermag das Schwungrad 16 bei Belastung des Antriebs 10 Energie an diesen abzugeben und auf diese Weise die Drehzahl des Antriebs 10 zu stabilisieren, d.h. die Drehzahl der Exzenterwelle 22 wird stabilisiert.

[0047] Die Zahnscheibe 12s, die Kupplung 14 und das Schwungrad 16 sind im dargestellten Ausführungsbeispiel ohne seitliches Spiel auf der Zwischenwelle 18 angeordnet. Zwischen dem Rädergetriebe 20 und der Zahnscheibe 12s sind zwei Kugellager 26 voneinander axial beabstandet angeordnet, welche die Zwischenwelle 18 aufnehmen und lagern.

[0048] Die Figuren 2 bis 4 zeigen nun in Blockschaltbildern Ausführungsvarianten der Ankopplung der Kupplung 14 und des Schwungrades 16 an den Antrieb 10. Die Richtung des Kraftflusses ist mit Pfeilen bezeichnet, und zwar mit durchgehenden Pfeilen für den Kraftfluß vom Servomotor 11 zum Pressenstößel 24 - im folgenden als Hauptkraftfluß bezeichnet - und mit unterbrochenen Pfeilen zur Darstellung des Kraftflusses von einer Komponente des Antriebs 10 zum Schwungrad 16 und des Rückflusses von kinetischer Energie, die im rotierenden Schwungrad 16 gespeichert ist - im folgenden als Nebenkraftfluß bezeichnet - zu dieser Komponente des Antriebs 10. Die Komponenten des Antriebs 10 sind zur besseren Verdeutlichung durch eine unterbrochene Begrenzungslinie zusammengefaßt.

[0049] Fig. 2 veranschaulicht den Kraftfluß zwischen den Komponenten des Antriebs 10 und der Baugruppe Kupplung/Schwungrad 14, 16 für das erste Ausführungsbeispiel in Fig. 1. Gleiche Elemente sind mit gleichen Positionen bezeichnet.

[0050] Der Hauptkraftfluß ist vom Abtrieb des Servomotors 11 über das Zahnriemengetriebe 12, das Rädergetriebe 20 und die Exzenterwelle 22 auf den Pressenstößel 24 gerichtet, der auf diese Weise in eine Abwärtsbewegung versetzt wird. Der Nebenkraftfluß ist über die Kupplung 14 auf das Schwungrad 16 gerichtet, das auf diese Weise mit kinetischer Energie aufgeladen wird.

[0051] Während des Umformvorgangs sinkt nun die Drehzahl des Servomotors 11 ab, weshalb nunmehr der Nebenkraftfluß vom Schwungrad 16 über die Kupplung 14, das Rädergetriebe 20 und die Exzenterwelle 22 auf den Pressenstößel 24 gerichtet ist. Infolgedessen wird die Drehzahl der Exzenterwelle 22 stabilisiert.

[0052] Fig. 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Ankopplung der Baugruppe Kupplung/Schwungrad 14, 16 an den Antrieb 10. Die Kupplung 14 ist nunmehr mit dem Abtrieb des Servomotors 11 verbunden. Der Hauptkraftfluß ist gegenüber dem in Fig. 2 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel unverändert. Der Nebenkraftfluß ist nunmehr vom Abtrieb des Servomotors 11 über die Kupplung 14 auf das Schwungrad 16 gerichtet.

[0053] Während des Umformvorgangs ist der Nebenkraftfluß über die Kupplung 14, das Zahnriemengetriebe 12, das Rädergetriebe 20 und die Exzenterwelle 22 auf den Pressenstößel 24 gerichtet.

[0054] Fig. 4 zeigt nun ein drittes Ausführungsbeispiel

der Ankopplung der Baugruppe Kupplung/Schwungrad 14, 16 an den Antrieb 10. Die Kupplung ist nunmehr direkt mit der Exzenterwelle 22 verbunden. Der Hauptkraftfluß ist gegenüber den in Fig. 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispielen unverändert. Der Nebenkraftfluß ist nunmehr von der Exzenterwelle über die Kupplung 14 auf das Schwungrad 16 gerichtet.

[0055] Während des Umformvorgangs ist der Nebenkraftfluß über die Kupplung 14 und die Exzenterwelle 22 auf den Pressenstößel 24 gerichtet.

[0056] Wie aus den in Fig. 2 bis 4 dargestellten drei Ausführungsbeispielen zu erkennen ist, kann die Baugruppe Kupplung/Schwungrad 14, 16 mit unterschiedlichen Elementen des Antriebs 10 verbunden sein. Jede dieser Anordnungen weist spezifische Vor- und Nachteile auf. Die im Schwungrad 16 speicherbare kinetische Energie ist dem Quadrat der Drehzahl und dem Massenträgheitsmoment des Schwungrades 16 proportional. Wenn also eine geringe Masse des Schwungrades 16 vorgesehen ist, kann die Anordnung in Fig. 3 vorgesehen sein. In diesem Fall kann weiter vorgesehen sein, die Masse des Schwungrades 16 am Umfang des Schwungrades zu konzentrieren, d.h. das Schwungrad im wesentlichen mit T-förmigem Querschnitt auszubilden.

[0057] Wenn die im Schwungrad 16 gespeicherte Energie ohne Reibungsverluste genutzt sein soll, kann die Anordnung in Fig. 4 vorgesehen sein. Von Nachteil ist allerdings die notwendig hohe Masse des Schwungrads 16, um trotz niedriger Drehzahl genügend Energie zu speichern. Die Anordnung in Fig. 2 ist als Kompromiß ausgebildet und kann deshalb besonders bevorzugt sein.

[0058] Fig. 5 zeigt nun ein Blockschaltbild der Steuerung des in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels. Eine Steuerungseinrichtung 30, im dargestellten Beispiel ausgebildet als digitale programmgesteuerte Steuerungseinrichtung, steuert den Servomotor 11 und die Kupplung 14 nach einem zyklischen Ablaufprogramm, Informationen von Sensoren und Eingabewerten des Bedienpersonals. Bei den Sensoren kann es sich um interne Sensoren 11s des Servomotors 11, einen oder mehrere mit der Kupplung 14 verbundene Sensoren 14s, einen oder mehrere mit dem Schwungrad 16 verbundene Sensoren 16s und einen oder mehrere mit der Exzenterwelle 22 verbundene Sensoren 22s handeln. Bei den Sensoren 16s und 22s kann es sich vorzugsweise um Absolutdrehwertgeber handeln, beispielsweise als mit Laserlicht abgetastete Codescheibe ausgebildet. Bei dem oder den Sensoren 11s des Servomotors 11 handelt es sich um in den Motor integrierte Sensoren, die für die drehwinkelgenaue Steuerung des Servomotors vorgesehen sind.

[0059] Es können weitere, in dem Blockschaltbild nicht dargestellte Sensoren vorgesehen sein, beispielsweise zur Temperaturüberwachung hoch beanspruchter Bauteile, wie Servomotor 11 oder Kugellager 26 oder zur Auslösung eines Not-Stops des Antriebs im Störfall. Dazu können weiter nicht dargestellte Bremselemente

vorgesehen sein, die im Störfall bewegte Elemente, wie die Exzenterwelle 22 und/oder das Schwungrad 16 zum Stillstand bringen, oder es kann vorgesehen sein, daß Komponenten des Antriebs 10, wie beispielsweise der Servomotor 11, als Bremsenelement ausgebildet sind.

[0060] Zur Veranschaulichung des Steuerungsverfahrens dient Fig. 6 mit Bezug auf das in Fig. 1, 2 und 5 dargestellte Ausführungsbeispiel.

