



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 684582 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: B 29 C 45/77  
B 29 C 45/00

# Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## ⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 3037/91

⑫② Anmeldungsdatum: 16.10.1991

⑫③ Priorität(en): 01.02.1991 DE 4102971

⑫④ Patent erteilt: 31.10.1994

⑫⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 31.10.1994

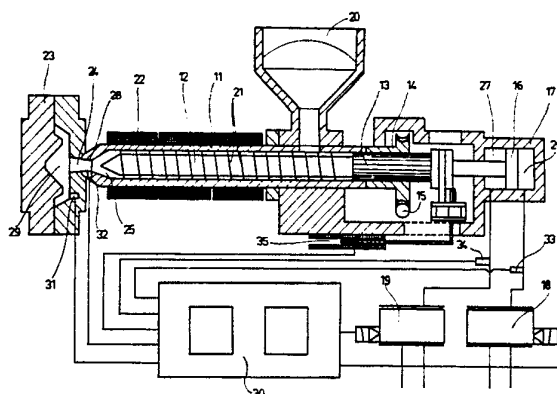
⑫⑦ Inhaber:  
Robert Bosch GmbH, Stuttgart (DE)

⑫⑦② Erfinder:  
Aichele, Wilfried, Winnenden-Breuningsweiler (DE)

⑫⑦④ Vertreter:  
Dipl.-Ing. Martin Schnoz, Solothurn

### ⑫⑤④ Verfahren zum Spritzgiessen von Formteilen aus Kunststoff.

⑫⑤⑦ Bei einem Verfahren zum Spritzgiessen von Formteilen aus rasch härtendem Kunststoff wird mittels eines rotierenden Schneckenkolbens (12) mit durch einen Hydraulikzylinder (17) bewirktem Axialvorschub des Schneckenkolbens (12) plastifizierter Kunststoff (Formmasse) unter Druck in eine Spritzgiessform (23) eingepresst und nach Einspritzende ein Nachdruck für eine vorgegebene Zeitspanne (Nachdruckphase) aufrechterhalten. Zur Verbesserung der Oberflächenqualität der Formteile, wird während der Nachdruckphase der Hydraulikdruck im Hydraulikzylinder (17) in einer solchen Weise geregelt, dass die momentane axiale Verschiebeposition des Schneckenkolbens (12) so beeinflusst wird, dass ein Transport von Formmasse in die Spritzgiessform (23) hinein oder aus dieser heraus in jedem Zeitpunkt der Nachdruckphase unterbunden wird.



## Beschreibung

### Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Spritzgiessen von Formteilen aus Kunststoff der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Ein solches Spritzgiessverfahren ist beispielsweise aus der DE 2 539 066 A1 bekannt.

Bei der Verarbeitung von rasch härtenden Formmassen, wie z.B. solchen aus glasfaserverstärktem ungesättigten Polyester (UP) mittels des bekannten Spritzgiessverfahrens haben sich deutliche Mängel an den Spritzgiessformteilen in Angussnähe gezeigt, insbesondere sind Risse und Oberflächenfehler zu beobachten. Es ist bekannt, dass bei härtbaren Formmassen in der Nachdruckphase der Forminnendruck im Spritzgiesswerkzeug durch die Erwärmung der kalten Formmassen zunächst ansteigt und anschliessend durch die Vernetzung und der damit verbundenen Volumenschwindung der Formmasse wieder auf Grenzniveau abfällt. Bei einem durch die Regelung der Spritzgiessmaschine konstant gehaltenen Nachdruck findet je nach der gewählten Höhe des Nachdrucks ein Stofftransport von der Kavität der Spritzgiessform in den Schneckenraum statt und umgekehrt.

