



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B22C 9/02</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/64188</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 16. Dezember 1999 (16.12.99)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/01709</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 4. Juni 1999 (04.06.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 25 448.2 6. Juni 1998 (06.06.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ACTECH GMBH – ADVANCED CASTING TECHNOLOGIES GIESSEREITECHNOLOGIE [DE/DE]; Am St. Niclas – Schacht 13, D-09599 Freiberg (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WENDT, Florian [DE/DE]; Poststrasse 9, D-09599 Freiberg (DE). DEMARCZYK, Norbert [DE/DE]; Tharandter Strasse 6, D-01723 Grumbach (DE). HAUSCHILD, Rüdiger [DE/DE]; Grillenburger Strasse 67, D-09600 Naundorf (DE).</p> <p>(74) Anwalt: BORCHARD, Wolfgang; Samuel-Lampel-Strasse 4, D-04357 Leipzig (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</p>	

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DIRECTLY PRODUCING AN INVESTMENT CASTING MOLD FOR CASTINGS MADE OF METAL

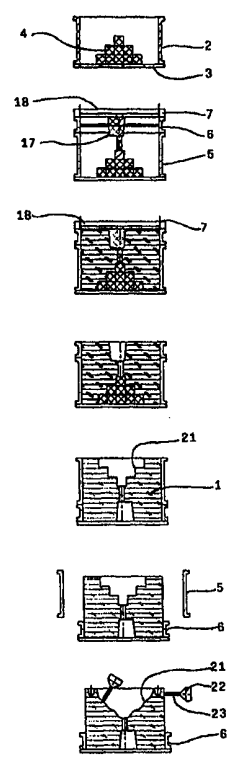
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM DIREKTEN HERSTELLEN EINER VERLORENEN GIESSFORM FÜR GUSSSTÜCKE AUS METALL

(57) Abstract

The invention relates to a method for directly producing an investment casting mold by machining a sand mold produced using hardenable bonding agents. In particular, the wear of the tools should be reduced and the dimensional accuracy and precision should be increased during the reproduction of the mold. To this end, a blank mold (1) to be machined is produced while using a variable or fixed casting box (2) having a model assembly (4). Said blank mold comprises specified contours, with regard to volume, of the casting mold and a machining allowance for the milling of the molding material. After filling the casting box (2) with hardenable foundry molding materials, after hardening and after removal from the mold, the blank mold (1) is converted into the casting mold by removing material according to the machining allowance by means of high-speed machining, milling or three-dimensional machining of free-formed planes. The invention relates to investment casting molds for castings made of metal, and to the production of cast part prototypes and individual pieces having small and medium dimensions and masses.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezweckt ein Verfahren zum direkten Herstellen einer verlorenen Gießform durch Bearbeitung einer mit aushärtbaren Bindemitteln hergestellten Sandform. Insbesondere soll der Verschleiß der Werkzeuge gesenkt und die Maßhaltigkeit und Genauigkeit bei Nachbildung der Form erhöht werden, indem unter Verwendung eines variablen oder festen Formkastens (2) mit einer Modelleinrichtung (4) eine zu bearbeitende Rohform (1) hergestellt wird, welche volumemäßig die Sollkonturen der Gießform und eine Bearbeitungszugabe für das Formstoff-Fräsen enthält. Nach dem Auffüllen des Formkastens (2) mit aushärtbaren Gießereiformstoffen, dem Aushärten und Entformen, wird die Rohform (1) durch Abtragen der Bearbeitungszugabe mittels Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, Fräsen oder 3D-Bearbeitung von Freiformflächen in die Gießform überführt. Die Erfindung betrifft verlorene Gießformen, für Gußstücke aus Metall sowie die Fertigung von Gußteilprototypen und Einzelstücken im kleinen und mittleren Größen- und Stückmassbereich.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren und Vorrichtung zum direkten Herstellen einer verlorenen Gießform für Gußstücke aus Metall

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum direkten Herstellen einer
5 verlorenen Gießform für Gußstücke aus Metall sowie die Fertigung von Gußteilprototypen und Einzelstücken im kleinen und mittleren Größen - und Stückmassbereich, durch Bearbeitung einer unter Verwendung von aushärtbaren Bindemitteln hergestellten Sandform.

Verlorene Formen für Gußteilprototypen und Einzelstücke werden gemäß DE 43 41 325 A 1
10 als Schaumstoffmodell mit Hilfe einer numerisch gesteuerten Fräsmaschine hergestellt. Die numerisch gesteuerte Fräsmaschine enthält einen Fräser, der mit Hilfe einer Portaleinrichtung entlang der drei Raumrichtungen bewegt werden kann. Um eine schnelle und genaue Bearbeitung des Werkstückes zu gewährleisten, werden die aus einem Schaumstoffblock herausgefrästen Polystyrol - Schaumstoffpartikel unmittelbar im Bereich des Fräsers abgesaugt.
15 Zur Reststoffabsaugung ist der Fräser als Hohlkörper mit Absaugöffnungen ausgebildet und mittels Leitungen mit einer Absaugeinrichtung verbunden. Da die Werkzeugkosten für die Herstellung des Fräsers vergleichsweise hoch sind, können nach diesem Verfahren Gießformen aus Gießereiformsand nicht hergestellt werden. Der durch die Bearbeitung einer verlorenen Gießform hervorgerufene hohe Verschleiß würde sich nachteilig auf die Formgenauigkeit
20 auswirken und erhebliche Werkzeugkosten erfordern. Darüber hinaus sind Modelle aus Schaumstoff für kleine Gußteile nicht geeignet. Dünnwandige und komplizierte Strukturen sind nur schwer herstellbar. Nachteilig ist die leichte Zerbrechlichkeit des Modells, bei dem die Nachgiebigkeit zu großen Maßabweichungen führen kann. Für die Umweltverträglichkeit sind spezielle Ausrüstungen der Gießerei notwendig.

