



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 536 650 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **92116877.9**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **F26B 17/24, F26B 7/00**

22 Anmeldetag: **02.10.92**

30 Priorität: **11.10.91 DE 4133642**

**W-5241 Niederfischbach(DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**14.04.93 Patentblatt 93/15**

72 Erfinder: **Mayer, Gerd Ph., Dr.**  
**Erwin-Bänz-Strasse 63**  
**W-7120 Bietigheim-Bissingen(DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC**  
**NL PT SE**

74 Vertreter: **Hiebsch, Gerhard F., Dipl.-Ing. et al**  
**Hiebsch & Peege Patentanwälte Postfach464**  
**Erzbergerstrasse 5a**  
**W-7700 Singen 1 (DE)**

71 Anmelder: **Alb. Klein GmbH & Co. KG**  
**Postfach 27**

### 54 Verfahren und Vorrichtung zum Trocknen feuchter Substanzen.

57 Bei einem Verfahren zum Trocknen von feuchten Substanzen --insbesondere von Filterkuchen, beispielsweise Preßkuchen aus Filterpressen, Zentrifugen od.dgl. -- unter Temperatureinfluß wird die zu trocknende Substanz mit hoher Geschwindigkeit gegen eine überhitzte Prallfläche geschleudert und auf dieser mittels der Substanz entzogener Flüssigkeit ein dünner Film hergestellt. An einer für dieses Verfahren besonders geeigneten Vorrichtung mit ei-

nem -- Zulauf- und Austragseinrichtungen aufweisenden beheizten Trockner 10 -- ist ein Drehteller (34) um die Achse (A) des Trockners (10) bewegbar vorgesehen und gegenüber dessen Randbereich (35) eine beheizte Prallfläche (36) der Gefäßwandung (33) angeordnet. Diese Prallfläche (36) ist bevorzugt in einem Vakuum angeordnet, auch kann ihr zumindest ein Abstreifer (50) zugeordnet sein.

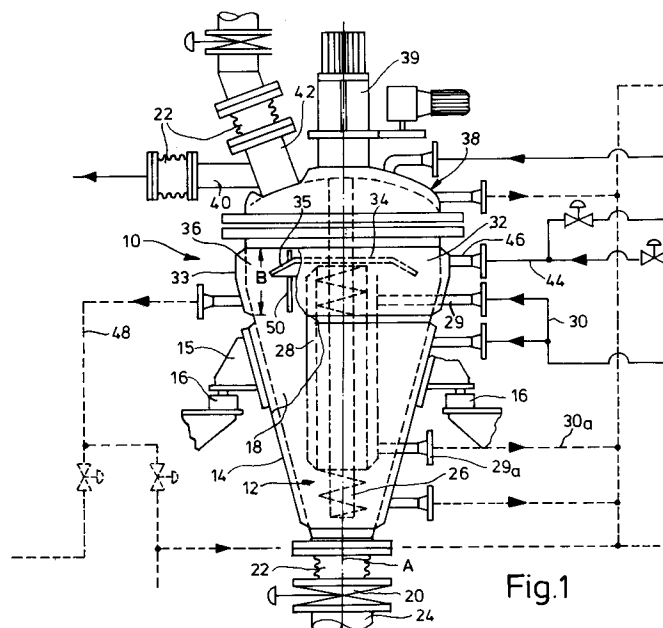


Fig.1

EP 0 536 650 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Trocknen von feuchten Substanzen -- insbesondere von Filterkuchen, beispielsweise aus Preßkuchen aus Filterpressen, Zentrifugen od.dgl. -- unter Temperatureinfluß. Zudem erfaßt die Erfindung eine Vorrichtung zum Trocknen feuchter Substanzen mittels eines beheizten Trockners mit Zulauf- und Ausstragseinrichtungen, die zur Durchführung jenes Verfahrens geeignet ist.

Es ist allgemein bekannt, Substanzen in beheizten Gefäßen zu trocknen, auch werden konisch ausgebildete Trocknungsgefäße eingesetzt, die zur Reinigung der Behälterwand sowie zum Durchmischen des Feststoffes mit einer wandumlaufenden Schnecke ausgerüstet sind.

In Kenntnis dieses Standes der Technik hat sich der Erfinder das Ziel gesetzt, das Trocknen von feuchten Substanzen eingangs genannter Art, insbesondere von industriellen Filterkuchen, weitgehend zu verbessern.

