



Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: **AT 401 751 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1131/91

(51) Int.Cl.⁶ : **B29C 43/26**
B29C 67/12

(22) Anmeldetag: 4. 6.1991

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 4.1996

(45) Ausgabetag: 25.11.1996

(30) Priorität:

5. 6.1990 DE 4017978 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

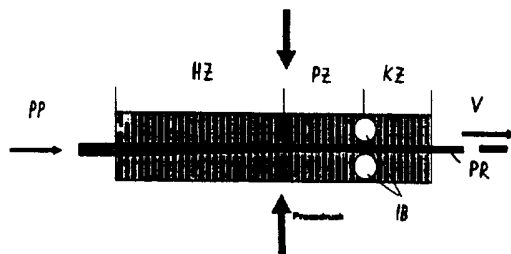
DE 2113741B DE 1653242C3 DE 1187785B DE 3024229A1
EP 383290A1 EP 382240A1 EP 324495A2 EP 271026A2
EP 125472A2 US 4375350
COMPOSITE MATERIALS, H. I/1989, S. 43-46; MODERN
PLASTICS INTERN., MÄRZ 1985, S. 30-33.

(73) Patentinhaber:

SPELZ ULRICH DIPL.ING.
D-88090 IMMENSTAAD (DE).
SCHULZE VOLKER DIPL.ING.
D-88048 FRIEDRICHSHAFEN (DE).

(54) VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON LANGGESTRECKTEN PROFILIERTEN TEILEN UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

(57) Das Verfahren dient zum Herstellen von langgestreckten profilierten Teilen (Profile PR) aus Thermoplasthalbzeugen (Prepregs PP), bei dem die Halbzeuge (PP) beim Durchlaufen eines einen Spalt enthaltenden Formwerkzeuges aufgeheizt, gepreßt und gekühlt werden. Dabei wird ihr Profil von einem Ausgangsprofil bis zu einem gewünschten Profil geändert. Die Formänderung der Halbzeuge (PP) wird vorgenommen, indem das Formwerkzeug um die feststehenden Halbzeuge (PP) geschlossen wird und anschließend die Halbzeuge (PP) bei geöffnetem Formwerkzeug weiter bewegt und der Vorgang wiederholt wird.



AT 401 751 B

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen von langgestreckten profilierten Teilen aus Thermoplasthalbzeugen, bei dem die Halbzeuge beim Durchlaufen eines einen Spalt enthaltenden Formwerkzeuges aufgeheizt, gepreßt und gekühlt werden und dabei ihr Profil von einem Ausgangsprofil bis zu einem gewünschten Profil geändert wird und auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens mit einem einen Spalt enthaltenden Formwerkzeug mit einer Heizzone, einer Preßzone und einer Kühlzone, wobei sich die Form des Spalts vom Ausgangsprofil stetig zum gewünschten Profil ändert.

Solche Halbzeuge sind Vorprodukte für Faserverbundbauteile, wie z.B. Prepregs, Mischgewebe, im Filmstackingverfahren vorbereitete Bahnen, mit Harz getränkte oder beschichtete Gewebe oder Faserlagen oder deren Kombinationen.

Stringer aus faserverstärkten Thermoplasten werden derzeit im Autoklaven z.B. durch Diaphragm Forming oder in der Preßtechnik hergestellt. Dabei ist die Länge der Teile durch das Formwerkzeug oder die Pressengröße begrenzt. Durch hohe Vorbereitungskosten des Autoklavlayups, lange Zykluszeiten und hohen Hilfsmaterialverbrauch (Dichtkitt, Folien, Sauggewebe) kann dieses Verfahren nur bedingt zur Serienfertigung von langen Stringern verwendet werden. Kompliziertere Formen wie z.B. U- oder Z-Profile sind mit diesen Verfahren nur relativ schwer zu realisieren.

Durch Extrusion können zwar komplizierte Profilformen hergestellt werden, diese sind jedoch nur kurzfaserverstärkt oder unidirektional-endlosfaserverstärkt zu fertigen.