25

Um eine Sandform ohne Urmodell herstellen zu können, wurde in der DE 26 05 687 C 3 vorgeschlagen, den Formsand in einen Formkasten einzustampfen und den Formhohlraum mit
Schneid - und Fräsworkzeugen auszuhöhlen, die mit einer Profilier - oder Kopierfräsmaschine in Wirkverbindung stehen. Um den Werkzeugverschleiß zu senken wurde des weiteren
30 vorgeschlagen, daß das Aushöhlen des Sandblockes vorgenommen wird, wenn die Druckfestigkeit 2 - 10 kg/ cm² vorzugsweise 2 - 5 kg/ cm² beträgt. Das bedeutet, daß die Bearbeitung vor dem vollständigen Aushärten des Bindemittels, jedoch bei annehmbarer Festigkeit vorgenommen werden muß. Dieser Vorgang ist technologisch nicht beherrschbar

und mit einer Vielzahl von Fehlerquellen verbunden. Aus diesem Grunde konnte sich die Bearbeitung einer nicht ausgehärteten Sandform in der Praxis nicht durchsetzen. Das in der Erfindungsbeschreibung näherbezeichnete Werkzeug zum Aushöhlen des Sandblockes weist darüber hinaus ein um eine Vertikalachse rotierendes Messer auf, mit dem nur gewöhnliche
5 zylindrische Formen darstellbar sind.

In der Offenlegungsschrift DE 196 49 428 A1 wurde zur Herstellung von Formen für große und komplizierte Gußteile ohne Verwendung einer Prototypmodelleinrichtung der Vorschlag unterbreitet, einen Sandblock zu bearbeiten, der eine Druckfestigkeit im Bereich von 20 bis 80
10 kg / cm² insbesondere im Bereich von 40 bis 60 kg / cm² aufweist. Da eine unter Normalbedingung ausgehärtete Gießform aus Gießereiformsand bei einem üblichen Bindemittelanteil regelmäßig eine Druckfestigkeit von mindestens 60 kg / cm² aufweist, bezieht sich der vorzugsweise angegeben Bereich der Druckfestigkeit auch auf eine nicht vollständig ausgehärtete Sandform oder auf eine Form mit einem vergleichsweise geringen
15 Bindemittelgehalt, um die Lebensdauer der Werkzeuge zu erhöhen. Beides ist für eine exakte Formherstellung wegen der geringen Festigkeit mit erheblichen Nachteilen behaftet.

Das Verfahren ist dadurch bezeichnet, daß ein Block aus einem verfestigten Pulvergranulatmaterial mit einer automatischen Verarbeitungsmaschine bearbeitet wird. Ein
20 Werkzeugwechsler und eine Absaugung des abgetragenen Materials in Bearbeitungsnähe sind genannt. Das Pulvergranulatmaterial wird als ein spezielles Sandmaterial spezifiziert, welches mit Bindemittel, wie Wasserglas, das mit CO₂ - Gas ausgehärtet wird, oder Härter, wie Furanharz, das mit Säure gehärtet wird, in Form eines quaderförmigen Blockes gebunden und verfestigt vorliegt. Die Verarbeitungsmaschine verfügt über eine Art
25 Werkzeugmaschinensteuerung. Eine CAM - Software dient der Erzeugung eines Programms auf dessen Grundlage die Bearbeitung erfolgt. Das Programm für die herzustellende Form kann nach Zeichnung oder aus CAD - Daten erstellt werden.

Die Nachteile der direkten Bearbeitung eines Sandstoffblocks mit der vorgeschlagenen
30 automatischen Verarbeitungsmaschine liegen in dem in der Schrift bezeugten hohen Verschleiß der Werkzeuge, der nur durch eine geringere Festigkeit des Sandstoffblockes gesenkt werden kann. Aus diesem Grunde muß die Bearbeitung innerhalb der Abbindezeit vorgenommen werden, was desgleichen aus technologischen Gründen sehr problematisch ist. Eine Gießform

unter Verwendung einer schnell härtenden Formstoffmischung mit geringer Abbindezeit ist aus diesen Gründen unausführbar. Die vorgeschlagene Lösung ist auf die vorzugsweise Verwendung von CO₂ - beziehungsweise Furanharzformstoffen beschränkt, so daß damit nicht alle in Frage kommenden Gießereiformstoffe Verwendung finden können.