[0061] In Fig. 6 ist in einem Kreisdiagramm eine Kreisbahn 32 dargestellt, die ein gedachter Punkt auf dem Umfang des exzentrischen Mittenabschnitts 22e der Exzenterwelle 22 zurücklegt. Dabei ist die oberste Position der Kreisbahn 32 als oberer Totpunkt OT bezeichnet und die unterste Position der Kreisbahn 32 als unterer Totpunkt UT. Der Pressenstößel 24 nimmt dazu korrespondierende Lagen ein, d.h. er nimmt im oberen Totpunkt OT seine oberste Position ein und im unteren Totpunkt UT seine unterste Position.

[0062] Weitere markante Punkte der Kreisbahn 32 sind mit S_1 bis S_6 bezeichnet. Der Antrieb arbeitet mit einem zyklischen Ablauf, wie im folgenden beschrieben.

[0063] Sobald die Exzenterwelle 22 den Punkt S_1 passiert, gibt die Steuerungseinrichtung 30 ein Signal zur Betätigung der Kupplung 14, d.h. zum Einkuppeln. Der Punkt S_2 bezeichnet den Abschluß der elektrischen Ansteuerung der Kupplung 14, dementsprechend bezeichnet der Winkel W_1 den Drehwinkel, den die Exzenterwelle 22 zurücklegt, bis die elektrische Ansteuerung der Kupplung 14 abgeschlossen ist, d.h. die Kupplung ist jetzt eingekuppelt. Nunmehr wird die mechanische Betätigung der Kupplung 14 eingeleitet, die bei Erreichen des Punktes S_3 abgeschlossen ist. Dementsprechend bezeichnet der Winkel W_2 den Drehwinkel, den die Exzenterwelle 22 zurücklegt, bis die mechanische Ansteuerung der Kupplung 14 abgeschlossen ist.

[0064] Mit dem Passieren des Punktes S_3 beginnt der mit W_A bezeichnete Arbeitswinkel, der am unteren Totpunkt UT abgeschlossen ist. Beim Durchlaufen des Arbeitswinkels W_A gibt das Schwungrad 16 einen Teil seiner Rotationsenergie ab. Dabei wirkt das Schwungrad 16 als zusätzliche Energiequelle für den Servomotor 11, der allein nicht in der Lage ist, die Energie für den im Arbeitswinkel W_A ablaufenden Arbeitstakt bereitzustellen. Durch die Energieabgabe verringert sich die Drehzahl des Schwungrades 16 und des über die Kupplung 14 und den Zahnriementrieb 12 drehstarr mit dem Schwungrad 16 verbundenen Servomotors 11.

[0065] Die Steuerungseinrichtung 30 steuert nun den Servomotor 11 auf die Arbeitsdrehzahl, die er rechtzeitig vor Erreichen des Punktes S_4 einnimmt. Am Punkt S_4 beginnt die elektrische Ansteuerung der Kupplung 14 zur Trennung des Schwungrades 16 von der Zwischenwelle 18, die im Punkt S_5 abgeschlossen ist, und an die sich die mechanische Ansteuerung der Kupplung 14 zum Auskuppeln anschließt, die im Punkt S_6 abgeschlossen ist. Die entsprechenden Winkel sind in Fig. 6 mit W_3 und W_4 bezeichnet. Zur besseren Verdeutlichung ist mit W_E der Winkel zwischen den Punkten S_3 bis S_5 bezeichnet,

in dem das Schwungrad 16 mit Antriebsenergie versorgt wird.

[0066] Vom Punkt S_6 an beschleunigt nun der Servomotor 11 den vom Schwungrad 16 getrennten Antrieb 10 auf die Transportdrehzahl, die höher als die Arbeitsdrehzahl ist, so daß der Weg außerhalb des Arbeitswinkels W_A rascher zurückgelegt wird. Es kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, daß die Steuerungseinrichtung 30 die optimale Transportdrehzahl beispielsweise aus den zu beschleunigenden rotatorischen Massen, dem vorhandenen maximalen Motordrehmoment, dem Übersetzungsverhältnis des Rädergetriebes 20, der zulässigen maximalen Drehzahl der Exzenterwelle 22 und dem zur Verfügung stehenden freien Kurbelwinkel W_F berechnet. Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die maximale Transportdrehzahl durch das Bedienungspersonal vorgegeben wird.

[0067] Kurz vor dem Erreichen des Punktes S_1 stellt die Steuerungseinrichtung 30 den Servomotor 11 auf die für die Arbeitsdrehzahl erforderliche Motordrehzahl zurück.

[0068] Der Servomotor 11 arbeitet nunmehr als elektrischer Generator, so daß Energie in das Elektronetz zurückgeliefert werden kann. Auf diese Weise kann erreicht sein, daß der Gesamtenergieverbrauch des Servomotors 11 nur unwesentlich höher als der eines mit konstanter Drehzahl umlaufenden herkömmlichen Antriebsmotors mit geringerer Leistungsaufnahme ist.

[0069] Die Steuerungseinrichtung 30 ermittelt nun anhand von Sensorsignalen, beispielsweise der Signale des Sensors 14s der Kupplung 14, ob die beiden Hälften der Kupplung 14 mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit rotieren. Erforderlichenfalls korrigiert die Steuerungseinrichtung 30 die Drehzahl des Servomotors 11. Nunmehr wird die Kupplung 14 eingekuppelt. Wegen der synchronen Drehzahl beider Hälften der Kupplung 14 tritt dabei kein Reibungsverschleiß in der Kupplung ein.

[0070] Der Anfahrvorgang kann wie folgt ablaufen: Zu Beginn eines Antriebszyklus befindet sich das Schwungrad 16 in Ruhe und die Kupplung 14 verbindet das Schwungrad 16 mit der Zwischenwelle 18, so daß das Schwungrad 16 mit der Zwischenwelle 18 drehstarr verbunden ist. Das Schwungrad 16 wird nun vom Servomotor 11 von der Drehzahl Null auf die Arbeitsdrehzahl beschleunigt. Diese Beschleunigungsphase kann einige Umdrehungen der Exzenterwelle 22 andauern. Dabei werden bereits Stanz- oder Umformvorgänge mit steigender Taktzahl ausgeführt. Nachdem die Exzenterwelle 22 nach Durchlaufen des unteren Totpunktes UT das erste Mal die Arbeitsdrehzahl erreicht hat, ist der Anfahrvorgang des Antriebs 10 beendet. Jetzt kann das Schwungrad 16 abgekoppelt werden, der Zyklus beginnt.

[0071] Fig. 7 zeigt nun mit Bezug auf Fig. 3 das Blockschaltbild des Kraftflusses für eine vierte Ausführungsvariante mit einem Zusatzantrieb 40. Der Zusatzantrieb 40 ist aus einem Zusatzmotor 41 gebildet, der über eine schaltbare Zusatzkupplung 44 mit dem Schwungrad 16 verbindbar ist. Der vom Zusatzantrieb 40 auf das

Schwungrad 16 gerichtete Kraftfluß ist durch punktierte Pfeile bezeichnet.

[0072] Der Zusatzmotor 41 kann zeitweilig zuschaltbar zum Anfahren des Schwungrades 16 mit dem Schwungrad 16 verbunden sein, so daß der Servomotor 11 des Antriebs 10 nur noch zum Anfahren des Antriebs 10 vorgesehen ist.

[0073] Der Zusatzmotor 41 kann auch ständig mit dem Schwungrad 16 verbunden sein. Es kann also vorgesehen sein, daß der Zusatzantrieb 40 ohne Zusatzkupplung 44 ausgebildet ist. Auf diese Weise kann der Servomotor 11 des Antriebs 10 entlastet werden, weil der Zusatzmotor 41 das Schwungrad 16 nach dem Umformvorgang wieder auf Arbeitsdrehzahl beschleunigt. Dadurch stellt er die dem Schwungrad 16 während des Umformvorgangs entnommene kinetische Energie unmittelbar nach Durchlaufen des unteren Totpunktes UT bereit und hält die Drehzahl des Schwungrades 16 konstant, während der Servomotor 11 die Exzenterwelle 22 direkt nach Passieren des unteren Totpunktes UT auf die Transportdrehzahl beschleunigen kann.