Aus der EP 3 83 290 A1 ist ein gattungsgemäßes Verfahren zum Herstellen von langgestreckten profilierten Teilen aus Thermoplasthalbzeugen (Prepregs) bekannt, bei dem die Halbzeuge beim Durchlaufen eines einen Spalt enthaltenden Formwerkzeuges aufgeheizt, gepreßt und gekühlt werden und dabei ihr Profil stetig von einem Ausgangsprofil bis zu einem gewünschten Profil geändert wird. Das Verfahren ist ein Pultrusionsverfahren, ein kontinuierliches Durchziehen durch einen festen Formspalt, das nur dann anwendbar ist, wenn der zu verformende Gegenstand auch oberhalb der Erweichungstemperatur noch eine ausreichende Zugfestigkeit hat.

Ein ähnliches, ebenfalls kontinuierliches Pultrusionsverfahren ist aus der EP 2 71 026 A2 bekannt. Auch hier muß der zu verformende Gegenstand eine relativ hohe Zugfestigkeit oberhalb seiner Erweichungstemperatur aufweisen.

Aus der US 43 75 350 ist ein Verfahren zum taktweisen Pressen von Platten aus Kunststoff bekannt. Die Platten werden dabei gepreßt, aber nicht verformt in dem Sinn, daß sie hinterher eine andere Form (nicht rechteckiger Querschnitt) haben als vorher (rechteckiger Querschnitt). Sie werden lediglich in einer Richtung gepreßt, wobei sich die Dicke verringert und die Breite durch das abfließende Material erhöht. Zum Erzeugen neuer Formen (nicht rechteckiger Querschnitt) gibt diese Literaturstelle keine Hinweise.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur kostengünstigen Herstellung von - insbesondere endlosfaserverstärkten - Profilen zu schaffen, das auch an Prepregs anwendbar ist, die nicht durch Pultrusion verformbar sind.

Erfindungsgemäß gelingt die Lösung dieser Aufgabe dadurch, daß die Formänderung der Halbzeuge vorgenommen wird, indem das Formwerkzeug um die feststehenden Halbzeuge geschlossen wird, daß anschließend die Halbzeuge bei geöffnetem Formwerkzeug weiter bewegt und der Vorgang wiederholt wird.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß das Formwerkzeug zwei oder mehrteilig ausgebildet ist und sich im Spalt taktweise öffnen und schließen läßt und daß ein taktweiser, auf die Öffnungsbewegung des Formwerkzeuges abgestimmter Vorschub vorgesehen ist.

Die Erfindung arbeitet mit einer (quasi-) kontinuierlichen Preßtechnik. Die im gewünschten Lagenaufbau vorgefertigten Prepregbänder werden - eventuell bereits durch Führungsrollen kalt vorgeformt - im Werkzeug in einer Heizzone auf Schmelztemperatur gebracht und weiter in Kontur geformt. Die Heizzone ist bevorzugt so ausgelegt, daß das vorgewärmte Material noch nicht verpreßt wird. Durch den Vorschub gelangt das Material in die Preßzone, in der der eigentliche Formgebungsprozeß stattfindet. Nach dem Preßzyklus wird das Material in die von der Preßzone thermisch isolierte - aber bevorzugt nicht mechanisch getrennte - Kühlzone befördert, in der es (z.B. auf Raumtemperatur) abgekühlt wird. Der Vorschub erfolgt z.B. über Pneumatikzylinder und Schlitten, die über eine Steuereinheit mit der Presse koordiniert sind.