5

Die Erfindung bezweckt unter Vermeidung oder Minderung der genannten Nachteile des Standes der Technik ein Verfahren und eine Vorrichtung zum direkten Herstellen einer verlorenen Gießform durch Bearbeitung einer ohne Einschränkung unter Verwendung von aushärtbaren Bindemitteln hergestellten Sandform. Insbesondere soll die Erfindung den Verschleiß der Werkzeuge senken und die damit einhergehenden Werkzeugkosten verringern sowie die Maßhaltigkeit und Genauigkeit bei Nachbildung der Form erhöhen

10

Die Aufgabe wird durch das Bearbeitungsverfahren des direkten Formstoff - Fräsens gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, daß unter Verwendung eines variablen oder festen

15

Formkastens mit einer Modelleinrichtung eine Rohform hergestellt wird, welche die Konturen der Gießform zuzüglich einer Bearbeitungszugabe für das Formstoff - Fräsen enthält. Nach dem Auffüllen des Formkastens mit aushärtbaren Gießereiformstoffen entsteht nach dem Aushärten und Entformen die Rohform, die durch Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, durch Fräsen oder durch 3 - D - Bearbeitung von Freiformflächen in die Gießform überführt wird.

20

Durch das vorgeschlagene Bearbeitungsverfahren des direkten Formstoff - Fräsens wird ein neues Eigenschaftsprofil der mit bekannten Technologien der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung hergestellten Gießform mit quantitativen und qualitativen Merkmalen geschaffen, die nach einem weiteren Merkmal der Erfindung darauf

25

zurückzuführen sind, daß die Bearbeitung der Rohform im ausgehärteten Zustand erfolgt, bei der die Druckfestigkeit mindestens 60 bis 80 kg / cm² beträgt.

Kennzeichnend für das Formstoff - Fräsen ist somit die Herstellung von Formkonturen in ausgehärtetem Gießereiformstoff. Für die Automatisierung der Fräsbearbeitung ist eine

30

Anhäufung abgetragenen Materials im Bearbeitungsraum schädlich. Die Folgen sind Ungenauigkeiten der Oberflächenkontur der Gießform, erhöhter Verschleiß der Werkzeuge oder Schäden an der Maschine. Über die Herstellung von Rohformen wird der Materialabtrag minimiert. Dem Entstehen von Anhäufungen abgetragenen Materials wird entgegengewirkt.

Die Herstellung von Rohformen weist weitergehende Vorteile auf, die durch die Einsparung von Formstoff und Energie, die Minimierung der Abfälle und Stäube, die Verschleißminimierung an Werkzeug und Maschine sowie durch die Senkung der Maschinenhauptzeiten gekennzeichnet sind. Darüber hinaus ergibt sich eine besondere
5 Wirtschaftlichkeit bei großvolumigen Formen beziehungsweise Formteilen.

Im Rahmen der Erfindung ist des weiteren vorgesehen, daß der Begriff des direkten Formstoff-
- Fräsens nicht nur das Fräsen von Gießereiformstoffen schlechthin, sondern eine
technologische Kette von Verfahren sowie Vorrichtungen zur Herstellung verlorener Formen
10 umfaßt. Dazu gehört die Herstellung der Rohform mit einer variablen Modelleinrichtung aus
einer Anordnung von Quadersegmenten, Würfelsegmenten, Gewindebolzen oder klemmbaren
Rundstäben ebenso wie die Abführung des Materialabtrags. Voraussetzung für die
technologische Umsetzung des direkten Formstoff - Fräsens ist die Bereitstellung spezieller
Vorrichtungen zur Herstellung der Rohformen und zur Bearbeitung dieser in der
15 Bearbeitungsmaschine, was im nachfolgenden mit mehreren Ausführungsbeispielen näher
erläutert werden soll. Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus
den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen.

In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen

- 20 Figur 1 den Ablauf des Verfahrens bei der Herstellung einer Gießform,
Figur 2 einen variablen Formkasten mit Modelleinrichtung auf der Basis von aufrecht
stehenden Quadersegmenten (Balkensegment) zur Herstellung der Rohform,
Figur 3 ein Balkensegment,
Figur 3a ein Würfelsegment,
25 Figur 4 einen Formkasten nebst Modelleinrichtung mit einer Anordnung von Gewindebolzen
oder mit einer Anordnung von klemmbaren Rundstäben,
Figur 5 die Herstellung der Rohform unter Verwendung einer Anordnung von
Gewindebolzen,
Figur 6 einen klemmbaren Rundstab,
30 Figur 7 den klemmbaren Rundstab gemäß Figur 6 im Schnitt und
Figur 8 die Herstellung der Rohform unter Verwendung einer Anordnung von klemmbaren
Rundstäben in schematischer Darstellung.

Figur 1 zeigt stark schematisiert den Ablauf des Verfahrens zur Herstellung einer Rohform 1 aus ausgehärtetem Gießereiformstoff, der nach seiner vollständigen Aushärtung eine Druckfestigkeit von mindestens 60 bis 80 kg / cm² aufweist. Zur Herstellung der Rohform 1 können ohne Einschränkung bekannte Formgrundstoffe (Gießereisande, Schamotte, Korunde oder Carbonsand) entweder rein oder in jedem Verhältnis als Mischung eingesetzt werden. Als Bindemittel können organische Zusammensetzungen wie Harze, Novolake beziehungsweise Resole oder anorganische Bindemittel wie Wasserglas mit beliebigen Zusätzen und Zuschlägen wie Härter, Säuren, Trenn - und Lösungsmittel und so weiter verwendet werden. Der selbsthärtende Gießereiformstoff wird in einen Formkasten 2 eingebracht. Der Formkasten 2 steht auf einer Modellplatte 3 als Träger der variablen Modelleinrichtung 4 und der Modelle für das Gieß - und Speisesystem 17.