Bei einem bekannten Verfahren der eingangs genannten Art (DE 3 344 553 A1) wird zwecks Erhöhung der Taktgeschwindigkeit bei Grossmengenfertigung die Spritzgiessform nach Spritzende durch eine an der Spritzgiessform speziell angeordnete Vorrichtung verschlossen, von dem Spritzaggregat getrennt und für die Dauer der Nachdruckphase geschlossen gehalten. In der Zwischenzeit wird dem Spritzaggregat eine neue Spritzgiessform zugeordnet und ein weiteres Spritzgiessformteil abgespritzt.

Bei diesem bekannten Verfahren besitzen die Spritzgiessformteile eine gute Oberflächenqualität und zeigen insbesondere in Angussnähe keine Oberflächenfehler, was die Ergebnisse der eingangs erwähnten Untersuchung erhärtet, dass ein in der Nachdruckphase stattfindender Stofftransport in die Spritzgiessform hinein oder aus der Spritzgiessform heraus, der hier durch den mechanischen Verschluss der Spritzgiessform unterbunden wird, für die schlechte Oberflächenqualität der Spritzgiessformteile in Angussnähe verantwortlich zu machen ist.

Beim Spritzgiessen von einer Vielzahl unterschiedlicher Formteilen in Kleinserie ist dieses Verfahren jedoch zu teuer, da jeweils alle Spritzgiessformen mit der relativ aufwendigen Verschlussvorrichtung versehen werden müssen. Ausserdem sind solche Verschlussvorrichtungen bei Verarbeitung von glasfaserverstärkten Massen sehr stark verschleissgefährdet.

### Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemässe Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, dass durch eine relativ einfache Regelung des Hydraulikdrucks im Hydraulik-

zylinder für den Axialvorschub des Schneckenkolbens während der Nachdruckphase ein Transport von Formmasse zwischen Schneckenraum und Spritzgiessform verhindert wird. Da das Spritzaggregat grundsätzlich mit einem Regler zum Regeln des Hydraulikdrucks während der Einspritz- und Nachdruckphase versehen ist (vergl. DE 2 539 066 A1) lässt sich das erfindungsgemässe Spritzgiessverfahren mit nur geringem Zusatzaufwand leicht in das Spritzaggregat implementieren. An den Spritzgiessformen selbst müssen keine diesbezüglichen Änderungen durchgeführt werden.

Das erfindungsgemässe Verfahren hat zudem den zusätzlichen Vorteil, dass Schwankungen bei der Dosierung der Formmasse über das an der Schneckenkolbenspitze sich befindende Massepolster ausgeglichen werden können.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Massnahmen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des im Anspruch 1 angegebenen Spritzgiessverfahrens möglich.

Die Beeinflussung der axialen Verschiebeposition des Schneckenkolbens während der Nachdruckphase kann in verschiedener Weise realisiert werden und ist von den Gegebenheiten in dem Spritzaggregat und der zu verarbeitenden Formmasse abhängig.

Bei leckfreiem Schneckenkolben, d.h. unverschlissenen Schneckenstegen oder unverschlissener Rückstromsperre, und hinreichend hochviskoser Formmasse wird gemäss einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens die Regelung des Hydraulikdrucks so durchgeführt, dass der Schneckenkolben seine bei Einspritzende eingenommene Position über die gesamte Nachdruckphase unverändert beibehält.

Sind die Schneckenstege verschlissen und damit der Schneckenkolben undicht oder ist die Rückstromsperre verschlissen, so strömt ebenso wie bei Verarbeitung von niedrigviskosen Formmassen etwas Material aus dem Schneckenraum über die Schneckenstege zurück. Um den dadurch möglichen Materialtransport aus der Spritzgiessform heraus zu unterbinden, wird die Regelung des Hydraulikdrucks bei einer weiteren Variante des erfindungsgemässen Verfahrens so durchgeführt, dass der Schneckenkolben eine vorgegebene geringe axiale Verschiebegeschwindigkeit von einigen wenigen Millimetern pro Minute während der Nachdruckphase beibehält und sich dabei das Massepolster im Schneckenraum verringert. Hierdurch lässt sich der Verschleiss des Schneckenkolbens weitgehend kompensieren.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens wird bei der Regelung des Hydraulikdrucks im Hydraulikzylinder der Innendruck in der Spritzgiessform oder die Differenz zwischen dem Innendruck in der Spritzgiessform und dem Druck vor dem Schneckenkolben bzw. in der Düse als Führungsgrösse verwendet. Bedingt durch die Fließgrenze der Formmasse ist zur Vermeidung eines Massetransports durch den Angusskanal der Spritzgiessform hindurch kein exakter Abgleich der Drücke notwendig. Sitzt der zur Regelung herangezogene Forminnendruckfühler nahe