Die erfindungsgemäße (quasi-) kontinuierliche Preßtechnik bietet folgende Vorteile:

- Direkte Herstellung von Profilen aus einzelnen Prepregs
- Volle Automatisierung des Verfahrens möglich
- Bedienung des Werkzeugs auch von angelerntem Arbeiter möglich
- Geringe Fertigungskosten
- Verarbeitung von allen Thermoplastprepregs (endlosfaserverstärkt, gewebeverstärkt, kurzfaserverstärkt) möglich
- Herstellung fast aller im Flugzeugbau üblichen Profile möglich
- Beliebiger Lagenaufbau und beliebige Anzahl von Lagen möglich

- Kurze Zykluszeiten (Vorschub z.B. über 60 mm/min, durch Verlängerung und Optimierung des Werkzeugs sind noch höhere Vorschübe möglich)
- Durch relativ geringe Preßdrücke keine hohen Anforderungen an die Presse, das heißt niedrige Investitionskosten gegenüber der Autoklavtechnik
- 5 - Relativ kleines und kompaktes Werkzeug
- Bei Heizung und Kühlung im selben Werkzeug keine Abdrücke von Trennkanten im fertigen Bauteil.

In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt der Vorschub taktweise. Der Vorschub erfolgt z.B. mit Hydraulikzylindern, die das an einem Schlitten befestigte Halbzeug durch die Preßvorrichtung ziehen. Dabei öffnen sich die Teile der Formpresse im Takt, um den Vorschub zu ermöglichen.

- 10 Die Aufheizung des Werkstückes erfolgt bevorzugt mit Heizpatronen, die in der Heizzone und/oder in der Preßzone des Formwerkzeugs angeordnet sind. In einer bevorzugten Ausführung der Vorrichtung ist die Preßzone thermisch von der Kühlzone isoliert. Dies kann durch einen mehrteiligen Aufbau mit einer Trennfuge zwischen diesen Formteilen oder bevorzugt durch Bohrungen innerhalb eines durchgehenden Formteils erfolgen. Die Bohrungen verringern den Wärmetransport durch Wärmeleitung von der Preßzone in die Kühlzone. Die Kühlung erfolgt z.B. durch Wasser oder Pressluft.

15 In einer weitere Ausführung können vor der Heizzone eine oder mehrere Führungsrollen vorgesehen sein, die durch ihre gegenseitige Stellung zueinander das kalte Halbzeug (Prepreg) bereits vorformen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann wie folgt optimiert sein:

- Durch Ultraschallscan während der Verarbeitung ist eine kontinuierliche Qualitätssicherung möglich.
- 20 - Durch Computersteuerung kann über Dicken- und Winkelkontrolle direkt der Fertigungsprozeß überwacht und es können die Verfahrensparameter optimiert werden.
- Durch ein Rollenmagazin und die Bereitstellung von Prepregs mit verschiedenen Winkeln ist ein Wechsel des Lagenaufbaus und der Lagenzahl während des Betriebs möglich.
- Die Endbearbeitung (Rautern der Kanten, Bohren von Nietlöchern) kann in den Fertigungsprozeß einbezogen werden.

25 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sind folgende Verfahrensparameter wesentlich und werden entsprechend den verwendeten Materialien eingestellt:

- Temperatur der Heizzone
- Temperatur der Preßzone
- 30 - Preßdruck
- Preßzeit
- Vorschub.

Die Erfindung wird anhand von vier Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

- 35 Fig. 1 das Arbeitsprinzip,
- Fig. 2 und 3 Ausführungen von erfindungsgemäßen Vorrichtungen,
- Fig. 4 eine Auswahl herstellbarer Profile.

Fig. 1 zeigt das erfindungsgemäße Arbeitsprinzip. Ein Prepregstreifen PP wird vom Vorschub V durch das Formwerkzeug befördert, dessen wesentlicher Teil aus der Heizzone HZ, der Preßzone PZ und der Kühlzone KZ besteht. Das Formwerkzeug besteht hier aus zwei Teilen, die durch den Preßdruck (durch Pfeile angedeutet) gegeneinander beweglich sind und die einen Spalt bilden, der am Anfang der Heizzone HZ in etwa dem Profil des Prepregstreifens PP entspricht und der am Anfang der Preßzone PZ und in der Kühlzone KZ dem gewünschten Profil PR des profilierten Teiles entspricht. In dieser Ausführung ist das Oberteil der Formpresse und das Unterteil aus je einem Stück gefertigt, die Stücke ziehen sich also über 40 die Heizzone HZ und die Preßzone PZ bis zur Kühlzone KZ. Die thermische Isolierung zwischen Preßzone PZ und Kühlzone KZ ist hier durch die Isolationsbohrungen IB realisiert. Möglich, aber nicht gezeigt, ist auch der Aufbau jedes der Formwerkzeuge aus drei oder mehr Teilen, die für sich getrennt sind, so können z.B. nur die Teile, die die Preßzone PZ bilden, durch Preßdruck beweglich ausgebildet sein.