Der Formkasten 2 besteht aus vier Seitenwänden 5, einem Hilfsrahmen 6 und einem Füllrahmen 7. Formkasten 2, Hilfsrahmen 6 und Füllrahmen 7 sind im Raster variabel verstellbar. Die Seitenwände 5 können gemäß Figur 2 aus mehreren baugleichen U - Profilen 8 bestehen. Die U - Profile 8 sind gleich lang und haben rasterförmig angeordnete Bohrungen 9. Die Höhe der Seitenwände 5 ist über die Anzahl der U - Profile 8 variabel einstellbar. Die U - Profile 8 sind an den Gurten 11 miteinander verbunden. Zur Versteifung besitzen die U - Profile 8 zwischen beiden Gurten 11 Querstreben 12 aus Rund - oder Flachmaterial. Diese sind in gleichen Abständen angeordnet und dienen gleichzeitig der formschlüssigen Verbindung zum Handling - Greifer. Die Innenmaße des Formkastens 2 sind damit über das Bohrungsraster einstellbar. Das Rastermaß des Formkastens 2 entspricht dem Rastermaß der variablen Modelleinrichtung 4. Hilfsrahmen 6 und Füllrahmen 7 sind ebenfalls im Raster verstellbar. Der Hilfsrahmen 6 wird auf die Seitenwände 5 aufgesetzt und ist mit diesem über geeignete Verbindungselemente zusammengefaßt. Der Formkasten 2 ist hierdurch in seinen Grundabmessungen und in seiner Höhe einstellbar. Auf dem Hilfsrahmen 6 wiederum wird der Füllrahmen 7 aufgesetzt. Die Modelle für das Gieß - und Speisesystem 17 werden an Quertraversen 18 hängend befestigt, die den Füllrahmen 7 überbrücken und auf dem Hilfsrahmen 6 fixiert sind. Die Anordnung der Modelle für das Gieß - und Speisesystem 17 kann beliebig gewählt werden. Diese schließen mit der Oberkante des Hilfsrahmens 6 ab. Vor dem Füllen des Formkastens 2 werden in den Hilfsrahmen 6 und zwischen den Seitenwänden 5 an noch freien Stellen Armierungen 16 eingefügt. Diese dienen der Stabilisierung der Rohform 1 für das Handling und zur Aufnahme der Gießdrücke. Als Armierung 16 können Stahlprofile

dienen. Der Hilfsrahmen 6 verfügt dazu über entsprechende lochförmige oder langlochförmige Durchbrüche 19.

5 Nach dem Befüllen mit kaltaushärtbarem Formstoff und anschließender Verdichtung werden die Quertraversen 18 und der Füllrahmen 7 entfernt und die Form wird abgestrichen.

10 Nach Erreichen der Ausschalfestigkeit werden die Modelle für das Gieß - und Speisesystem 17 gezogen. Die so entstandene Rohform 1 wird um 180° gewendet. Hierbei sind die in den Seitenwänden 5 eingefügten Querstreben 12 im Formschluß zu einer nicht weiter dargestellten Wendevorrichtung hilfreich. Danach erfolgt das vollständige Aushärten des Formstoffs. Wesentlich ist, daß die Aushärtung nicht aus Gründen einer sich unmittelbar anschließenden Bearbeitung und vor dem Erreichen einer bestimmten Druckfestigkeit abgebrochen werden muß.

15 Abschließend wird mit Hilfe von für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung geeigneten Bearbeitungswerkzeugen die Bearbeitungszugabe der Rohform 1 abgetragen und die endgültige Gießform hergestellt.

20 Zum seitlichen Bearbeiten der Rohform 1 ist es unvermeidlich, die Seitenwände 5 des Formkastens 2 zu entfernen. Zum Spannen und Handling der Rohform 1 ist deshalb der Hilfsrahmen 6 notwendig. Der Hilfsrahmen 6 ist für die Versteifung der Rohform 1 beim Heben und Drehen der Form ohne die Seitenwände 5 des Formkastens 2 mittels Hebezeug und Greifer erforderlich. Außerdem dient der Hilfsrahmen 6 dem Spannen und Positionieren der Rohform 1 auf dem Maschinentisch einer Bearbeitungsmaschine für das Formstoff - Fräsen und zum Verspannen der beiden Gießformhälften zum Gießen des Gußteils bei Verwendung der Gießform ohne Seitenwände 5. Am Hilfsrahmen 6 sind dazu an jeder Seite jeweils Spannmittel vorhanden, die an sich bekannt und deshalb nicht weiter beschrieben sind. Das Verspannen kann deshalb herkömmlich mit Spannhaken erfolgen. Das Positionieren von zwei Formhälften zueinander zur Aufnahme des Gießdrucks kann über formschlüssige 25 Verriegelungen im Formstoffballen, beispielsweise mit kegelförmigen Zapfen und Aufnahmen beziehungsweise Halbkugeln und Pfannen vorgenommen werden, die ebenfalls gefräst werden.

Für die Automatisierung des Formstoff - Fräsens, das die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

und die 3 - D Bearbeitung von Freiformflächen umfassen soll, ist eine Anhäufung abgetragenen Gießereiformstoffes im Bearbeitungsraum, insbesondere in einer muldenförmigen Formkontur 21 des ausgehärteten Gießereiformstoffes schädlich. Die Folgen sind Ungenauigkeiten in der Oberflächenkontur der Gießform, erhöhter Verschleiß der Werkzeuge oder Schäden an der Bearbeitungsmaschine. Es gibt mehrere Wege, eine Anhäufung abgetragenen Materials durch eine der nachfolgend beschriebenen Maßnahmen allein oder in Kombination zu umgehen.