[0074] Es kann vorgesehen sein, daß der Zusatzmotor 41 als Servomotor ausgebildet ist. Eine solche Ausführung ist besonders vorteilhaft in ihrer Drehzahl steuerbar. Vorzugsweise ist die Solldrehzahl des Zusatzmotors 41 der Drehzahl des Schwungrades 16 gleich, die es bei der Arbeitsdrehzahl der Exzenterwelle 22 einnimmt.

[0075] Nunmehr kann vorgesehen sein, daß das Schwungrad 16 bereits nach Passieren des unteren Totpunktes UT (siehe Fig. 6) vom Antrieb 10 entkuppelt wird und der Servomotor 11 unmittelbar daran anschließend den Antrieb auf die Transportdrehzahl beschleunigt. Auf diese Weise kann die Taktzeit des Antriebs 10 gegenüber der in Fig. 1 und 3 dargestellten Ausführungsvariante verringert sein. Der Zusatzantrieb 40 gleicht also die Drehzahl- bzw. Energieverluste des Schwungrades 16 aus und/oder fährt das Schwungrad 16 vom Stillstand aus hoch.

[0076] Weiter kann vorgesehen sein, daß der Zusatzantrieb 40 im Störfall des festgefahreneren Antriebs 10 eingesetzt wird. Dazu wird das Schwungrad 16 vom Antrieb 10 getrennt und wird mit Hilfe des Zusatzantriebs zunächst mit zur normalen Drehrichtung entgegengesetzter Drehrichtung hochgefahren. Es wird nach dem Hochfahren kurzzeitig durch Einkuppeln der Kupplung 14 mit dem Antrieb 10 verbunden. Auf diese Weise wird der festgefahrene Antrieb 10 "losgebrochen".

[0077] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Ansteuerung des Pressenantriebs 10 vereint also die Vorteile des Direktantriebs mittels Servomotor ohne Schwungrad mit denen des herkömmlichen Antriebs mit Schwungrad, indem es für die Transportphase einen Antrieb mit geringem Trägheitsmoment vorsieht und für die Arbeitsphase einen Antrieb mit hohem Trägheitsmoment vorsieht. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß das Einkuppeln des Schwungrades lastfrei und verschleißfrei ausgeführt wird.

[0078] Es kann auch vorgesehen sein, den Pressen-

antrieb 10 wie einen herkömmlichen Pressenantrieb zu betreiben, indem die Kupplung 14 ständig eingekuppelt ist.

Patentansprüche

1. Antriebseinrichtung für eine Umformmaschine mit einer Exzenterwelle mit einem Pressenstößel, vorzugsweise eine Exzenterpresse, mit einem die Exzenterwelle antreibenden Antrieb mit einem Servomotor und mit einem mit dem Antrieb verbindbaren Schwungrad, wobei die Exzenterwelle als Abtriebswelle des den Servomotor aufweisenden Antriebs ausgebildet ist, und wobei der Antrieb so ausgebildet ist, daß die Exzenterwelle während einer Umdrehung eine Arbeitsphase und eine Transportphase ausführt, wobei in der Arbeitsphase die Exzenterwelle in Arbeitsdrehzahl dreht und einen Arbeitsschritt ausführt und in der Transportphase die Exzenterwelle in Transportdrehzahl dreht, wobei vorgesehen ist, daß die Exzenterwelle sowohl in der Arbeitsphase als auch in der Transportphase mit dem Servomotor verbunden ist, und daß der den Servomotor aufweisende Antrieb (10) mit änderbarem Trägheitsmoment ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Antrieb mit dem Schwungrad (16) derart ein- und auskuppelbar ist, daß

- a) der Antrieb in der Arbeitsphase, während der Arbeitsschritt ausgeführt wird, mit dem Schwungrad (16) gekuppelt ist,
- b) nach dem Arbeitsschritt dem Schwungrad die verbrauchte Energie mit dem Servomotor wieder zugeführt wird, und
- c) der Antrieb in der Transportphase bei Transportdrehzahl von dem Schwungrad (16) entkuppelt ist.

2. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Schwungrad (16) über eine hydraulisch oder pneumatisch oder elektrisch schaltbare Kupplung (14) mit dem Antrieb (10) verbunden ist.
3. Antriebseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die mit dem Schwungrad (16) verbundene Kupplung (14) mit einem zwischen dem Servomotor (11) und der Exzenterwelle angeordneten Getriebe zusammenwirkt.
4. Antriebseinrichtung nach einem der vorhergehenden

- den Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die mit dem Schwungrad (16) verbundene Kupplung (14) mit der Exzenterwelle (22) zusammenwirkt.
5. Antriebseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die mit dem Schwungrad (16) verbundene Kupplung (14) mit dem Motorritzel (12m) des Servomotors (11) zusammenwirkt.
6. Antriebseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine vorzugsweise elektrische Steuerungseinrichtung (30) für den Antrieb (10) vorgesehen ist.
7. Antriebseinrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Steuerungseinrichtung (30) mit Sensoren (11s, 14s, 16s, 22s) verbunden ist, die an dem Servomotor (11) und/oder der Kupplung (14) und/oder dem Schwungrad (16) und/oder der Exzenterwelle (22) angeordnet sind.
8. Antriebseinrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Sensoren als Drehlagesensoren und/oder Drehzahlsensoren ausgebildet sind.
9. Antriebseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Schwungrad (16) mit einem Zusatzantrieb (40), gebildet aus mindestens einem Zusatzmotor (41), verbunden ist.
10. Antriebseinrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Schwungrad (16) durch eine Zusatzkupplung (44) schaltbar mit dem Zusatzmotor (41) verbunden ist.
11. Antriebseinrichtung nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Zusatzmotor (41) als Servomotor ausgebildet ist.
12. Antriebseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Antriebseinrichtung mit einer Not-Aus-Vorrichtung ausgebildet ist.
13. Antriebseinrichtung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
- daß** die Not-Aus-Vorrichtung mit der Steuerungseinrichtung (30) und/oder einem am Pressenstößel (24) angeordneten Drucksensor verbunden ist.
14. Antriebseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Not-Aus-Vorrichtung mit mindestens einer mit dem Antrieb (10) verbindbaren oder Teil des Antriebs (10) bildenden Bremsvorrichtung ausgebildet ist.
15. Verfahren zur Steuerung eines drehzahlveränderlichen Antriebs mit einer Exzenterwelle als Abtriebswelle mit einem Servomotor für eine Umformmaschine mit einem Pressenstößel, vorzugsweise eine Exzenterpresse,
wobei der Antrieb so steuerbar ist, daß er über die Umdrehung der Exzenterwelle variiert in einer Arbeitsdrehzahl und einer Transportdrehzahl läuft, um die Geschwindigkeit der Exzenterwelle über ihre Umdrehung zu variieren,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Exzenterwelle sowohl in der Arbeitsdrehzahl als auch in der Transportdrehzahl von dem Servomotor angetrieben wird,
daß im Bereich der Arbeitsdrehzahl das Trägheitsmoment des Antriebs (10) erhöht wird, indem ein Schwungrad (16) mit der Exzenterwelle (22) gekuppelt wird,
daß nach dem Arbeitsschritt dem Schwungrad die verbrauchte Energie mit dem Servomotor wieder zugeführt wird, und
daß im Bereich außerhalb der Arbeitsdrehzahl, insbesondere im Bereich der Transportdrehzahl, das Trägheitsmoment des Antriebs (10) reduziert wird, indem das Schwungrad (16) von der Exzenterwelle (22) entkuppelt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Änderung des Trägheitsmoments des Antriebs (10) durch Zu- und Abschalten einer rotierenden Schwungmasse erfolgt.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Antrieb (10) mit folgendem Ablauf zyklisch abläuft:
- a) Durchführen des Umformvorgangs und Abgabe von in der Schwungmasse (16) gespeicherter Energie an den Antrieb (10) verbunden mit der Absenkung der Drehzahl der Exzenterwelle (22);
b) Beenden des Umformvorgangs bei Erreichen des unteren Totpunktes (UT) und Erhöhung der Drehzahl der Exzenterwelle (22) auf die Arbeits-