Zur Lösung dieser Aufgabe führt, daß die zu trocknende Substanz mit hoher Geschwindigkeit gegen eine überhitzte Prallfläche geschleudert und auf dieser mittels der Substanz entzogener Flüssigkeit ein dünner Film hergestellt wird, der später verdampft.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung soll die hohe Geschwindigkeit durch die zentrifugale Kraft eines axial gelagerten Drehtellers erzeugt werden.

Nach der erfindungsgemäßen Lehre soll ein mechanischer -- bevorzugt durch die Zentrifugalkraft erzeugter -- Effekt die thermische Trocknung mit oder ohne Einsatz der Vakuumtechnik überlagern sowie eine verfahrenstechnisch und wirtschaftlich bewertete Automatisierung und Optimierung der thermischen Trocknung durch den Einsatz eines gravimetrischen Meß-Prinzips angeboten werden.

Aufgrund der physikalischen Zusammenhänge von Druck und Temperatur bezüglich des Siedepunktes von Flüssigkeiten ist es möglich, Substanzen schonend, d.h. bei relativ niedrigen Temperaturen, im Vakuum zu trocknen. Die Vakuumtrocknung ist immer dann die beste Lösung eines Trocknungsproblem, wenn das zu trocknende Produkt bei höherer Temperatur beschädigt wird. Vorteilhaft ist diese Trocknung auch dann, wenn unter Ausschluß von Sauerstoff getrocknet werden muß, toxische oder schädliche Nebenprodukte der Trocknung nicht unkontrolliert emittieren sollen, oder auch, wenn man unter Reinraum-Bedingungen arbeiten möchte. Ebenfalls ist z.B. die Rückgewinnung von Lösungsmitteln möglich.

Sieht man von der Höhe und Art der Temperatureinführung ab, ist von wesentlichem Einfluß die Behandlung des Produktes im verfahrenstechnischen Raum. Aus diesem Grund sind in vielen

Trocknerbauarten Mischwerkzeuge eingebaut, die durch eine -- mehr oder weniger -- ständige Durchmischung und Bewegung des Produktes eine optimale, d.h. schnelle und vollständige Trocknung bewirken sollen. Die beeinflussende Wirkung der Mischerdrehzahl auf die Geschwindigkeit der Trocknung ist für verschiedene Produkte bekannt. Definiert man eine Mischgütekennzahl N, so sollte diese für mechanisch durchmischte Schüttungen im Trockner zwischen ca. 2 und 25 liegen. Für die Mischgütekennzahl N gilt:

$$N_{\text{mix}} = cFr^*$$

worin

c ein Regressionsparameter ist, der beispielsweise für Schaufeltrockner den Wert 9 annimmt, für Scheibentrockner etwa den Wert 25. Die Verdampfungsgeschwindigkeit bzw. die Menge der verdampften Flüssigkeit kann folgendermaßen angegeben werden:

$$1/N_{\text{mix}}^{0.2...0.3}$$

Die Froudezahl Fr ist definiert zu.

$$Fr = \frac{(2n)^2 \cdot D}{2g}$$

worin die Drehzahl des Mischwerkzeuges ist und D dessen Durchmesser.

Bei der zentrifugalen mechanischen Entwässerung steigt der Trockengehalt bzw. es sinkt die Restfeuchte, wenn bei inkompressiblen Produkten ein höheres Entfeuchtungspotential -- ausgedrückt durch einen höheren Zentrifugalwert -- realisiert wird. Die erzielbare Restfeuchte bzw. der erzielbare Sättigungsgrad ist abhängig von produktspezifischen und maschinell bedingten Parametern. Der Sättigungsverlauf kann dimensionslos dargestellt werden in Abhängigkeit von der dimensionslosen Kenngröße Bondzahl Bo

$$B_{01} = \frac{(d_H \cdot H \cdot L \cdot g \cdot C)}{\cos^5}$$

$$B_{02} = \frac{(d^2 \cdot L \cdot g \cdot C)}{\cos^5}$$

in der wiederum die dimensionslose Kenngröße des Zentrifugalwertes C enthalten ist:

$$C = \frac{r\omega^2}{g}$$

Betrachtet man den in der Zentrifugaltechnik gebräuchlichen Zentrifugalwert C und die in der Misch- und Trocknungstechnik gebräuchliche Froudezahl Fr, so erkennt man die Identität; dies führte den Erfinder dazu, Versuche mit zentrifugaler Trenntechnik durchzuführen und erhebliche Verbesserungen in der Trocknungseffektivität von thermischen Trocknern zu erzielen.