Das Abführen des Materialabtrags kann durch Ausnutzung der Schwerkraft bei Fräsbearbeitung über Kopf vorgenommen werden. Hierbei wird die Rohform 1 mit Hilfe des Hilfsrahmens 6 auf dem Maschinentisch aufgespannt und zusammen mit der Bearbeitungsmaschine um 180 ° um eine Horizontalachse geschwenkt. Der bei der Fräsbearbeitung abgetragene Formstoff fällt sofort heraus. Vorteilhaft ist, daß der abgetragene Formstoff während der Maschinenhauptzeit abgeführt werden kann. Formstoffabfälle können leicht aufgefangen und abtransportiert werden. Um den Hauptspindeltrieb, die Werkzeugspaneinrichtung und die Linearführungen gegenüber dem aufgewirbelten und herabfallenden Materialabtrag zu schützen, ist eine Kapselung vorgesehen.

Eine vergleichsweise einfachere Abführung des Materialabtrags durch Ausnutzung der Schwerkraft kann durch eine Fräsbearbeitung in der Vertikalen erreicht werden. Hierbei fällt der Großteil des Materialabtrages aus einer muldenförmigen Formkontur 21 und die Formstoffabfälle können ebenso leicht aufgefangen und abtransportiert werden. Die Bearbeitungsachsen, der Hauptspindeltrieb und die Werkzeugspaneinrichtung sind weniger stark dem Formstoffkontakt ausgesetzt.

Während der Bearbeitung in der Horizontalen entsprechend Figur 1 kann der Materialabtrag durch Absaugen erfolgen, was insbesondere bei großen Rohformen 1 vorteilhaft ist. Das Aufspannen der Rohform 1 erfolgt einfach mit dem Hilfsrahmen 6, wobei das Abführen des Materialabtrages während der Maschinenhauptzeit vorgenommen werden kann. Das hat den Vorzug, daß bei Flächenportalausführung die Linearachsen der Bearbeitungsmaschine oberhalb der muldenförmigen Formkontur 21 liegen und durch das Absaugen des vom Werkzeug aufgewirbelten Formstoffes relativ gut vor Staub geschützt sind.

Nachteilig ist, daß das Abführen des Formstoffabtrages während der Bearbeitung in fünf

- Achsen schwierig ist. Außerdem können durch das Nachführen des Saugrohres in Koppelung mit der Hauptspindel die Konturen in der Gießform beschädigt werden. Deshalb sollte das Absaugen des Materialabtrags nach der Bearbeitung durchgeführt werden. Zweckmäßig ist, wenn der Materialabtrag schichtweise abgesaugt wird. Nach jeder abgetragenen
- 5 Materialschicht wird ein senkrechtstehendes Saugrohr in die Werkzeugaufnahme 22 der Frässpindel eingewechselt. Das Fräswerkzeug 23 wird während der Absaugung zwischengeparkt. Das Saugrohr ist an die Niederdruckabsaugung der Bearbeitungsmaschine angeschlossen. Durch konturnahes Abfahren der Werkstückoberfläche wird der Materialabtrag abgesaugt. Eine Beschädigung der Oberflächenkontur der Gießform ist ausgeschlossen. Der
- 10 Saugrohrquerschnitt kann relativ groß ausgeführt werden, wodurch eine hohe Saugleistung bei vergleichsweise geringem Energieeinsatz für die Materialförderung erzielt wird. Darüber hinaus wird die Absaugung nur kurzzeitig zugeschaltet, dadurch ist ein geringer Energieverbrauch und eine nur kurzzeitige Geräuschbelastigung zu verzeichnen.
- 15 Eine weitere Variante zur Beseitigung des Materialabtrages, die nicht mit Zeichnung präzisiert ist, besteht in der Absaugung durch Löcher in der Rohform 1. Dazu werden von der Bearbeitungsmaschine an definierten Stellen Löcher in die Rohform 1 gebohrt, die vorzugsweise an den tiefsten Stellen angeordnet werden. Die Bohrungen werden später wieder verschlossen oder können als Speiser oder Luftabführung gießtechnische Aufgaben erfüllen.
- 20 Die Absaugung kann durch einen Maschinentisch erfolgen, der zu diesem Zweck über Absaugöffnungen verfügt, die im Raster angeordnet sind. Diese Öffnungen können einzeln verschlossen oder bei Verbindung mit den Löchern in der Rohform 1 geöffnet werden.
- 25 Für die Herstellung der Rohform 1 kann eine der variablen Modelleinrichtungen 4 eingesetzt werden, die nachfolgend näher beschrieben sind. Auf diese soll die Erfindung jedoch nicht beschränkt werden. Die folgende Beschreibung setzt die Nutzung von CAD/CAM - Software voraus. Die Kontur der variablen Modelleinrichtung 4 wird mittels CAD - System aus der Kontur der Gießform generiert.
- 30 In der 3 - D - Konstruktion des Formenaufbaus sind die Details festgelegt. Diese umfassen die Nullpunktmarken, die innere und äußere Gußteilkontur, die Anordnung der Teilungsebene, die Anordnung der Kerne einschließlich der Kernmarken und des Kernspiels, die Auswahl und

Anordnung des Gieß - und Speisesystems 17, die Auswahl und Anordnung der Seitenwände 5 des Formkastens 2 und die Auswahl des Hilfsrahmens 6 mit den Armierungen 16 sowie die Auswahl des Füllrahmens 7.