- drehzahl;
 c) Auskuppeln der Kupplung (14) zum Trennen der Schwungmasse (16) vom Antrieb (10);
 d) Erhöhen der Drehzahl der Exzenterwelle (22) auf die Transportdrehzahl;
 e) Abbremsen der Exzenterwelle (22) auf die Arbeitsdrehzahl nach Erreichen des oberen Totpunktes (OT);
 f) Synchronisieren der Drehzahlen der Kupplungshälften der Kupplung (14);
 g) Einkuppeln der Kupplung (14) zur drehstarrten Verbindung der Schwungmasse (16) mit dem Antrieb (10);
 h) zyklische Wiederholung der Schritte a) bis g).
18. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß im Anfahrvorgang das Einkuppeln der Kupplung (14) zur drehstarrten Verbindung der Schwungmasse (16) mit dem Antrieb (10) und Erhöhen der Drehzahl der Exzenterwelle (22) aus dem Stillstand bis auf die Arbeitsdrehzahl vorgesehen ist.
19. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Schwungmasse (16) gemäß a) und/oder b) und/oder g) über die Kupplung (14) mit der Abtriebswelle des Servomotors (11) verbunden wird.
20. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Schwungmasse (16) gemäß a) und/oder b) und/oder g) über die Kupplung (14) mit der Zwischenwelle (18) verbunden wird.
21. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Schwungmasse (16) gemäß a) und/oder b) und/oder g) über die Kupplung (14) mit der Exzenterwelle (22) verbunden wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Erhöhen der Drehzahl der Exzenterwelle (22) gemäß b) und/oder d) mit Wirkung des Servomotors (11) erfolgt.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Abbremsen der Drehzahl der Exzenterwelle (22) gemäß e) mit Wirkung des Servomotors (11) erfolgt.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Synchronisieren der Drehzahl der Kupplungshälften der Kupplung (14) gemäß f) mit Wirkung des Servomotors (11) erfolgt.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 24,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Informationen über die Drehlage und/oder die Drehzahl des Antriebs (10) oder einer seiner Komponenten, wie beispielsweise die Exzenterwelle (22), durch an den Komponenten des Antriebs (10) angeordnete oder mit diesen verbundene Sensoren (11s, 14s, 16s, 22s) ermittelt werden und an eine vorzugsweise elektrische Steuerungseinrichtung (30) weitergegeben werden.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 25,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Informationen über die Drehlage und/oder die Drehzahl der Kupplung (14) und/oder des Schwungrads (16) durch an diesen angeordnete oder mit diesen verbundene Sensoren (14s, 16s) ermittelt werden und an die Steuerungseinrichtung (30) weitergegeben werden.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 26;
dadurch gekennzeichnet,
daß das Schwungrad (16) mit einem Zusatzmotor (41) verbunden wird.
28. Verfahren nach Anspruch 27,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Schwungrad (16) mit einer Zusatzkupplung (44) schaltbar mit dem Zusatzmotor (41) verbunden wird.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 28, insbesondere nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,
daß im Anfahrvorgang das Beschleunigen des mit dem Antrieb (10) verbundenen Schwungrads (16) auf Arbeitsdrehzahl mit Hilfe des Zusatzmotors (41) erfolgt.
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 29, insbesondere nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Not-Aus vorgesehen ist, wenn eine vorgegebene Zeitdauer für einen der Verfahrensschritte a) bis h) überschritten ist.
31. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 30, insbesondere nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Not-Aus vorgesehen ist, wenn mindestens eine Komponente des Antriebs (10) überlastet ist und/oder wenn die maximale Preßkraft am Pressenstößel (24) überschritten ist.
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 31, insbesondere nach Ansprüchen 30 oder 31,
dadurch gekennzeichnet,
daß bei Auslösung des Not-Aus mindestens eine

Bremsvorrichtung mit dem Antrieb (10) verbunden ist oder Teil des Antriebs (10) bildend den Antrieb (10) unverzüglich in den Ruhezustand versetzt.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, daß** zum "Losbrechen" eines festgefahrenen Antriebs vorgesehen ist

- a) Auskuppeln der Kupplung (14) zum Trennen des Schwungrads (16) vom Antrieb (10);
- b) Hochfahren des Schwungrads (16), vorzugsweise auf eine Drehzahl, die der Drehzahl des Schwungrads (16) bei Arbeitsgeschwindigkeit der Exzenterwelle (22) entspricht, mit einer Drehrichtung entgegengesetzt zur Arbeitsdrehrichtung;
- c) kurzzeitiges Verbinden des Schwungrads (16) mit dem Antrieb (10) durch Einkuppeln der Kupplung (14);
- d) Trennen des Schwungrads (16) vom Antrieb (10) durch Auskuppeln der Kupplung (14);
- e) Abbremsen des Schwungrads (16) mit Hilfe des Zusatzmotors (41) und/oder mit Hilfe einer Bremsvorrichtung, vorzugsweise ausgebildet als Teil der Bremsvorrichtung nach Anspruch 32.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, daß** vorgesehen ist, den Antrieb nur in der Arbeitsdrehzahl zu betreiben durch Einkuppeln der Kupplung (14) zur drehstarrten Verbindung der Schwungradmasse (16) mit dem Antrieb (10) und Erhöhen der Drehzahl der Exzenterwelle (22) aus dem Stillstand bis auf die Arbeitsdrehzahl.

Claims

1. Drive device for a forming machine having an eccentric with a press plunger, preferably an eccentric press, having a drive which drives the eccentric and has a servomotor, and having a flywheel which can be connected to the drive, the eccentric being embodied as an output shaft of the drive which has the servomotor, and the drive being embodied in such a way that the eccentric carries out a working phase and a transport phase during one revolution, wherein, in the working phase, the eccentric rotates at the working rotational speed and carries out one working step, and in the transport phase the eccentric rotates at the transport rotational speed, wherein there is provision that the eccentric is connected to the servomotor both in the working phase and in the transport phase, and

that the drive (10) which has the servomotor is embodied with a variable moment of inertia, **characterized in that** the drive can be engaged with and disengaged from the flywheel (16) in such a way that

- a) the drive is coupled to the flywheel (16) in the working phase while the working step is carried out,
- b) after the working step the consumed energy is returned to the flywheel with the servomotor, and
- c) in the transport phase at the transport rotational speed the drive is decoupled from the flywheel (16).

- 2. Drive device according to Claim 1, **characterized in that** the flywheel (16) is connected to the drive (16) by means of a clutch (14) which can be connected hydraulically or pneumatically or electrically.
- 3. Drive device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the clutch (14) which is connected to the flywheel (16) interacts with a transmission which is arranged between the flywheel (11) and the eccentric.
- 4. Drive device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the clutch (14) which is connected to the flywheel (16) interacts with the eccentric (22).
- 5. Drive device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the clutch (14) which is connected to the flywheel (16) interacts with the motor pinion (12m) of the servomotor (11).
- 6. Drive device according to one of the preceding claims, **characterized in that** a preferably electric control device (30) is provided for the drive (10).
- 7. Drive device according to Claim 6, **characterized in that** the control device (30) is connected to sensors (11s, 14s, 16s, 22s) which are arranged on the servomotor (11) and/or the clutch (14) and/or the flywheel (16) and/or the eccentric (22).
- 8. Drive device according to Claim 7, **characterized in that** the sensors are embodied as rotational position sensors and/or rotational speed sensors.
- 9. Drive device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the flywheel (16) is connected to an additional drive (40), formed from at least one additional motor (41).
- 10. Drive device according to Claim 9, **characterized in that** the flywheel (16) is connected to the addi-

tional motor (41) in such a way that it can be connected by an additional clutch (44).