Zur Realisierung eines mechanisch thermischen Trenn-Erfolges wird der zu trocknende Stoff nach der Befüllung in einem Trockner mittels einer Schnecke gefördert und zwar zu einem in dessen oberen Bereich erfindungsgemäß angeordneten und um die Achse des Trockners bewegbaren Drehtellers, gegenüber dessen Randbereich eine beheizte Prallfläche der Gefäßwandung angeordnet wird.

Dazu hat es sich im Rahmen der Erfindung als günstig erwiesen, diese Prallfläche in ein Vakuum zu legen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Zur Nutzung des gravimetrischen Prinzips in der hier betroffenen thermischen Trocknung wird der von der Peripherie entkoppelte bzw. flexibel mit ihr verbundene Trockner als Einheit komplett auf Druckmeßdosen gestellt, die miteinander gekoppelt sind; bei einer starren Verbindung mit der Peripherie und der Möglichkeit der Übertragung auftretender Momente, wird die Gewichtsmessung zumindest verfälscht. Die Gewichtsveränderung bzw. das momentane Gewicht kann in einer freiprogrammierbaren Steuerung erfaßt werden. Hierdurch ist ein Trocknungsprozeß verfahrenstechnisch und wirtschaftlich optimal steuerbar.

Durch die Realisierung eines mit mechanischen Mitteln überlagerten, thermischen Trockners können unter niedrigstem Aufwand bei hohem Erfolg Froudezahlen realisiert werden, die im Bereich von etwa 25 und mehr liegen, mit dem Vorteil einer Bauweise kleiner Abmessungen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; sie zeigt jeweils schematisiert in

Fig. 1:

den Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Trockner;

Fig. 2 bis Fig. 5:

Schaubilder zu einem Verfahren.

Ein Trockner 10 für die Aufbereitung von breiartigen feuchten Stoffen, insbesondere von Preßkuchen aus Filterpressen od.dgl. Suspensionen, weist einen sich abwärts konisch verjüngenden Sockelkörper 12 auf, der mit von seiner Außenwand 14 seitlich abkragenden Konsolen 15 auf Druckmeßdosen 16 lagert.

Der Innenraum 18 des Sockelkörpers 12 ist nach unten hin mittels eines --einem Schieber 20 zugeordneten -- flexiblen Balgrohres 22 an eine Rohrleitung 24 angeschlossen und nimmt eine Förderschnecke 26 auf, die im Bereich der Vertikalachse A des Trockners 10 in einem beheizten Förderkanal 28 verläuft. Letzterer ist durch Radialrohre 29 bzw. 29<sub>a</sub> an einem Zulauf 30 bzw. Ablauf

30<sub>a</sub> für Heizmedium angeschlossen.

Oberhalb des Sockelkörpers 12 ist in Fig. 1 eine dessen Außenkontur fortsetzende Schleuderzone 32 mit einem um jene Vertikalachse A bewegten Drehteller 34 zu erkennen. Dessen Tellerrand 35 ist in einem Winkel von beispielsweise 30° abwärts gerichtet und steht einer Prallfläche 36 gegenüber.

Die Schleuderzone 32 wird von einem Gefäßdeckel 38 überspannt, welcher einen Schneckenantrieb 39 trägt sowie einen zur Vertikalachse A geneigten, ein Seitenrohr 40 anbietenden Rohrstützen 42.

Das zu trocknende feuchte Material wird am oberen Ende der Förderstrecke 26/28 dem Drehteller 34 übergeben, dessen Drehzahl von der Drehzahl der Förderschnecke 26 entweder entkoppelt ist oder über ein Übersetzungsgetriebe ein Mehrfaches der Schneckendrehzahl beträgt.

Das feuchte Material wird auf dem Drehteller 34 beschleunigt und mit hoher Geschwindigkeit gegen die schräge Behälterwand 33 der Schleuderzone 32 geworfen. Dort vollzieht sich eine Trennung zwischen der anhaftenden Flüssigkeit am Partikel oder der Faser und dem Partikel selbst.

Die Behälterwand 33 ist im Aufprallbereich B dank des Zuflusses von Heizmedium durch eine Leitung 44 und einen Stützen 46 örtlich überhitzt. Die abgegebene Flüssigkeit verteilt sich in Form eines dünnen Filmes auf der Innenseite der überhitzten Behälterwand 33. Durch den Stoß wird nicht die gesamte mitgeführte Flüssigkeitsmenge abgegeben. Nach dem Stoß rutscht das Partikel oder die Faser aufgrund der Schräge der Behälterwand 33 entweder nach unten -- wobei zusätzlich Flüssigkeit abgegeben werden kann -- oder es/sie bleibt aufgrund von Flüssigkeitshaftkräften zunächst an der Behälterwand 33 hängen. Der übergebene Flüssigkeitsbetrag, ausgebildet als lokal begrenzter Film, ist instabil, da geschlossene Oberflächenspannkräfte nicht aufgebracht werden können. Unter der Einwirkung eines angelegten Vakuums und/oder der lokal überhitzten Behälterwand 33 erfolgt eine rasche Überführung der Flüssigkeit in den Dampfzustand. Dieser Dampf wird über Leitung 48 schnell nach außen abgezogen.