Fig. 2 zeigt ein vollautomatisches L-Profilwerkzeug, mit dem bei der Herstellung von Profilen aus APC-2 50 (Kohlenstoffaser/PEEK-Prepregs) und PA (Aramid/Polyamid-Mischgewebe) und PEI (Gasfaser/Polyetherimid-Mischgewebe) sehr gute Ergebnisse erzielt wurden. Mit dieser Vorrichtung werden z.B. L-Profile hergestellt.

Der zu verformende Prepregstreifen PP wird von einer Vorratsrolle VR abgezogen. In dieser Ausführung gelangt der Prepregstreifen zwischen Führungsrollen FR, die dem Streifen bereits eine Vorformung geben. 55 der Prepregstreifen PP gelangt dann in das eigentliche Formwerkzeug mit den Bauteilen Heizzone HZ, Preßzone PZ und Kühlzone KZ. Der vom Preßwerkzeug gebildete Spalt ändert seine Form erfindungsgemäß stetig oder kontinuierlich vom Eintritt vor der Heizzone HZ bis zur Preßzone PZ, wo er dem gewünschten Profil PR (hier einer L-Form) entspricht. Der Vorschub V ist hier durch einen pneumatisch

bewegten Schlitten realisiert, dessen Bewegung mit dem Auf- und Zugehen der Formwerkzeuge koordiniert ist.

Gearbeitet wurde bisher mit Vorschüben im Bereich von 5 bis 30 mm bei Preßzeiten von 10 bis 30 sec, Preßdrücken von 10 bis 20 bar und Laminattemperaturen von 200 bis 400 ° C. In einem Beispiel liegt der Vorschub für einen 1 mm-dicken L-Stringer aus APC-2 bei ca. 10 mm bei einer Preßzeit von 20 sec, einem Preßdruck von 11 bar und einer Laminattemperatur von ca. 355 ° C.

Fig. 3 zeigt eine Prinzipskizze einer Vorrichtung zur Herstellung von U-Profilen. Die Fig. 3 zeigt die Vorrichtung im Schnitt quer durch das zu verformende Werkstück. Zu erkennen ist die Grundplatte GP mit den Führungen, die Preßzylinder PN, die hier pneumatisch angesteuert sind, und die Heizpatronen HP in den beweglichen Teilen des Formwerkzeugs. Der Vorschub erfolgt hier wieder quasi-kontinuierlich, gesteuert zusammen mit den Pneumatikzylindern PN. Die Bewegungsrichtungen der Pneumatikzylinder sind durch die Doppelpfeile angedeutet.