11. Drive device according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the additional motor (41) is embodied as a servomotor. 5
12. Drive device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the drive device is embodied with an emergency off device. 10
13. Drive device according to Claim 12, **characterized in that** the emergency off device is connected to the control device (30) and/or to a pressure sensor which is arranged on the press plunger (24). 15
14. Drive device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the emergency off device is embodied with at least one brake device which can be connected to the drive (10) or forms part of the drive (10). 20
15. Method for controlling a drive with a variable rotational speed and an eccentric as an output shaft with a servomotor for a forming machine with a press plunger, preferably an eccentric press, it being possible to control the drive in such a way that it runs at a working rotational speed and a transport rotational speed, varied by means of the rotation of the eccentric, in order to vary the speed of the eccentric over its revolution, **characterized in that** the eccentric is driven by the servomotor both at the working rotational speed and at the transport rotational speed, **in that** the moment of inertia of the drive (10) is increased in the region of the working rotational speed by coupling a flywheel (16) to the eccentric (22), **in that** after the working step the consumed energy is returned to the flywheel with the servomotor, and **in that** the moment of inertia of the drive (10) is reduced in the region outside the working rotational speed, in particular in the region of the transport rotational speed, by decoupling the flywheel (16) from the eccentric (22). 25
30
35
40
45
16. Method according to Claim 15, **characterized in that** the change in the moment of inertia of the drive (10) occurs by connecting and disconnecting a rotating flywheel mass (16). 50
17. Method according to Claim 15 or 16, **characterized in that** the drive (10) runs cyclically with the following sequence: 55
 - a) the forming process is carried out and energy stored in the flywheel mass (16) is output to the drive (10), accompanied by reduction in the rotational speed of the eccentric (22);

b) the forming process is terminated when the bottom dead centre (UT) is reached, and the rotational speed of the eccentric (22) is increased to the working rotational speed
c) the clutch (14) is disengaged in order to separate the flywheel mass (16) from the drive (10);
d) the rotational speed of the eccentric (22) is increased to the transport rotational speed;
e) the eccentric (22) is braked to the working rotational speed after the top dead centre (OT) is reached;
f) the rotational speeds of the halves of the clutch (14) are synchronized;
g) the clutch (14) is engaged in order to connect the flywheel mass (16) to the drive (10) in a rotationally locked fashion;
h) cyclical repetition of steps a) to g).

18. Method according to Claim 17, **characterized in that** in the starting process there is provision for the clutch (14) to be engaged in order to connect the flywheel mass (16) to the drive (14) in a rotationally locked fashion, and for the rotational speed of the eccentric (22) to be increased from the stationary state to the working rotational speed.
19. Method according to Claim 17, **characterized in that** the flywheel mass (16) is connected to the output shaft of the servomotor (11) by means of the clutch (14) according to a) and/or b) and/or g).
20. Method according to Claim 17, **characterized in that** the flywheel mass (16) is connected to the countershaft (18) by means of the clutch (14) according to a) and/or b) and/or g).
21. Method according to Claim 17, **characterized in that** the flywheel mass (16) is connected to the eccentric (22) by means of the clutch (14) according to a) and/or b) and/or g).
22. Method according to one of Claims 17 to 21, **characterized in that** the rotational speed of the eccentric (22) is increased with the effect of the servomotor (11) according to b) and/or d).
23. Method according to one of claims 17 to 22, **characterized in that** the rotational speed of the eccentric (22) is braked with the effect of the servomotor (11) according to e).
24. Method according to one of Claims 17 to 22, **characterized in that** the rotational speed of the clutch halves of the clutch (14) is synchronized with the effect of the servomotor (11) according to f).
25. Method according to one of Claims 17 to 24, **characterized in that** the information about the rotational

position and/or the rotational speed of the drive (10) or one of its components, for example the eccentric (22) is determined by means of sensors (11s, 14s, 16s, 22s) which are arranged on the components of the drive (10) or connected thereto, and is passed on to a preferably electric control device (30).

26. Method according to one of Claims 17 to 25, **characterized in that** the information about the rotational position and/or the rotational speed of the clutch (14) and/or of the flywheel (16) is determined by means of sensors (14s, 16s) which are arranged thereon or connected thereto and is passed on to the control device (30).

27. Method according to one of Claims 15 to 26, **characterized in that** the flywheel (16) is connected to an additional motor (41).

28. Method according to Claim 27, **characterized in that** the flywheel (16) is connected to the additional motor (41) in such a way that it can be switched with an additional clutch (44).

29. Method according to one of Claims 15 to 28, in particular according to Claim 18, **characterized in that** in the starting process the flywheel (16) which is connected to the drive (10) is accelerated to the working rotational speed using the additional motor (41).

30. Method according to one of Claims 15 to 29, in particular according to Claim 17, **characterized in that** an emergency off is provided if a predefined period for one of the method steps (a) to (h) is exceeded.

31. Method according to one of Claims 15 to 30, in particular according to Claim 17, **characterized in that** an emergency off is provided if at least one component of the drive (10) is overloaded and/or if the maximum pressing force on the press plunger (24) is exceeded.

32. Method according to one of Claims 15 to 31, in particular according to Claims 30 or 31, **characterized in that** when the emergency off is triggered at least one brake device is connected to the drive (10) or, forming part of the drive (10), places the drive (10) in the state of rest immediately.

33. Method according to one of Claims 15 to 32, **characterized in that** in order to "brake free" a drive which has jammed there is provision for

- a) the clutch (14) to be disengaged in order to separate the flywheel (16) from the drive (10);
- b) the flywheel (16) to be accelerated, preferably to a rotational speed which corresponds to the rotational speed of the flywheel (16) at the work-

ing speed of the eccentric (22), with a direction of rotation opposed to the working direction of rotation;

c) the flywheel (16) to be briefly connected to the drive (10) by engaging the clutch (14);

d) the flywheel (16) to be disconnected from the drive (10) by disengaging the clutch (14);

e) the flywheel (16) to be braked using the additional motor (41) and/or using a brake device, preferably embodied as part of the brake device according to Claim 32.

34. Method according to one of Claims 17 to 32, **characterized in that** there is provision for the drive to be operated only at the working rotational speed by engaging the clutch (14) in order to connect the flywheel mass (16) to the drive (10) in a rotationally locked fashion, and by increasing the rotational speed of the eccentric (22) from the stationary state to the working rotational speed.