Bei zunächst anhaftenden Partikeln wird die Flüssigkeitsbrücke (Zwickelflüssigkeit) ebenfalls schnell verdampft, so daß die Haftkraft unterhalb des Betrages fällt, der zur Haltung des Partikels oder der Faser erforderlich ist. Zusätzlich kann ein bei 50 angedeuteter umlaufender Schaber angebracht werden, der eine Zwangsförderung der Partikel nach unten bewirkt. Durch Einwirkung der allseitigen Beheizung und eines Vakuums wird der sich im unteren Teil des Trockners 10 ansammelnde Feststoff weiter getrocknet. Der Vorgang kann durch eine permanente Umföderung beliebig oft

wiederholt werden.

Die Trocknungszeit ist keine starre, fest eingestellte Größe, sondern variabel zu halten: Der Trockner 10 kann so lange befüllt werden, bis ein --innerhalb technischer Grenzen einstellbares -- Maximalgewicht erreicht ist. Der Füllvorgang wird dann durch Schließen z.B. des Schiebers 20 beendet. Der einsetzende Trocknungsvorgang bewirkt durch den Abzug verdampfender Flüssigkeit eine Reduzierung des Gewichtes.

Ein typischer Verlauf des abnehmenden Gewichts in Abhängigkeit von der Trocknungszeit wird in Fig. 2 dargestellt. Dort ist über der Trocknungszeit  $t$  in Sekunden das Feststoffgewicht  $F$  in Kg aufgetragen, wobei die Linie G das Gewicht des trockenen Feststoffes zeigt und Linie M das maximale Füllgewicht. Das maximale Gewicht ist bei begrenzten verfügbaren Trocknervolumen abhängig von der spezifischen Stoffdichte und vom Schüttgewicht des Materials. Es ist frei bestimmbar innerhalb der technischen Grenzen. Mit  $t_F$  ist die Füllzeit (variabel durch Gewichtsmessung) bezeichnet, mit  $t^*$  die Abbruchzeit für die Trocknung.

Während üblicherweise nach einer fest eingestellten Trocknungszeit der Trocknungsvorgang beendet wird, kann bei Anwendung des gravimetrischen Prinzips durch die Messung eines Gradienten  $G/t$  die Trocknungszeit variabel gehalten werden. Durch den Vergleich mehrerer, aufeinander folgenden Gradienten kann der Trocknungsvorgang automatisch abgebrochen werden, wenn gilt  $G/t < y$ , wobei  $y$  ein festzulegender Wert ist.

Bei gleichem wirtschaftlichem oder verfahrenstechnischem Ergebnis können unterschiedliche Füllmengen verarbeitet werden. Entsprechend Fig. 3 wird das Trocknungsergebnis gleich gehalten, wenn von Charge zu Charge unterschiedliche Einfüllmengen anfallen. Wäre im Fall der Kurven (a) und (b) die gleiche fest eingestellte Zeit vereinbart, so wäre dies im Falle (b) unwirtschaftlich, da zu lange uneffektiv getrocknet werden würde. Durch die Vereinbarung eines Abbruch-Gradienten wird die Trocknungszeit im Fall (b) automatisch auf  $t_b^*$  verkürzt; es sind in dem Schaubild zur variablen Trocknungszeit bei unterschiedlichen Füllgewichten

$t_{F(a)}$  = Füllzeit für Produkt / Gewicht (a)

$t_{F(b)}$  = Füllzeit für Produkt / Gewicht (b)

$t_{(b)}^*$  = Abbruchzeit für Material (b)

da:  $G/t < y$

$t_{(a)}^*$  = Abbruchzeit für Material (a)

da:  $G/t < y$

Es können unterschiedliche Feststoffkonzentrationen/Flüssigkeitsgehalte verarbeitet werden: ist ein Trockner auf eine feste Trocknungszeit eingestellt und schwankt der Eingangsfeststoffgehalt erheblich, so ist das Trock-

nungsergebnis nicht ausreichend. Entsprechend Fig. 4 kann durch den Einsatz der gravimetrischen Messung die Trocknungszeit automatisch verlängert werden, wenn bei gleichem Eingangsgewicht eine niedrigere Feststoffkonzentration vorlag und mehr Flüssigkeit verdampft.