- 5 Für die Herstellung einer Rohform 1 aus kaltaushärtbaren Gießereiformstoffen kann zum Ersten eine variable Modelleinrichtung 4 aus Balkensegmenten 25 eingesetzt werden. Für das Gieß - und Speisesystem 17 bestehen normierte Modelle, die in einer 3 - D Bibliothek erfaßt sind, die auf den vorhandenen Lagerbestand Bezug nimmt. Über eine Variantenkonstruktion sind fehlende Modelle leicht nachzufertigen. Die Höhe der Seitenwände 5 des Formkastens 2
- 10 muß größer sein als das Maß der maximalen Formtiefe der zu formenden Rohform 1. Die Größe des Formkastens 2 richtet sich nach der Größe der Modelleinrichtung 4 beziehungsweise der Rohform 1 mit den Armierungen 16. Alle Konturen der variablen Modelleinrichtung 4 und die Teilungsflächen erhalten eine Bearbeitungszugabe. Zur Kontur der späteren Gießform wird dazu eine um den Betrag der Bearbeitungszugabe versetzte
- 15 Flächenkontur erzeugt, die die variable Modelleinrichtung 4 nachbildet.

- Das Raster des Formkastens 2 nach Figur 2 ist in x - y - Richtung ein Vielfaches der Kantenlänge der Grundfläche eines aufrechtstehenden Balkensegments 25, das in Figur 3 gezeichnet ist. Am CAD - System wird der Formhohlraum zwischen der versetzten
- 20 Flächenkontur und der Modellplatte 3, die mit der Grundfläche des Formkastens 2 gleich ist, mit Balkensegmenten 25 ausgefüllt. Die Balkensegmente 25 sind dabei wie in einem Flächenraster in x - y - Ebene angeordnet, welches auf der Modellplatte 3 und im CAD - System markiert ist. Die versetzte Flächenkontur als Begrenzung der Rohform 1 darf nicht von Balkensegmenten 25 durchdrungen sein. Hinterschneidungen in Ausformrichtung werden nicht
- 25 mit Balkensegmenten 25 gefüllt. Die Anordnung von Balkensegmenten 25 bildet die variable Modelleinrichtung 4. Das Volumen des Formkastens 2 abzüglich der Modelleinrichtung 4 ergibt nach dem Abformen die Rohform 1. Die Rohform 1 geht in die Fräsbahnprogrammierung ein.

- Die Modellplatte 3 bildet die x - y - Ebene der Modelleinrichtung 4. Die Modellplatte 3 kann
- 30 elektrisch magnetisierbar ausgebildet werden. Die Oberfläche der Modellplatte 3 kann eine dünne Gravur von Rasterlinien erhalten. Die so entstandenen quadratischen Felder sind schachbrettartig numeriert, um den Aufbau der Balkensegmente 25 zu erleichtern. Die Modellplatte 3 kann mit dem Formkasten 2 verriegelt werden.

Jeder Nummer wird ein Balkensegment 25 definierter Länge in Z - Richtung zugeordnet. Das Raster kann ebenso zur Markierung des Werkstücknullpunktes dienen. Diese Zuordnung kann in einer Tabelle ausgedruckt werden. Der Aufbau der Positiv - Form aus Balkensegmenten 25 erfolgt von Hand oder automatisch mit einem Bestückungsroboter. Verwendbar sind zum Beispiel Balkensegmente aus Metall -, Holz - oder Kunststoff mit gleicher Kantenlänge wie oben beschrieben, jedoch mit einer Toleranz von zirka $\pm 0,1$ mm.

Die Grundfläche der Balkensegmente 25 besteht aus Stahl 15, um einen festen Halt mit der elektrisch magnetisierbaren Modellplatte 3 herstellen zu können. Nach dem vollständigen Aufbau der variablen Modelleinrichtung 4 werden die einzelnen Balkensegmente 25 elektromagnetisch fixiert.

Zum Schluß wird die aus Balkensegmenten 25 aufgebaute Modelleinrichtung 4 und das Modell für das Gieß - und Speisesystem 17 mit einem Trennmittel eingesprüht beziehungsweise mit einer Folie bedeckt und der Formkasten 2 mit kaltaushärtbarem Gießereiformstoff gefüllt und verdichtet. Nach dem Befüllen mit kaltaushärtbarem Formstoff und anschließender Verdichtung werden die Quertraversen 18 sowie der Füllrahmen 7 entfernt und die Form wird abgestrichen. Danach erfolgt das Aushärten des Formstoffs.

Nach Erreichen der Ausschaltfestigkeit werden die Modelle für das Gieß - und Speisesystem 17 gezogen. Die so entstandene Rohform 1 wird um 180° gewendet. Die Modellplatte 3 mit der variablen Modelleinrichtung 4 wird entformt. Nach dem Lösen der magnetischen Arretierung sind die Balkensegmente 25 abnehmbar und in beliebiger Anordnung wiederverwendbar.