dem Angusskanal der Spritzgiessform, so wird die Regelung des Hydraulikdruckes so durchgeführt, dass der Druck vor dem Schneckenkolben je nach Gestaltung des Angusskanals der Spritzgiessform bis zu 20 bar dem Forminnendruck voreilt oder diesem nachgeführt wird.

Bei hohen Einspritzgeschwindigkeiten überfährt der Schneckenkolben häufig die Position, in welcher die Umschaltung auf Nachdruck erfolgt, um einige Millimeter. Um zu vermeiden, dass in diesem Fall die Nachdruckregelung erst einen Hydraulikdruck aufbaut, nachdem der Schneckenkolben durch den steigenden Forminnendruck wieder auf die zum Zeitpunkt Einspritzende innengehabte Position zurückgedrückt wird, wird in der Einspritzphase die Vorschubgeschwindigkeit bei Annäherung an den Umschaltpunkt verringert.

Alternativ hierzu kann gemäss einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung die Hydraulikregelung mit einer Zeitverzögerung gegenüber dem Einspritzende gestartet werden. Der Startzeitpunkt ist dabei so gewählt, dass die Hydraulikregelung erst dann einsetzt, wenn der Schneckenkolben zur Ruhe gekommen ist. Seine in der Ruhelage eingenommene Position stellt den Bezugspunkt für die Regelung dar. Dieser Zeitpunkt kann entweder durch einen Wegaufnehmer bestimmt werden, der die Geschwindigkeit Null meldet, oder durch eine frei wählbare zeitliche Verzögerung erreicht werden, die so eingestellt ist, dass in allen Betriebsfällen die Vorschubgeschwindigkeit des Schneckenkolbens auf Null abgeklungen ist.

Im allgemeinen ist es ausreichend, die Hydraulikregelung während der Nachdruckphase auf die Expansionsphase der Formmasse in der Spritzgiessform zu beschränken. Dabei ist es ausreichend, dass das Spritzaggregat mit einem einseitig druckbeaufschlagten Hydraulikzylinder ausgerüstet ist. Will man die Hydraulikdruckregelung auch auf die Schwindungsphase (Phase der Volumenreduzierung) ausdehnen, um noch bessere Ergebnisse zu erreichen, so ist ein doppeltwirkender Hydraulikzylinder am Spritzaggregat notwendig.

#### Zeichnung

Die Erfindung ist anhand einer in der Zeichnung dargestellten Spritzgiessmaschine in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Dabei zeigt die Zeichnung ausschnittsweise eine schematische Darstellung der Spritzgiessmaschine mit Spritzgiessform, teilweise geschnitten.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Bei dem in der Zeichnung im Längsschnitt schematisch dargestellten Teil der Spritzgiessmaschine, auch Spritzgiessaggregat oder Spritzaggregat genannt, ist in einem Schneckenzyylinder 11 ein Schneckenkolben 12 verdrehbar und axial verschiebbar gelagert, der an einem Ende spitz ausläuft. Am gegenüberliegenden Ende ist der Schneckenkolben 12 mit einem Längsnutenprofil 13 versehen, über das er mit einem bezüglich seiner Axialverschiebung ortsfesten Antriebsrad 14 in

Eingriff steht. Die Verdrehung des Antriebsrads 14 und damit des Schneckenkolbens 12 erfolgt durch eine mit dem Antriebsrad 14 kämmende Antriebs-schnecke 15. In Verlängerung des Längsnutenprofils 13 ist am Schneckenkolben 12 ein Hydraulikkolben 16 angebracht, der in einem Hydraulikzylinder 17 axial verschieblich geführt ist und diesen in zwei Zylinderräume 26, 27 unterteilt. Der Hydraulikkolben 16 ist über Hydraulikventile 18, 19 doppelseitig mit Druck beaufschlagbar. Auch eine Aus-führung als einseitig wirkender Hydraulikzylinder ist möglich.