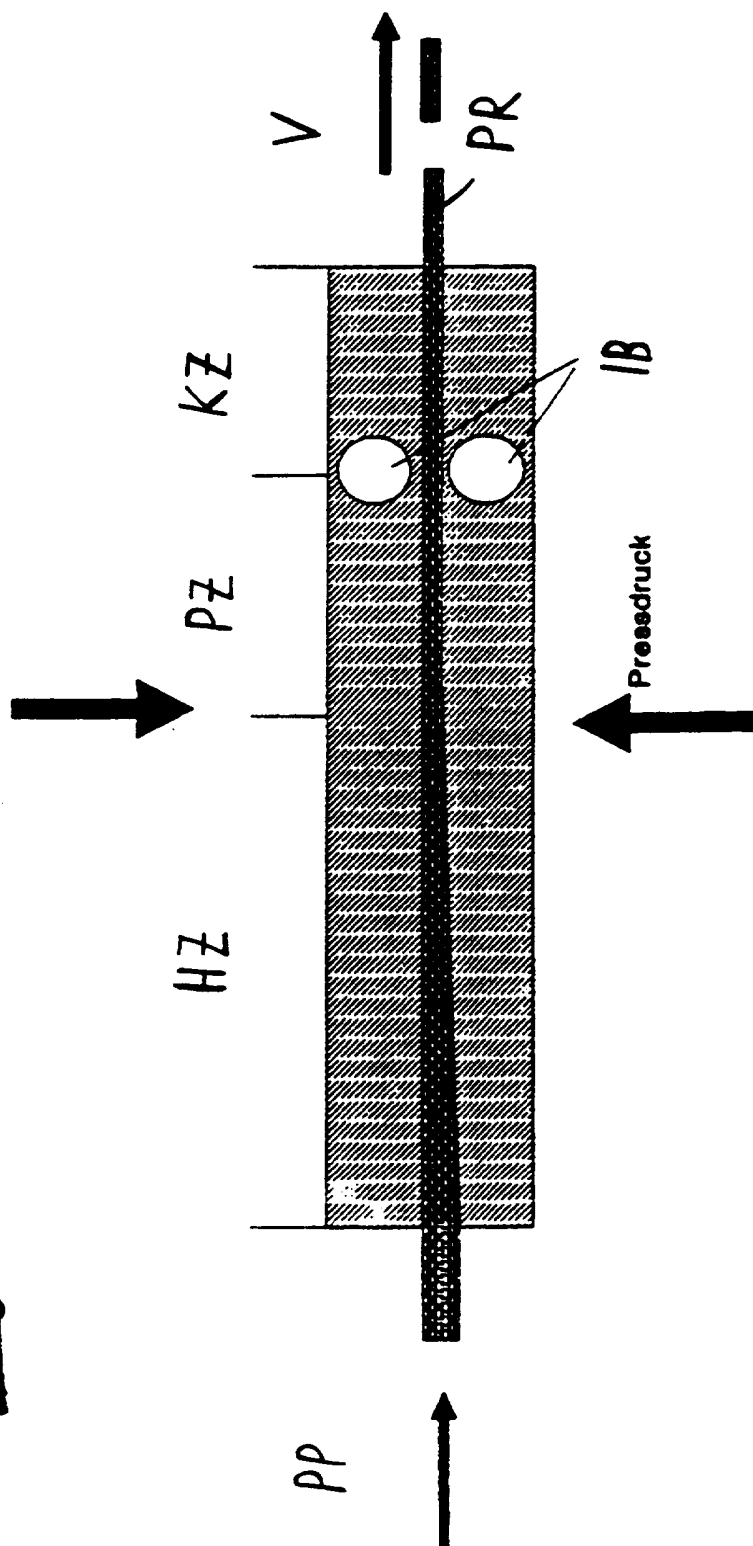
Fig. 4 zeigt beispielhaft einige Profile, die mit dem erfindungsgemäßen Preßverfahren herstellbar sind. Dies sind hier ein L-Profil, ein L-Profil mit Bördel, ein U-Profil, ein U-Profil mit Bördel, ein LZ-Profil, ein Z-Profil mit Bördel, ein Z-Profil mit rundem Bördel, ein A-Profil, ein halbrundes A-Profil oder verschiedene Wellholmprofile.