In Fig. 4 sind

I = Kurve der anfänglich höheren Feststoffkonzentration;

II = Kurve der anfänglich niedrigeren Feststoffkonzentration;

$t_F$  = Füllzeit;

$t_H^*$  = Abbruchzeit bei höher konzentriertem Einlauf;

$t_N^*$  = Abbruchzeit bei niedrig konzentriertem Einlauf.

In einer Anlage können Flüssigkeiten unterschiedlicher Konsistenz variabel verdampft werden. In Fig. 5 wird eine Abbruchzeit  $t_s^*$  für eine schwer zu verdampfende Flüssigkeit (Kurve III) eingestellt. Ändert sich die Flüssigkeit oder nur ein Teil der Flüssigkeitseigenschaften, kann durch das gravimetrische Prinzip die Trocknungszeit automatisch auf  $t_L^*$  verkürzt (oder auch verlängert) werden, wobei  $t_L^*$  die Abbruchzeit für leicht zu verdampfende Flüssigkeiten (Kurve IV) ist.

Das Ergebnis bzw. der Nutzen ist in allen Fällen das Erreichen eines konstanten verfahrenstechnischen Ergebnisses sowie die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit einer Anlage, da vor allem unnötig lange Belegzeiten für eine Charge vermieden werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Trocknen von feuchten Substanzen, insbesondere von Filterkuchen, beispielsweise Preßkuchen aus Filterpressen, Zentrifugen od.dgl. unter Temperatureinfluß, dadurch gekennzeichnet, daß die zu trocknende Substanz mit hoher Geschwindigkeit gegen eine überhitzte Prallfläche geschleudert und auf dieser mittels der Substanz entzogener Flüssigkeit ein dünner Film hergestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit durch Zentrifugalkräfte erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß an der Prallfläche ein Vakuum erzeugt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Film verdampft wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die entstehende Trockensubstanz von der Prallfläche nach unten geführt und dort weiter getrocknet wird. 5
6. Vorrichtung zum Trocknen feuchter Substanzen mittels eines beheizten Trockners mit Zulauf- und Austragseinrichtungen, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach wenigstens einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Drehteller (34) um die Achse (A) des Trockners (10) bewegbar vorgesehen und gegenüber dessen Randbereich (35) eine beheizte Prallfläche (36) der Gefäßwandung (33) angeordnet ist. 10  
15
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Prallfläche (36) in einem Vakuum angeordnet ist und/oder derr Randbereich (35) des Drehtellers (34) abwärts geneigt ist. 20
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Prallfläche (36) zumindest ein Abstreifer (50) zugeordnet ist. 25
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich die ringförmige Prallfläche (36) wenigstens in ihrem unteren Bereich abwärts verjüngt. 30
10. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich der zum Drehteller (34) hin mit einer axialen Förderschnecke (26) versehene Trockner (10) von der Prallfläche (36) weg konisch verjüngt, wobei gegebenenfalls die drehbar angetriebene Förderschnecke (26) in einem beheizten Förderkanal (28) verläuft. 35  
40
11. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Trockner (10) auf Druckmessdosen (16) lagert, wobei gegebenenfalls die Druckmessdosen (16) miteinander gekoppelt sind. 45