Der zu verarbeitende Kunststoff wird dem Schneckenkolben 12 über einen Einfülltrichter 20 oder eine Stopfvorrichtung zugeführt und durch die Drehbewegung des Schneckenkolbens 12 und durch eine den Schneckenzyylinder 11 umgebende Beheizung 22 allmählich plastifiziert. Die Viskosität des plastifizierten Kunststoffs, im folgenden Form-masse genannt, ist dabei durch die Verarbeitungs-grössen Staudruck, Schneckenkolbendrehzahl und Zylinderwandtemperatur beeinflussbar.

Am Spritzende des Schneckenzyinders 11 ist eine Spritzdüse 28 angesetzt, die in einen Angusskanal 24 einer Spritzgiessform 23 hineinragt. Zwischen der Spitze des Schneckenkolbens 12 und der Spritzdüse 28 befindet sich dabei der sog. Schneckenorraum 25. Ist das eingefüllte Kunst-stoffmaterial genügend aufbereitet, so wird die Spritzgiessform 23 mit der Formmasse gefüllt, indem der eine Zylinderraum 26 des Hydraulikzylinders 17 über das Hydraulikventil 18 unter Druck gesetzt wird, so dass sich der Schneckenkolben 12 axial in Richtung auf die Spritzdüse 28 hin verschiebt und die vorgelagerte Formmasse über den Angusskanal 24 in den Innenraum 29 der Spritz-giessform 23 hineindrückt.

Der gesamte Spritzgiessvorgang wird mittels eines Reglers 30 überwacht und gesteuert. Als Eingangssignale sind dem Regler 30 die Istwerte des Forminnendruckes und des Spritzdüsendruckes, die durch entsprechende Druckgeber 31, 32 erfasst werden, sowie die Istwerte der Hydraulikdrücke in den Zylinderräumen 26, 27 zugeführt, die durch entsprechende Druckgeber 33 und 34 gemessen werden. Zusätzlich ist noch ein Schneckenpositions-geber 35 vorgesehen, der die momentane Vorschubposition des Schneckenkolbens 12 erfasst und dem Regler 30 meldet. Der Regler 30 erzeugt entsprechende Steuersignale für die Hydraulikventile 18, 19, so dass die Hydraulikdrücke in den Zylinderräumen 26, 27 in gewünschter Weise geregelt werden. Auf die unterschiedlichen Möglichkeiten der Regelung des Einspritzvorgangs (vorgegebener Geschwindigkeitsverlauf, vorgegebene Druckverläufe in Hydraulikzylinder oder Einspritzdüse) soll hier nicht weiter eingegangen werden, ebenso nicht auf die verschiedenen Möglichkeiten zur Festlegung des Zeitpunktes für die Umschaltung der Regelung von der Einspritzphase in die Nachdruckphase. Die Umschaltung erfolgt üblicherweise nach Erreichen einer vorgegebenen Position des Schneckenkolbens 12 (wegabhängig) oder – um Dosierschwankungen auszugleichen – druckabhängig nach Erreichen eines vorgegebenen Hydraulikdruckes im Hydraulik-

zylinder 17, eines Düsendrucks oder eines Forminnendrucks.