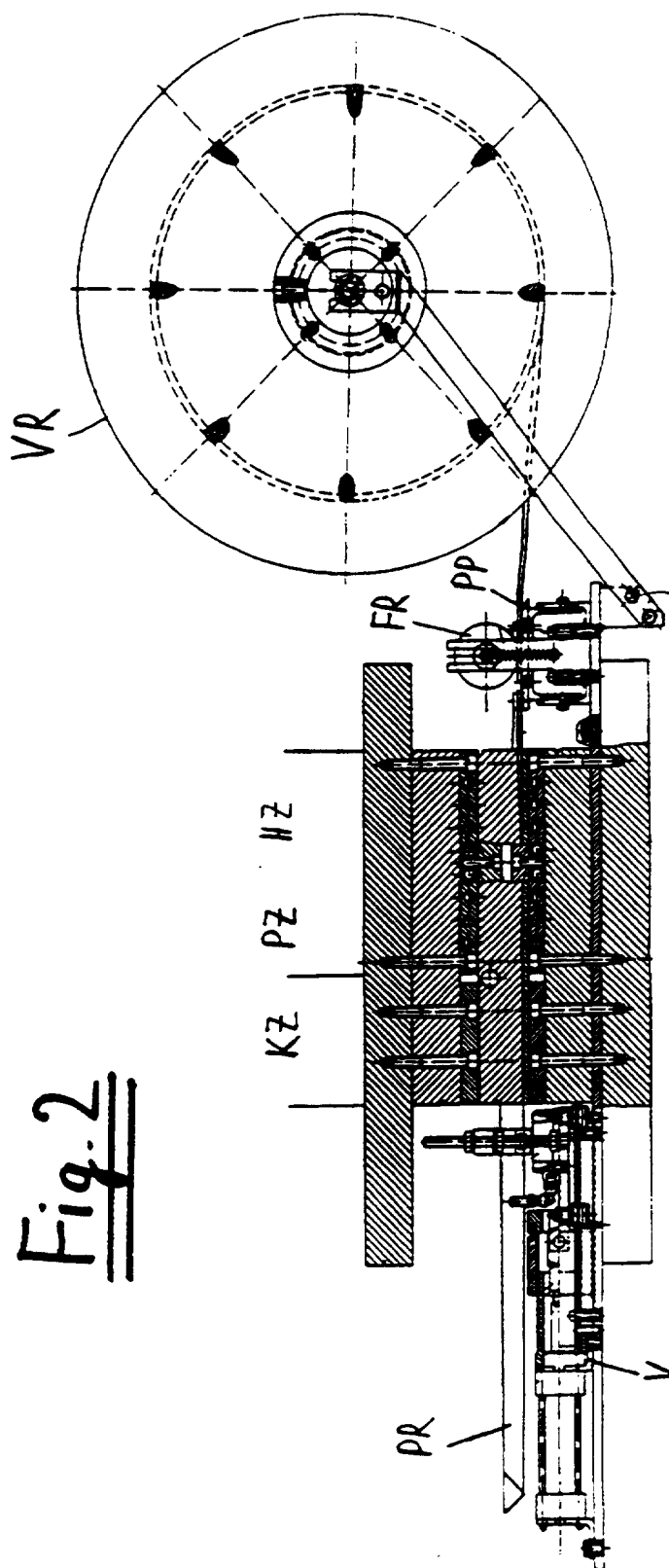
Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von langgestreckten profilierten Teilen (Profile PR) aus Thermoplasthalbzeugen (Prepregs PP), bei dem die Halbzeuge (PP) beim Durchlaufen eines einen Spalt enthaltenden Formwerkzeuges aufgeheizt, gepreßt und gekühlt werden und dabei ihr Profil von einem Ausgangsprofil bis zu einem gewünschten Profil geändert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Formänderung der Halbzeuge (PP) vorgenommen wird, indem das Formwerkzeug um die feststehenden Halbzeuge (PP) geschlossen wird, daß anschließend die Halbzeuge (PP) bei geöffnetem Formwerkzeug weiter bewegt und der Vorgang wiederholt wird.
2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem einen Spalt enthaltenden Formwerkzeug mit einer Heizzone (HZ), einer Preßzone (PZ) und einer Kühlzone (KZ), wobei sich die Form des Spalts vom Ausgangsprofil stetig zum gewünschten Profil ändert, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Formwerkzeug zwei oder mehrteilig ausgebildet ist und sich im Spalt taktweise öffnen und schließen läßt und daß ein taktweiser, auf die Öffnungsbewegung des Formwerkzeuges abgestimmter Vorschub (V) vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch Heizpatronen (HP) in der Heizzone (HP) und/oder in der Preßzone (PZ).
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, gekennzeichnet durch eine Isolierung zwischen Preßzone (PZ) und Kühlzone (KZ), insbesondere in Form von Bohrungen.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, gekennzeichnet durch Führungsrollen (FR) vor der Heizzone (HZ).