Revendications

1. Système d'entraînement pour une machine de forage avec un arbre d'excentrique avec un coulisseau de presse, de préférence une presse à excentrique, comportant un système d'entraînement, destiné à entraîner un arbre d'excentrique et muni d'un servomoteur, et comportant un volant apte à être relié au système d'entraînement, l'arbre d'excentrique étant réalisé sous forme d'arbre de sortie du système d'entraînement muni du servomoteur, et le système d'entraînement étant réalisé de telle sorte que l'arbre d'excentrique effectue une phase de travail et une phase de transport pendant un tour de rotation, sachant que, dans la phase de travail, l'arbre d'excentrique tourne avec la vitesse de rotation de travail et effectue une étape de travail et, dans la phase de transport, l'arbre d'excentrique tourne avec une vitesse de rotation de transport, sachant qu'il est prévu que l'arbre d'excentrique, tant dans la phase de travail que dans la phase de transport, est relié au servomoteur et que le système d'entraînement (10) muni du servomoteur est réalisé avec un moment d'inertie variable, **caractérisé en ce que** le système d'entraînement peut être accouplé au volant (16) et désaccouplé de celui-ci de telle sorte que

- a) dans la phase de travail, le système d'entraînement est accouplé au volant (16) pendant le déroulement de l'étape de travail,
- b) après l'étape de travail, l'énergie consommée avec le servomoteur est à nouveau acheminée vers le volant, et
- c) dans la phase de transport avec la vitesse de

- rotation de transport, le système d'entraînement est désaccouplé du volant (16).
2. Système d'entraînement selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le volant (16) est relié au système d'entraînement (10) par l'intermédiaire d'un embrayage (14) hydraulique ou pneumatique ou à commande électrique. 5
 3. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'embrayage (14) relié au volant (16) coopère avec une boîte de vitesses agencée entre le servomoteur (11) et l'arbre d'excentrique. 10
 4. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'embrayage (14) relié au volant (16) coopère avec l'arbre d'excentrique (22). 15
 5. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'embrayage (14) relié au volant (16) coopère avec des pignons (12m) du servomoteur (11). 20
 6. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** dispositif de commande (30), de préférence électrique, est prévu pour le système d'entraînement (10). 25
 7. Système d'entraînement selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande (30) est relié à des capteurs (11 s, 14s, 16s, 22s), qui sont disposés sur le servomoteur (11) et/ou l'embrayage (14) et/ou le volant (16) et/ou l'arbre d'excentrique (22). 30
 8. Système d'entraînement selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les capteurs sont réalisés sous forme de capteurs de position de rotation et/ou de capteurs de vitesse de rotation. 35
 9. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le volant (16) est relié à un entraînement supplémentaire (40) formé par au moins un moteur supplémentaire (41). 40
 10. Système d'entraînement selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le volant (16) est relié, par l'intermédiaire d'un embrayage supplémentaire (44), de manière embrayable, avec le moteur supplémentaire (41). 45
 11. Système d'entraînement selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** le moteur supplémentaire (41) est réalisé sous forme de servomoteur. 50
 12. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le système d'entraînement est réalisé avec un dispositif d'arrêt d'urgence. 55
 13. Système d'entraînement selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le dispositif d'arrêt d'urgence est relié au dispositif de commande (30) et/ou à un capteur de pression disposé sur le coulisseau de presse (24).
 14. Système d'entraînement selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif d'arrêt d'urgence est réalisé avec au moins un dispositif de frein apte à être relié au système d'entraînement (10) ou faisant partie du système d'entraînement (10).
 15. Procédé de commande d'un système d'entraînement à vitesse de rotation variable, comportant un arbre d'excentrique formant un arbre de sortie avec un servomoteur, pour une machine de formage avec un coulisseau de presse, de préférence une presse à excentrique, le système d'entraînement pouvant être commandé de telle sorte que, pendant un tour de rotation de l'arbre d'excentrique, il tourne de manière variable avec une vitesse de rotation de travail et une vitesse de rotation de transport, afin de faire varier la vitesse de l'arbre d'excentrique sur un tour de rotation, **caractérisé en ce que** l'arbre d'excentrique, tant dans la vitesse de rotation de travail que dans la vitesse de rotation de transport, est entraîné par le servomoteur, **en ce que**, dans la zone de la vitesse de rotation de travail, le moment d'inertie du système d'entraînement (10) est augmenté, du fait qu'un volant (16) est accouplé à l'arbre d'excentrique (22), **en ce que**, après l'étape de travail, l'énergie consommée avec le servomoteur est à nouveau acheminée vers le volant, et **en ce que**, dans la zone en dehors de la vitesse de rotation de travail, en particulier dans la zone de la vitesse de rotation de transport, le moment d'inertie du système d'entraînement (10) est diminué, du fait que le volant (16) est désaccouplé de l'arbre d'excentrique (22).
 16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** la variation du moment d'inertie du système d'entraînement (10) est assurée par l'accouplement ou le désaccouplement d'une masse d'inertie rotative.
 17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** le système d'entraînement (10) fonctionne cycliquement selon la procédure suivante :

- a) mise en oeuvre du processus de formage et transmission de l'énergie, emmagasinée dans la masse d'inertie (16), au système d'entraînement (10) en association avec la diminution de la vitesse de rotation de l'arbre d'excentrique (22) ;
- b) fin du processus de formage lorsque le point mort inférieur (TU) est atteint et augmentation de la vitesse de rotation de l'arbre d'excentrique (22) à la vitesse de rotation de travail ;
- c) débrayage de l'embrayage (14) pour séparer la masse d'inertie (16) du système d'entraînement (10) ;
- d) augmentation de la vitesse de rotation de l'arbre d'excentrique (22) à la vitesse de rotation de transport ;
- e) freinage de l'arbre d'excentrique (22) à la vitesse de rotation de travail lorsque le point mort supérieur (TO) est atteint ;
- f) synchronisation des vitesses de rotation des moitiés de l'embrayage (14) ;
- g) accouplement de l'embrayage (14) pour relier la masse d'inertie (16) de manière immobile en rotation avec le système d'entraînement (10) ;
- h) répétition cyclique des étapes a) à g).
18. Procédé selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** dans le processus de démarrage sont prévus l'accouplement de l'embrayage (14) pour relier la masse d'inertie (16) de manière immobile en rotation avec le système d'entraînement (10), et l'augmentation de la vitesse de rotation de l'arbre d'excentrique (22) pour parvenir, à partir de la position d'arrêt, à la vitesse de rotation de travail.
19. Procédé selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** la masse d'inertie (16) selon a) et/ou b) et/ou g) est reliée par l'intermédiaire de l'embrayage (14) à l'arbre de sortie du servomoteur (11).
20. Procédé selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** la masse d'inertie (16) selon a) et/ou b) et/ou g) est reliée par l'intermédiaire de l'embrayage (14) à l'arbre intermédiaire (18).
21. Procédé selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** la masse d'inertie (16) selon a) et/ou b) et/ou g) est reliée par l'intermédiaire de l'embrayage (14) à l'arbre d'excentrique (22).
22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 21, **caractérisé en ce que** l'augmentation de la vitesse de rotation de l'arbre d'excentrique (22) selon b) et/ou d) est effectuée sous l'effet du servomoteur (11).
23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 22, **caractérisé en ce que** le ralentissement de la vitesse de rotation de l'arbre d'excentrique (22) selon e) est effectué sous l'effet du servomoteur (11).
24. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 22, **caractérisé en ce que** la synchronisation de la vitesse de rotation des moitiés de l'embrayage (14) selon f) est effectuée sous l'effet du servomoteur (11).
25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 24, **caractérisé en ce que** les informations sur la position de rotation et/ou la vitesse de rotation du système d'entraînement (10) ou de l'un de ses composants, tels que l'arbre d'excentrique (22), sont déterminées par des capteurs (11 s, 14s, 16s, 22s) qui sont disposés sur les composants du système d'entraînement (10) ou sont reliés à ceux-ci, et sont transmises vers un dispositif de commande (30), de préférence électrique.
26. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 25, **caractérisé en ce que** les informations sur la position de rotation et/ou la vitesse de rotation de l'embrayage (14) et/ou du volant (16) sont déterminées par des capteurs (14s, 16s) qui sont disposés sur ceux-ci ou sont reliés à ceux-ci, et sont transmises vers un dispositif de commande (30).
27. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 26, **caractérisé en ce que** le volant (16) est relié à un moteur supplémentaire (41).
28. Procédé selon la revendication 27, **caractérisé en ce que** le volant (16) est relié à un embrayage supplémentaire (44) de manière embrayable avec le moteur supplémentaire (41).
29. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 28, en particulier selon la revendication 18, **caractérisé en ce que**, dans le processus de démarrage, l'accélération du volant (16), qui est relié au système d'entraînement (10), à la vitesse de transport de travail est effectuée au moyen du moteur supplémentaire (41).
30. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 29, en particulier selon la revendication 17, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un arrêt d'urgence lorsqu'un intervalle de temps prédéfini pour une des étapes a) à h) est dépassé.
31. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 30, en particulier selon la revendication 17, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un arrêt d'urgence lorsque au moins un composant du système d'entraînement (10) est en surcharge et/ou lorsque la force de pression maximale sur le coulisseau de presse (24) est dépassée.

32. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 31, en particulier selon la revendication 30 ou 31, **caractérisé en ce que**, lors du déclenchement de l'arrêt d'urgence, au moins un dispositif de frein est relié au système d'entraînement (10) ou, en tant que partie du système d'entraînement (10), amène le système d'entraînement (10) immédiatement dans la position de repos. 5
33. Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 32, **caractérisé en ce que** pour « décoller » un entraînement bloqué, il est prévu : 10
- a) de débrayer l'embrayage (14) pour séparer le volant (16) du système d'entraînement (10) ; 15
 - b) d'accélérer le volant (16), de préférence à une vitesse de rotation qui correspond à la vitesse de rotation du volant (16) dans la vitesse de rotation de travail de l'arbre d'excentrique (22), avec un sens de rotation opposé au sens de rotation de travail ; 20
 - c) de relier pendant un court laps de temps le volant (16) avec le système d'entraînement (10) par un accouplement de l'embrayage (14) ;
 - d) de séparer le volant (16) du système d'entraînement (10) par un débrayage de l'embrayage (14) ; 25
 - e) de freiner le volant (16) au moyen du moteur complémentaire (41) et/ou au moyen d'un dispositif de frein, de préférence réalisé sous la forme d'une partie du dispositif de frein selon la revendication 32. 30
34. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 32, **caractérisé en ce qu'il** est prévu d'exploiter le système d'entraînement seulement dans la vitesse de rotation de travail par un accouplement de l'embrayage (14) pour relier la masse d'inertie (16) de manière immobile en rotation avec le système d'entraînement (10) et par l'augmentation de la vitesse de rotation de l'arbre d'excentrique (22) pour parvenir, à partir de la position d'arrêt, à la vitesse de rotation de travail. 35 40