Nun kann die Rohform 1 nach Figur 1 in der Fräsmaschine positioniert und gespannt werden. Dazu wird der Hilfsrahmen 6 genutzt. Es ist darauf zu achten, daß der am Rohteil festgelegte Werkstücknullpunkt mit dem programmierten Werkstücknullpunkt übereinstimmt. Das CNC - Programm zum Fräsen der Form kann gestartet werden. Bei abgenommenen Seitenwänden können die Seitenflächen der Rohform 1 bearbeitet werden. Somit sind auch größere, aus mehreren Formsegmenten bestehende Formhälften herstellbar, da seitliche Verriegelungen angearbeitet werden können. Auch Entlüftungsbohrungen sind möglich. Soll der Hilfsrahmen 6 bei der Herstellung größerer Formsegmente hinter den Seitenflächen der Rohform 1

zurückstehen, ist der einstellbare Hilfsrahmen 6 nicht verwendbar. Hierfür ist eine Sonderanfertigung erforderlich.

5 Anstelle von Balkensegmenten 25 können für die Modelleinrichtung 4 Würfel 14 eingesetzt werden, die zur Ausformhilfe Gewinde 26 aufweisen, die das Ziehen erleichtern. Die Würfel sind formschlüssig und somit verdrehsicher aufeinander steckbar gestaltet, wie aus Figur 3 a ersichtlich ist.

10 Zweitens kann die Rohform 1 aus kaltaushärtbaren Gießereiformstoffen mit einer variablen Modelleinrichtung 4 aus einer Anordnung von Gewindebolzen 27 nach Figur 4 hergestellt werden.

15 Das Raster des Formkastens 2 gemäß Figur 4 ist ein Vielfaches des Abstands der Gewindebolzen 27. Mittels CAD - System werden Gewindebolzen 27 auf der Ebene der Modellplatte 3 angeordnet. Die Gewindebolzen 27 bestimmen mit ihrer Länge die versetzte Flächenkontur. Hinterschneidungen in Ausformrichtung sind nicht darstellbar.

20 Die Modelleinrichtung 4 entsteht durch definiertes Hineindreihen von mehreren Gewindebolzen 27 in Gewindebohrungen 29, was in der Figur 5 schematisiert dargestellt ist. Die Gewindebohrungen 29 befinden sich in einer ca. 12 mm dicken Metallplatte 31, zum Beispiel aus Stahlblech, die auf einem etwa 200 mm hohen Rahmen 32 befestigt ist. Die Gewindebohrungen 29 können in einem Raster in X - und Y - Richtung angeordnet werden. In die Gewindebohrungen 29 werden die Gewindebolzen 27 hineingeschraubt. Alle Gewindebolzen 27 werden auf einheitliche Höhe von Oberkante Zylinderbolzen 27 zur

25 Metallplatte 31 eingestellt. Jeder Zylinderbolzen 27 hat einen etwa 10 mm hohen Kopf 28 ähnlich einer Schraube mit Innensechskant oder dergleichen. Damit wird ein Formschluß zu einem Schraubwerkzeug 33 hergestellt. Jeder Gewindebolzen 27 kann somit einen Hub innerhalb der Höhe des Rahmens 32 realisieren. Dies entspricht der maximal abformbaren Tiefe durch die Modelleinrichtung 4.

30

Die Modellplatte 3 bildet die X - Y - Ebene der Modelleinrichtung 4, auf die das Raster der Gewindebolzen 27 übertragbar ist. Jedem Rasterpunkt wird ein Höhenwert, der im gewählten Ausführungsbeispiel zwischen 10 und 190 mm rangieren kann, dem jeweiligen Gewindebolzen

27 in Z - Richtung von der Modellplatte 3 ausgehend zugeordnet. Diese Zuordnung wird zur Programmierung der Fräsmaschine für das Einschrauben der Gewindebolzen 27 genutzt. Die Übertragung der Oberflächenkontur auf die Modelleinrichtung 4 kann in der Fräsmaschine erfolgen. Die Fräsmaschine arbeitet nun als Handhabungsroboter. Hierzu werden die

5 Funktionen der X -, Y - und Z - Achse sowie der Arbeitsspindel für das Schrauben ähnlich dem Gewindeschneiden genutzt. Voraussetzung ist, daß die Steuerung der Maschine das Gewindeschneiden ohne Gewindeschneideinrichtung unterstützt. Die Modelleinrichtung 4 wird dazu in der Maschine positioniert und gespannt. Dabei ist darauf zu achten, daß der an der Modelleinrichtung 4 festgelegte Werkstücknullpunkt mit dem programmierten

10 Werkstücknullpunkt übereinstimmt. In der Werkzeugaufnahme 22 ist ein Schraubwerkzeug 33 befestigt, welches beim Auffahren auf den als Schraubenkopf ausgebildeten Kopf 28 einen Drehwinkelversatz des Gewindebolzens 27 ausgleicht, um ein Ansnäbeln zu realisieren. In X - und Y - Richtung wird die entsprechende Position des Gewindebolzens 27 angefahren. Durch Rechtsdrehen der Arbeitsspindel und Nachführen in Z - Richtung wird der Gewindebolzen 27

15 eingeschraubt und auf definierte Höhe gebracht. Sind alle Gewindebolzen 27 eingestellt, wird die Modelleinrichtung 4 aus der Maschine entnommen. Über die durch Gewindebolzen 27 abgebildete Modelleinrichtung 4 wird ein formnachgiebiges Gewebe 34 gelegt oder gespannt. Auf die Modelleinrichtung 4 werden die verschraubten Seitenwände 5 des Formkastens 2 aufgesetzt. Anschließend wird die Modelleinrichtung 4 mit einer dünnen Folie ausgekleidet.