In der mit Einspritzende einsetzenden Nachdruckphase erwärmt sich die kalte Formmasse in der heissen Spritzgiessform 23 und expandiert. Entsprechend steigt der Forminnendruck nach Einspritzende zunächst an. Anschliessend tritt eine Vernetzung und Volumenschwindung ein. Entsprechend fällt dann der Forminnendruck wieder auf ein Grenzniveau ab. Um zwecks Verbesserung der Oberflächenqualität der Spritzgiessformteile während dieser Änderung des Forminnendrucks einen Transport von Formmasse durch den Angusskanal 24 hindurch in den Schneckenorraum 25 oder umgekehrt in den Innenraum 29 (evtl. in die Kavität) der Spritzgiessform 23 zu verhindern, wird nunmehr während der Nachdruckphase der Hydraulikdruck in den beiden Zylinderräumen 26, 27 des Hydraulikzylinders 17 in einer solchen Weise geregelt, dass der Schneckenkolben 12 jeweils eine solche momentane axiale Verschiebeposition einnimmt, dass die Druckdifferenz zwischen Schneckenorraum 25 einerseits und Innenraum 29 (evtl. in der Kavität) der Spritzgiessform 23 andererseits hinreichend gering ist, um einen solchen Stofftransport zu unterbinden. Je nach in der Spritzgiessmaschine vorhandenen Bedingungen ist dies auf verschiedene Weise realisierbar.

Bei leckfreiem Schneckenkolben 12, dessen Schneckenstege 21 dicht am Schneckenzyylinder 11 anliegen und somit einen Rückstrom von ausreichend hochviskoser Formmasse entgegen der Verschieberichtung des Schneckenkolbens 12 sicher unterbinden, was ebenso durch eine unverschlissene Rückstromsperre erzielt werden kann, wird die Regelung des Hydraulikdruckes im Hydraulikzylinder 17 so durchgeführt, dass der Schneckenkolben 12 während der gesamten Nachdruckphase seine axiale Verschiebeposition, die er zum Einspritzende, also beim Umschalten von der Einspritzphase auf die Nachdruckphase, eingenommen hat, unverändertlich beibehält.

Bei infolge verschlissener Schneckenstege undichtem Schneckenkolben 12 oder bei verschlissener Rückstromsperre sowie bei niedrigviskoser Formmasse strömt etwas Material aus dem Schneckenorraum 25 über die Schneckenstege 21 zurück. In diesem Fall wird die Regelung des Hydraulikdrucks in dem Hydraulikzylinder 17 so durchgeführt, dass der Schneckenkolben 12 während der Nachdruckphase eine geringe axiale Vorschubgeschwindigkeit von einigen wenigen Millimetern pro Minute erhält und sich das Massepolster im Schneckenorraum 25 entsprechend verringert. Damit lässt sich der Verschleiss des Schneckenkolbens 12 kompensieren.

Eine verschleissunabhängige Einstellung des Schneckenkolbens 12 während der Nachdruckphase erhält man dadurch, dass bei der Regelung des Hydraulikdrucks im Hydraulikzylinder 17 als Führungsgrösse die Druckdifferenz zwischen dem Innendruck in der Spritzgiessform 23 und dem Druck im Schneckenorraum 25 verwendet. Der Hydraulikdruck im Hydraulikzylinder 17 wird also derart geregelt, dass der Druck im Schneckenorraum 25, der

in etwa dem mit dem Druckgeber 32 gemessenen Düsendruck entspricht, in einer vorgegebenen Relation zum zeitlichen variierenden Forminnendruck steht. Bedingt durch die Fließsgrenze der Formmasse ist dabei kein exakter Abgleich der Drücke notwendig. Im Falle, dass der Druckgeber 31 für den Forminnendruck nahe dem Angusskanal 24 angeordnet ist, erfolgt die Hydraulikregelung im Hydraulikzylinder 17 derart, dass der Druck im Schneckenorraum 25 bzw. in der Spritzdüse 28 je nach Gestaltung des Angusskanals 24 bis zu 20 bar dem Forminnendruck voreilt oder diesem nachgeführt wird. Ferner ist es auch möglich, anstelle der Differenz zwischen Forminnendruck und Druck im Schneckenorraum 25 auch nur einen zeitlich vorgegebenen Verlauf des Forminnendrucks zur Regelung des Hydraulikdruckes im Hydraulikzylinder 17 heranzuziehen. Dabei entspricht die Forminnendruck-Sollkurve den Forminnendruckverlauf in einer zu Einspritzende aktiv versiegelten Kavität.