50

55

5

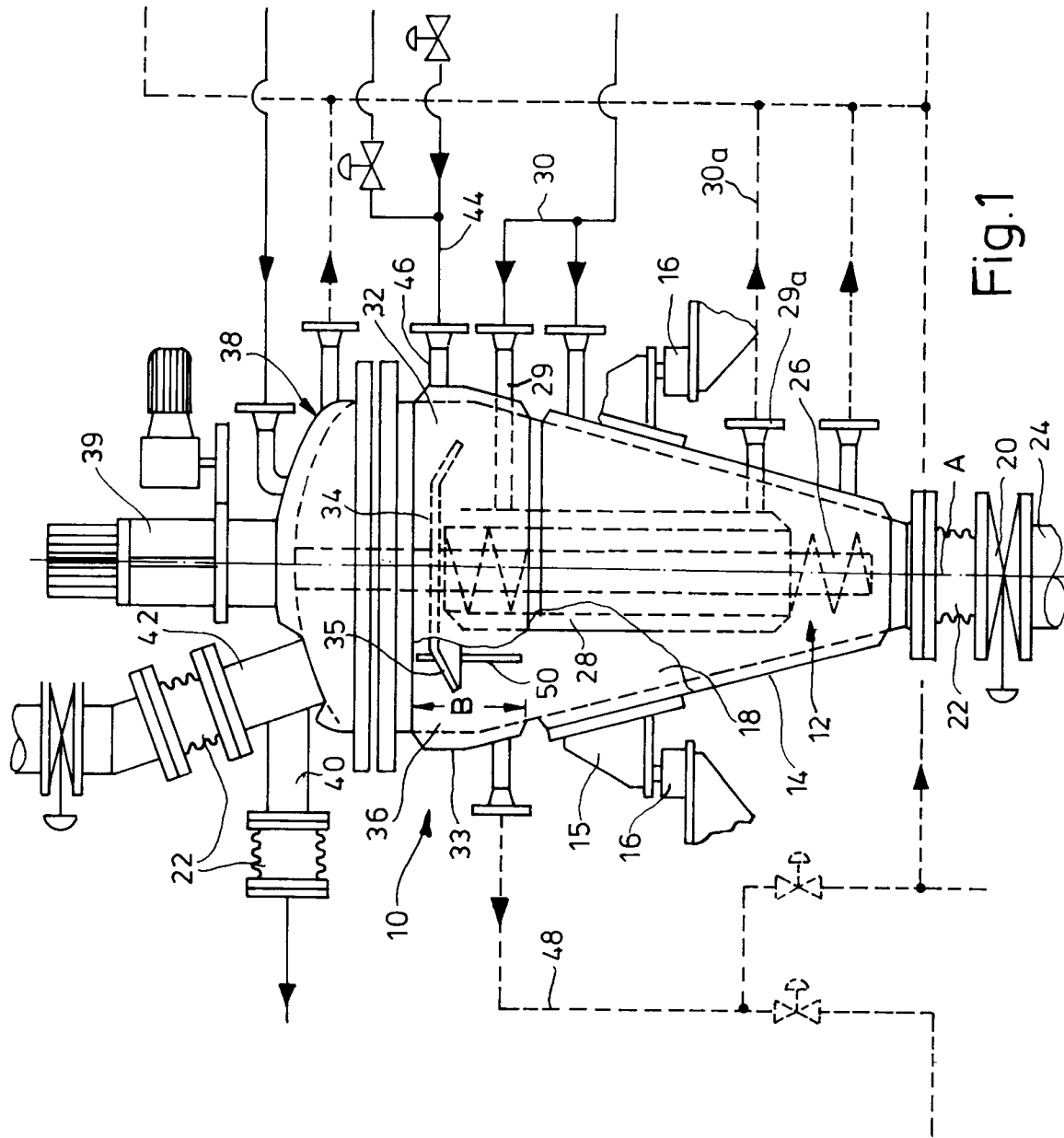


Fig.1

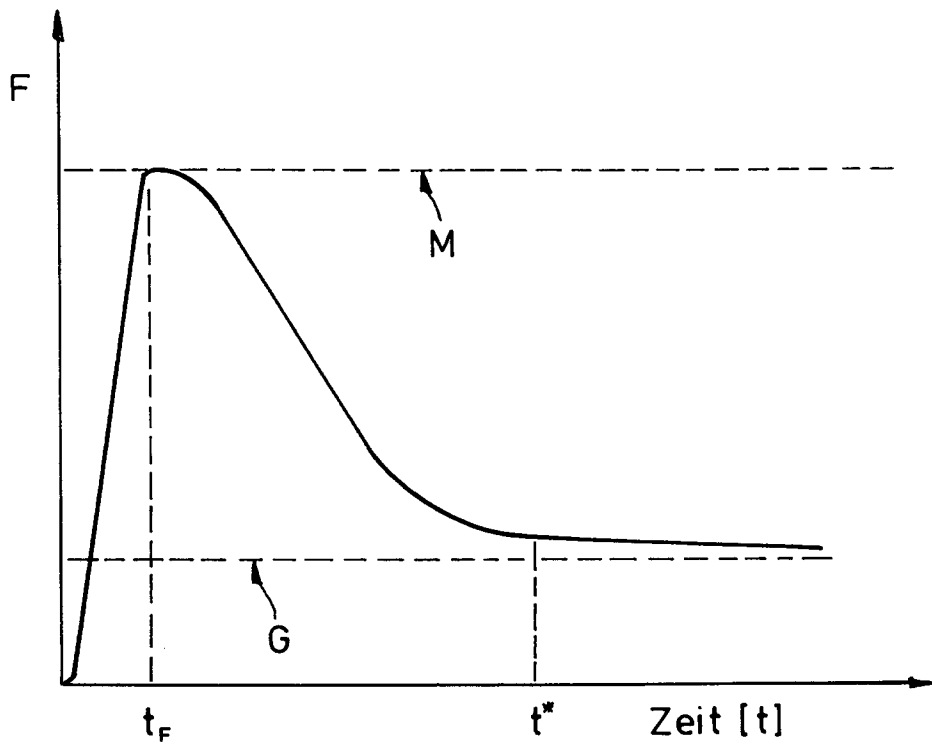


Fig.2

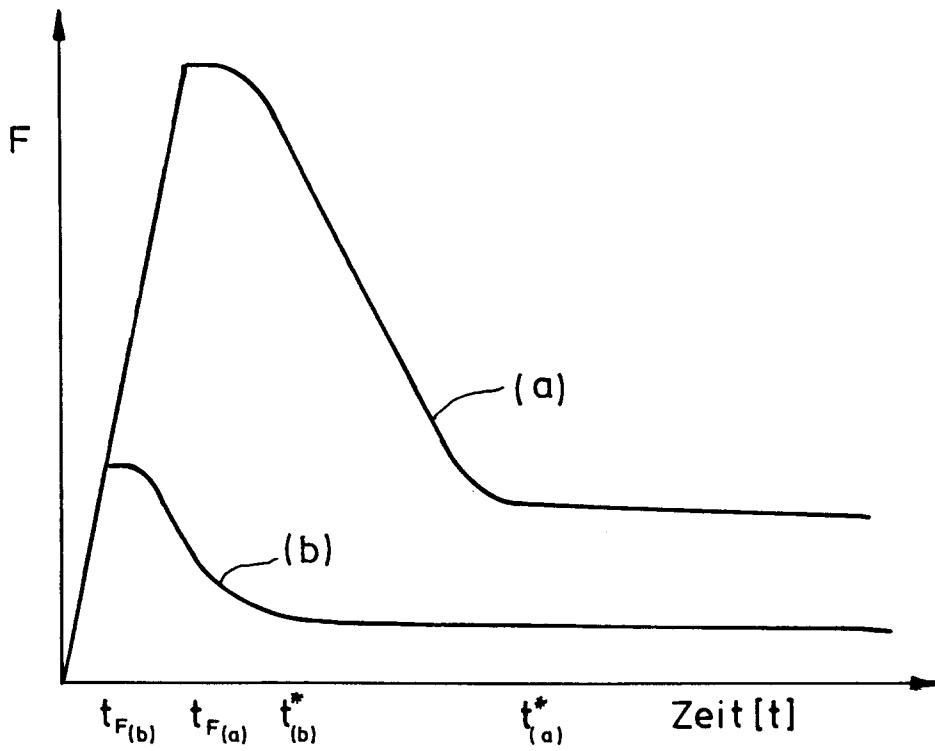


Fig.3

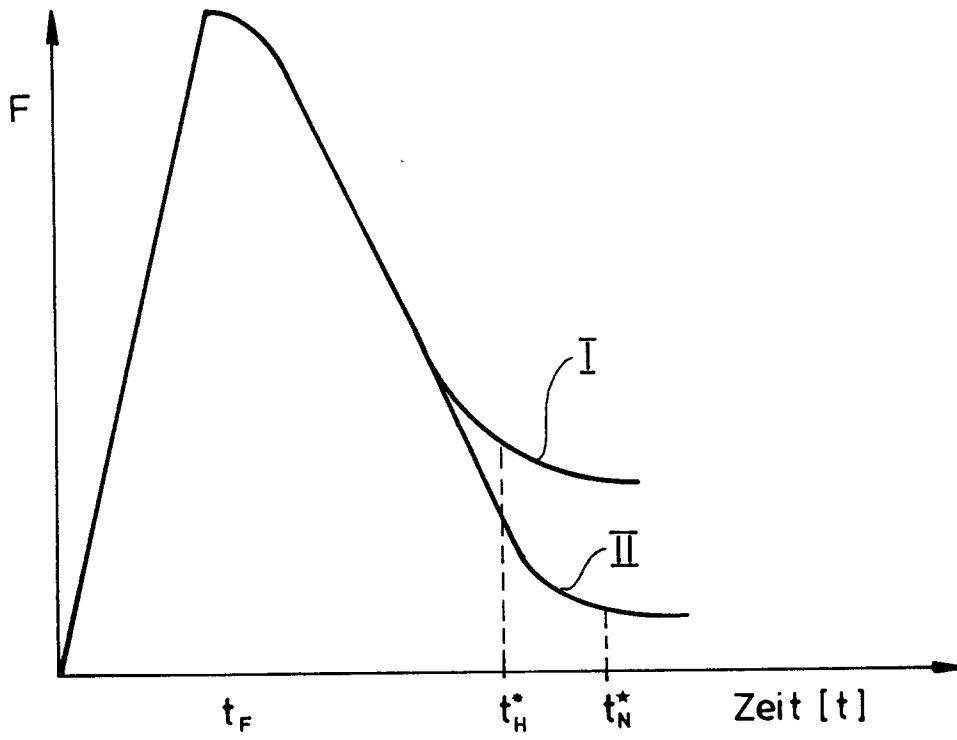


Fig.4

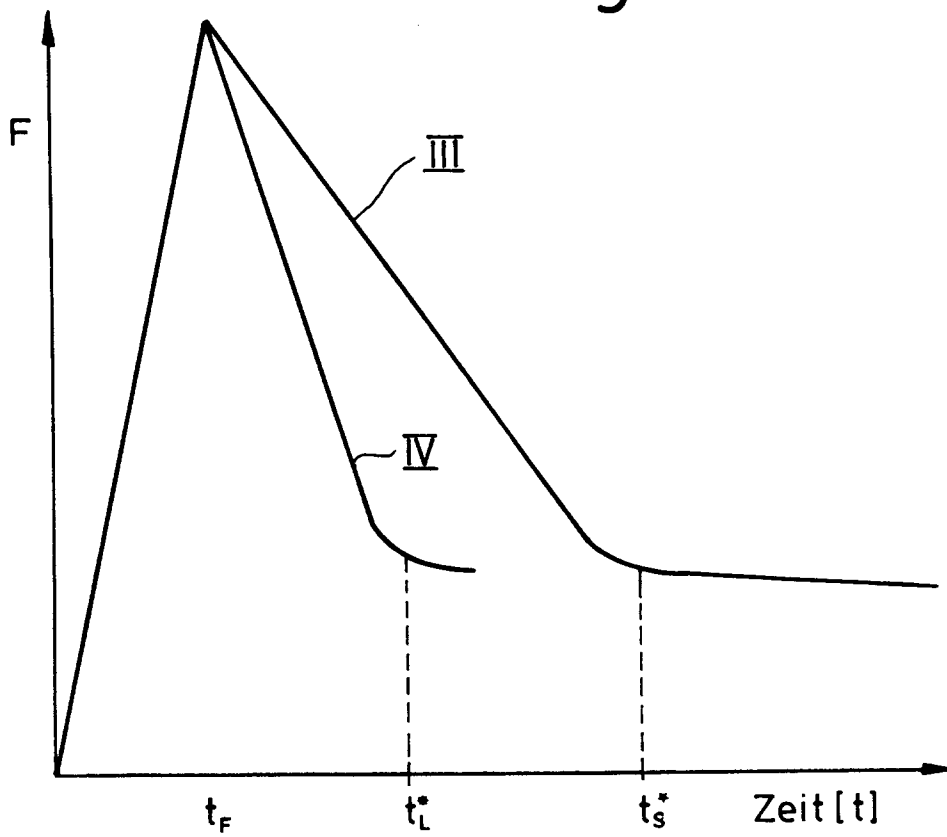


Fig.5



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 6877

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Y	DE-B-1 182 601 (GESELLSCHAFT FÜR GETREIDEHANDEL AKTIENGESELLSCHAFT) * das ganze Dokument * ---	1-6	F26B17/24 F26B7/00
Y A	DE-B-1 152 060 (LIPCHITZ) * das ganze Dokument * ---	1-6 10	
A	AT-B-305 212 (BUSS A.G.) * das ganze Dokument * ---	1,2,5,6, 8,10	
A	EP-A-0 411 357 (GESELLSCHAFT FÜR KORROSIONSFORSCHUNG MBH) * das ganze Dokument * ---	1,2,6	
A	DE-A-3 009 332 (ITO) * das ganze Dokument * ---	1,2,5,6, 7	
A	EP-A-0 254 372 (STAMICARBON B.V.) * Abbildungen 11,12 * ---	1,2,5,6, 9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 448 766 (ALFRED BOLZ GMBH & CO. KG) * das ganze Dokument * -----	6-10	F26B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchemort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 13 JANUAR 1993	Prüfer SILVIS H.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P0403)