Hiezu 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1





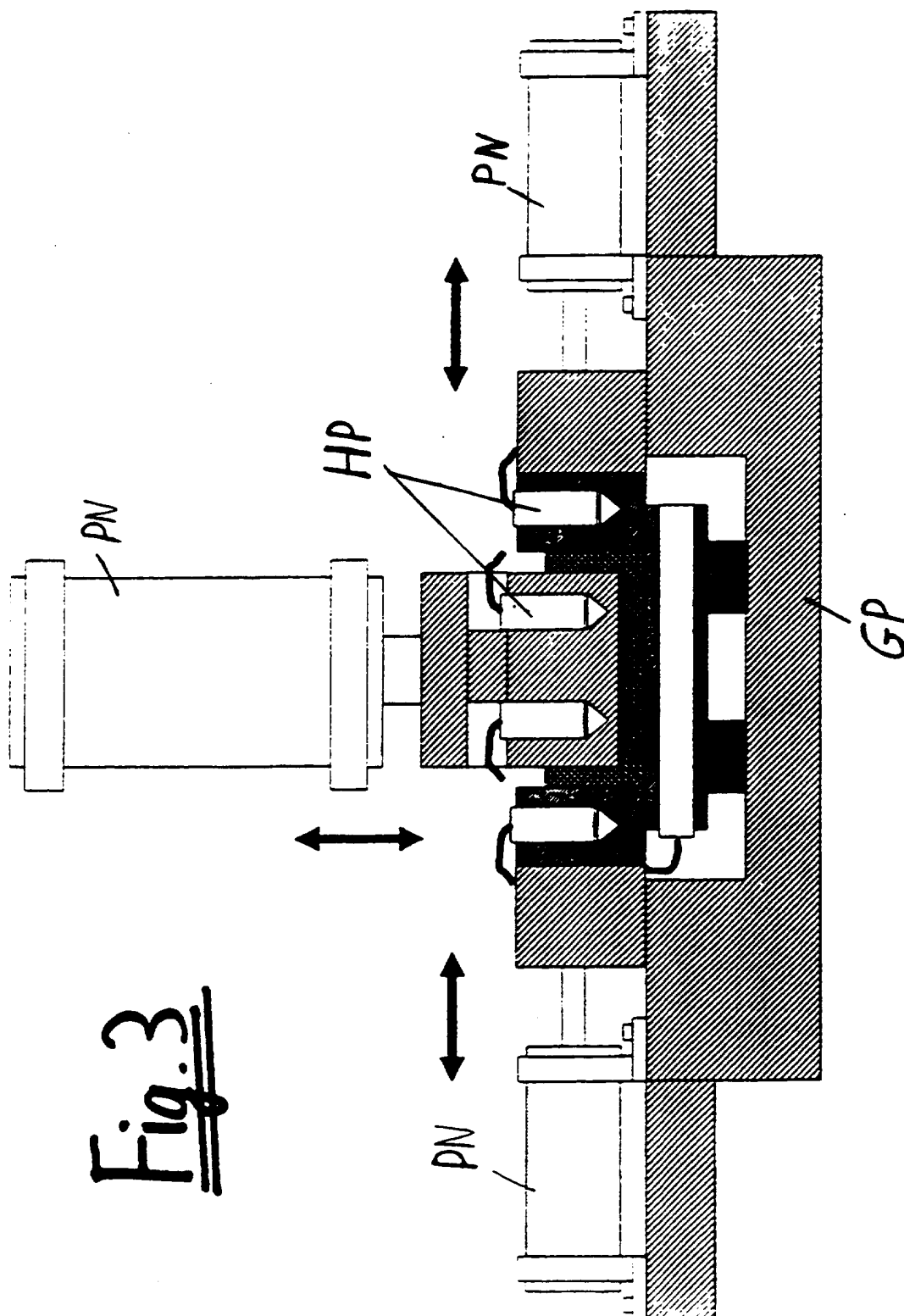
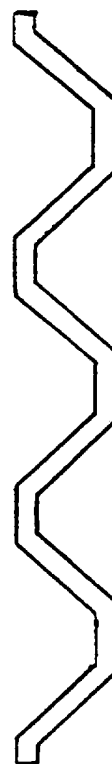