Bei hohen Spritzgeschwindigkeiten überfährt der Schneckenkolben 12 die im Moment des Umschaltens von Spritzphase auf Nachdruckphase eingenommene axiale Verschiebeposition um einige Millimeter. Um dies zu vermeiden, wird die Vorschubgeschwindigkeit des Schneckenkolbens 12 unmittelbar vor Erreichen des Umschaltpunktes abgesenkt.

Anstelle einer Absenkung der Geschwindigkeit des Schneckenkolbens 12 vor Erreichen des Umschaltpunktes kann auch die beschriebene Regelung des Hydraulikdruckes im Hydraulikzylinder 17 erst dann erfolgen, wenn der Schneckenkolben 12 nach Einspritzende zur Ruhe gekommen ist. Dies lässt sich über den Schneckenpositionsgeber 35 erfassen, aus dessen Ausgangssignal ein Signal für die Schneckengeschwindigkeit Null abgeleitet werden kann. Alternativ ist es auch möglich, eine feste Zeitverzögerung einzustellen, bevor die Regelung der Schneckenposition über den Hydraulikdruck einsetzt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Spritzgiessen von Formteilen aus Kunststoff, bei welchem mittels eines in einem Schneckenzyylinder rotierenden Schneckenkolbens mit durch einen Hydraulikzylinder bewirkten Axialvorschub des Schneckenkolbens plastifizierter Kunststoff unter Druck in eine Spritzgiessform eingepresst und nach Einspritzende ein Nachdruck für eine vorgegebene Zeitspanne aufrechterhalten wird, dadurch gekennzeichnet, dass während der Nachdruckphase der Hydraulikdruck im Hydraulikzylinder (17) in einer solchen Weise geregelt wird, dass die momentane axiale Verschiebeposition des Schneckenkolbens (12) einen Transport von Formmasse in die Spritzgiessform (23) hinein oder aus der Spritzgiessform (23) heraus in jedem Zeitpunkt der Nachdruckphase verhindert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei leckfreiem Schneckenkolben (12) oder unverschlissener Rückstromsperre sowie hinreichend hochviskoser Formmasse die Regelung des Hydraulikdruckes so durchgeführt wird, dass der Schneckenkolben (12) seine bei Einspritzende

eingenommene axiale Verschiebeposition unverändert beibehält.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei undichtem Schneckenkolben (12) oder verschlissener Rückstromsperre sowie bei niedrigviskoser Formmasse die Regelung des Hydraulikdrucks im Hydraulikzylinder (17) so durchgeführt wird, dass der Schneckenkolben (12) eine vorgegebene geringe axiale Verschiebegeschwindigkeit beibehält.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Führungsgrösse für die Regelung des Hydraulikdrucks im Hydraulikzylinder (17) der Innendruck in der Spritzgiessform (23) oder die Differenz zwischen dem Forminnendruck und dem Druck vor dem Schneckenkolben (12) bzw. in der Spritzdüse (28) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung des Hydraulikdrucks im Hydraulikzylinder (17) so durchgeführt wird, dass der Druck vor dem Schneckenkolben (12) je nach Gestaltung des Angusskanals (24) der Spritzgiessform (23) bis zu 20 bar dem Forminnendruck voreilt oder diesem nachgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorschubgeschwindigkeit des Schneckenkolbens (12) kurz vor Erreichen des Einspritzendes abgesenkt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung des Hydraulikdrucks im Hydraulikzylinder (17) erst mit einer Zeitverzögerung nach Einspritzende gestartet wird.

35

40

45

50

55

60

65

5