45

50

55

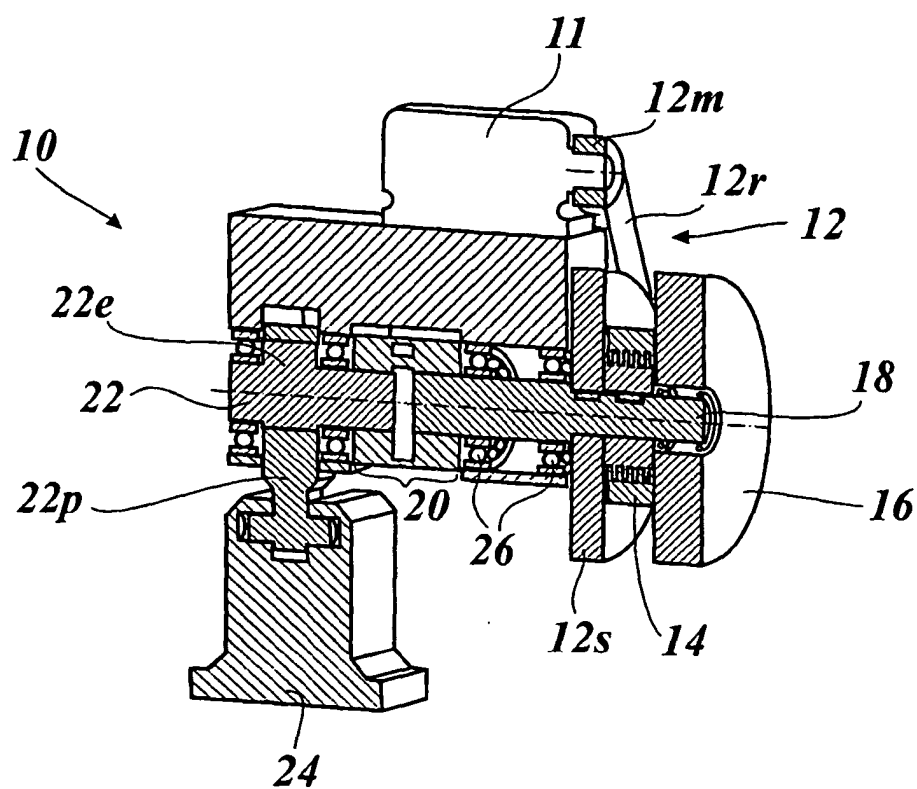


Fig. 1

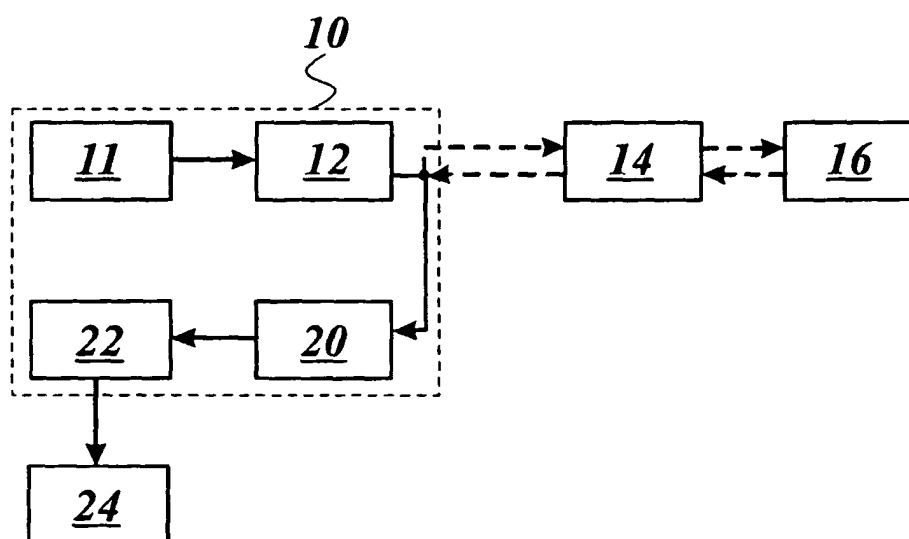


Fig. 2

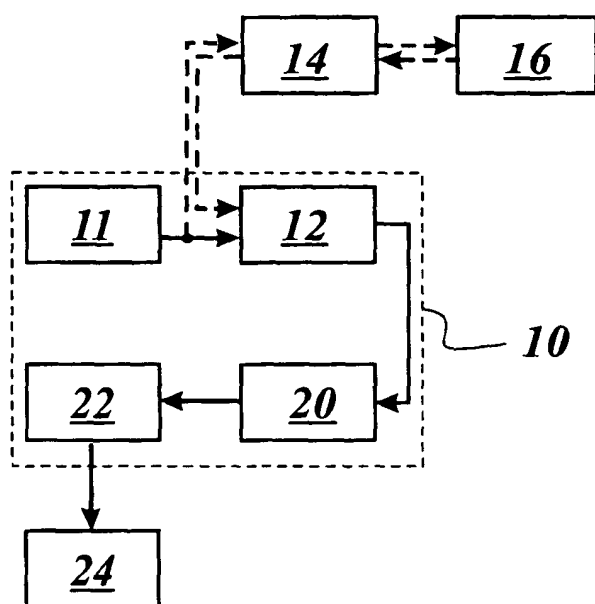


Fig. 3

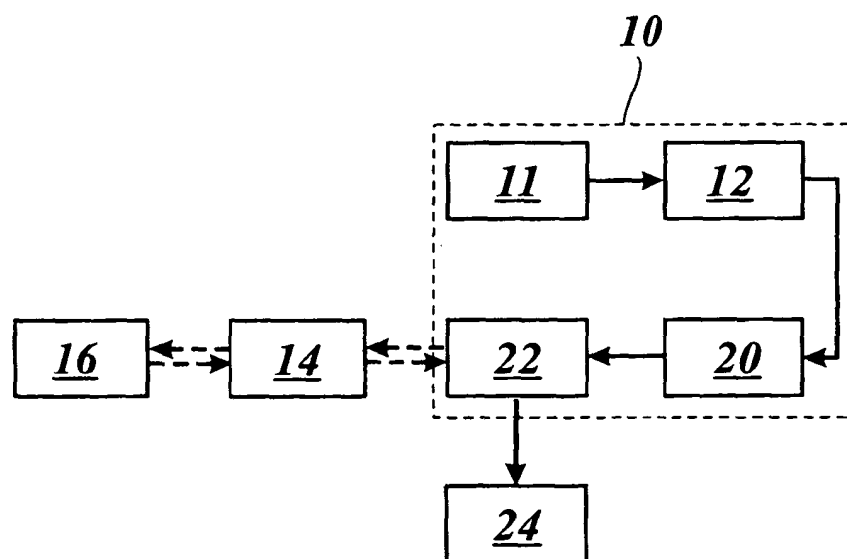


Fig. 4

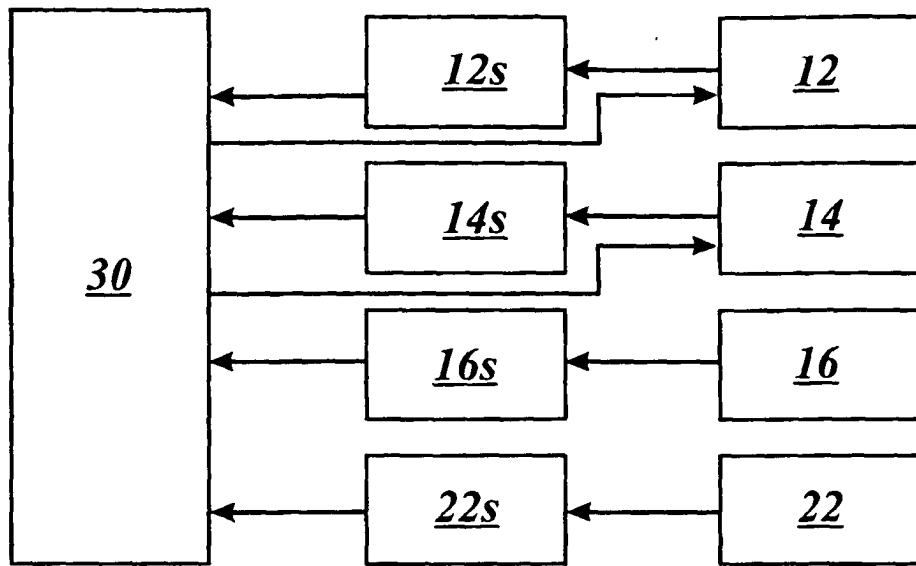


Fig. 5

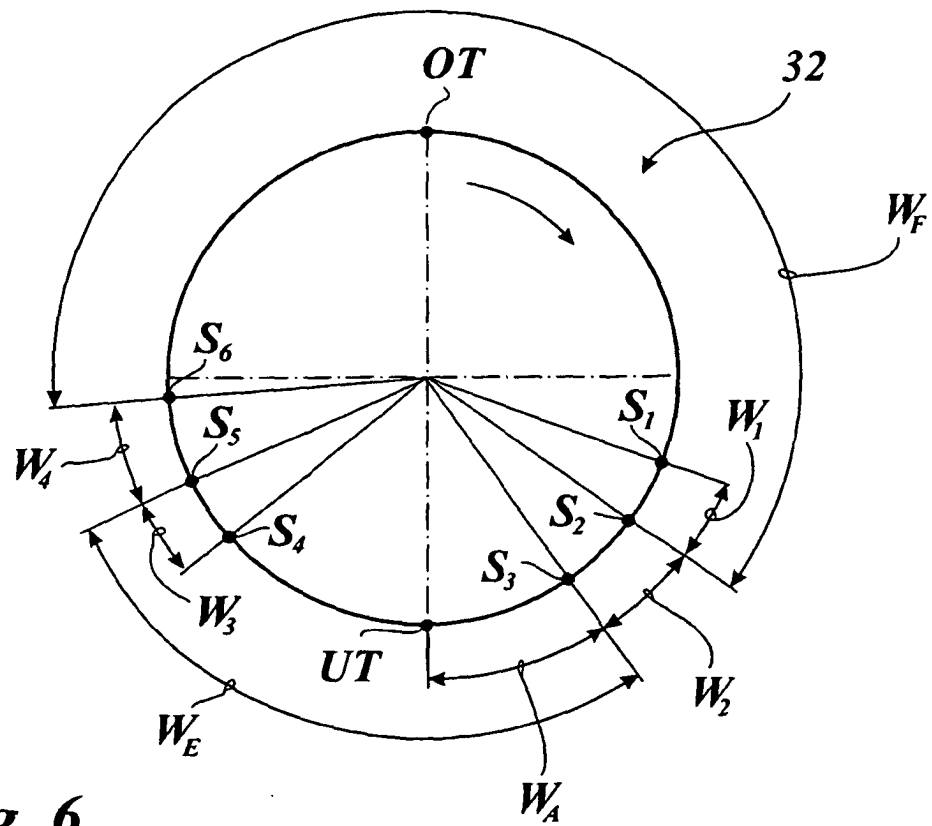


Fig. 6

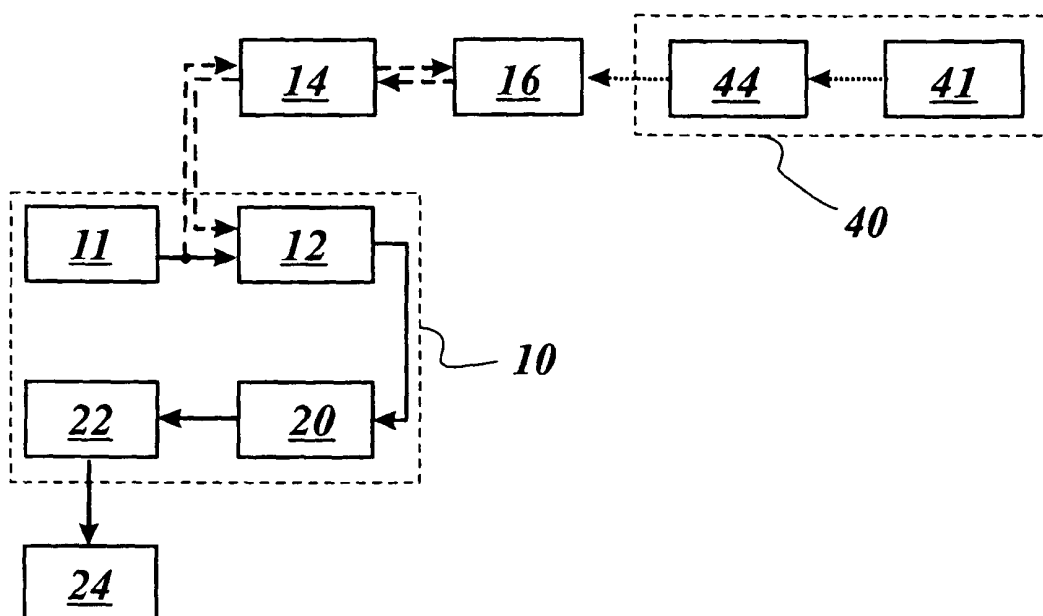


Fig. 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4309785 C2 [0006]
- DE 19601300 [0006]
- DE 1294809 [0007]
- DE 884278 [0008]
- US 20040003729 A1 [0009]
- WO 2004056559 A1 [0010]
- US 5832816 A [0011]
- DE 4109796 A1 [0012]