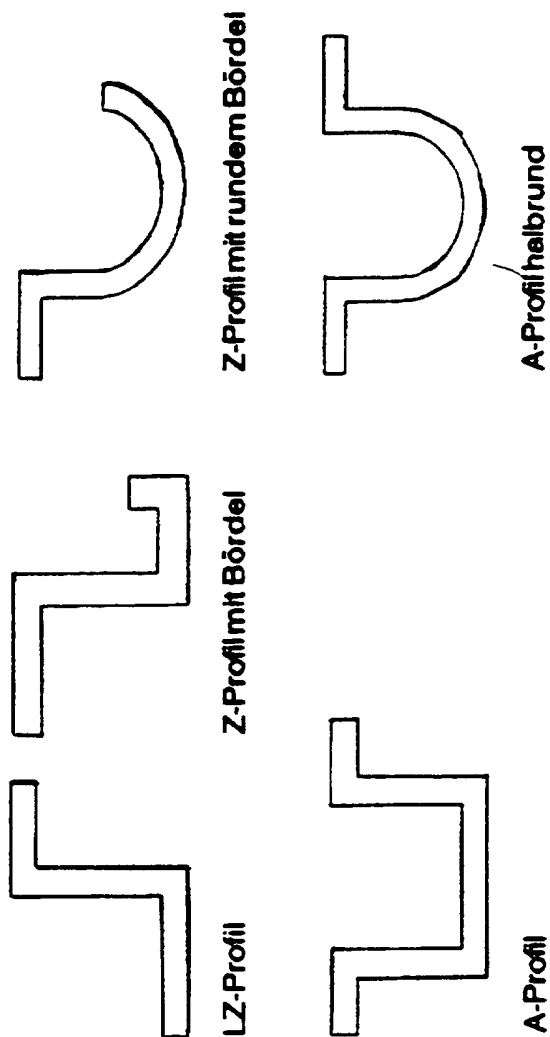
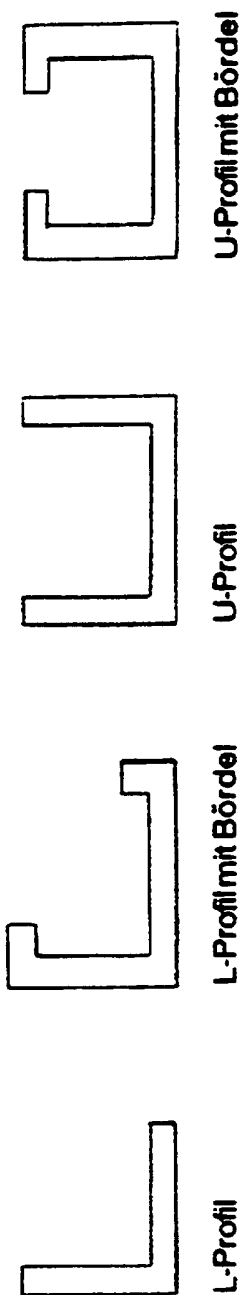


Fig. 3

Fig. 4



Verschiedene Wellholm-Profile