20 Nun wird der oben beschriebene Hilfsrahmen 6 und der Füllrahmen 7 aufgesetzt, das Gieß - und Speisesystem 17 montiert und die Form mit kaltaushärtenden Gießereiformstoff gefüllt und verdichtet.

Nach dem Erreichen der Ausschalfestigkeit wird die Rohform um 180° gewendet und die

25 Modelleinrichtung 4 gezogen. Die Seitenwände 5 des Formkastens 2 sowie das Gewebe 34 und die Trennfolie werden entfernt. Die Modelleinrichtung 4 ist wiederverwendbar, nachdem alle Gewindebolzen 27 wieder auf eine einheitliche Höhe eingestellt wurden. Dieser Vorgang erfolgt von Hand oder automatisch.

30 Eine weitere Variante der Herstellung der Rohform 1 aus kaltaushärtbaren Gießereiformstoff mittels variabler Modelleinrichtung 4 weist eine Anordnung klemmbarer Rundstäbe 35 auf, die in Figur 6 bis 8 dargestellt sind. Außerdem wird auf Figur 4 Bezug genommen.

Das Raster des Formkastens 2, der mit dem Formkasten 2 in Figur 4 in der Draufsicht identisch ist, ist ein Vielfaches des Abstands der Rundstäbe 35. Mittels CAD - System werden die Rundstäbe 35 im Raster auf der Ebene der Modellplatte 3 angeordnet. Die Rundstäbe 35 werden in ihrer Länge durch die versetzte Flächenkontur begrenzt. Hinterschneidungen in Ausformrichtung sind nicht darstellbar.

Die Modelleinrichtung 4 entsteht durch definiertes Hineindrücken der Rundstäbe 35 in Klemmaufnahmen 36. Die Klemmaufnahmen 36 sitzen in einer dicken Platte 37 aus Metall, die in Figur 6 veranschaulicht und deren Maß für den Fall im Ausführungsbeispiel mit 50 mm angenommen ist. Die Platte 37 ist auf dem Rahmen 32 in Figur 4 befestigt, der in etwa die gleiche Höhe wie die Seitenwand 5 des Formkastens 2 aufweist. Die Klemmaufnahmen 36, die in Figur 7 im Schnitt dargestellt sind, bestehen jeweils aus einer hydraulisch betätigten Klemmbuchse 38, die handelsüblich ist, und einem Kunststoff - Klemmring 39, zwei Bohrungssicherungsringen 40 und zwei Abstreifringen 41. Die Klemmaufnahmen 36 sind in einem Raster von ca. 30 mm in X - und Y - Richtung angeordnet. Die Kunststoff - Klemmringe 39 sitzen über den Klemmbuchsen 38 und gestatten ein axiales Verschieben der Rundstäbe 35 nur unter leichter Krafteinwirkung. Die Kunststoff - Klemmringe 39 sollen ein Herausfallen der Rundstäbe 35 beim Entspannen der Klemmbuchsen 38 verhindern. Zwischen Rundstäben 35 und Klemmringen 39 wurde eine leichte Preßpassung gewählt. Zu jeder Klemmbuchse 38 führt eine Hydraulikzuleitungsbohrung 42. Um diese Zuleitung auf geringstem Raum und in der Fläche zu realisieren, ist es sinnvoll die Platte 37 aus streifenförmigen Segmenten gleicher Länge zusammensetzen. Die Hydraulikzuleitungsbohrungen 42 sind in den streifenförmigen Segmenten angeordnet und untereinander verbunden. Die Rundstäbe 35 haben im Ausführungsbeispiel eine Länge von circa 240 mm, einen Durchmesser von 10 mm und sind zum Innendurchmesser der Klemmbuchse 38 so geschliffen, daß eine Übergangspassung erreicht wird. Jeder Rundstab 35 kann einen Hub von ca. 180 mm realisieren. Dies entspricht der maximalen Formtiefe des Formkastens 2.

Auf die Modellplatte 3 wird das Raster der Rundstäbe 35 übertragen. Jedem Rasterpunkt wird ein Höhenwert ca. zwischen 10 und 190 mm des jeweiligen Rundstabes 35 in Z - Richtung von der Grundfläche ausgehend zugeordnet. Diese Zuordnung wird zur Programmierung der Fräsmaschine für das Hineindrücken der Rundstäbe 35 genutzt. Die Erstellung der Oberflächenkontur der Modelleinrichtung 4 gemäß Figur 8 kann in der Fräsmaschine erfolgen.

Die Fräsmaschine arbeitet nun als Handhabungsroboter. Hierzu werden die Funktionen der X - , Y - und Z - Achse genutzt. Die Modelleinrichtung 4 wird in der Maschine positioniert und gespannt. Dabei ist darauf zu achten, daß der an der Modelleinrichtung 4 festgelegte Werkstücknullpunkt mit dem programmierten Werkstücknullpunkt übereinstimmt. In der
5 Werkzeugaufnahme 22 wird ein Druckbolzen 43 befestigt, während die Arbeitsspindel stillgesetzt ist. In X - und Y - Richtung wird die entsprechende Position des Rundstabes 35 angefahren. Durch Fahren des Druckbolzens 43 in Z - Richtung wird der Rundstab 35 in die Klemmaufnahme 36 hineingedrückt und auf definierte Höhe gebracht. Sind alle Rundstäbe 35 eingestellt, werden diese durch hydraulischen Klemmdruck arretiert. Der Hydraulikdruck wird
10 über eine Handpumpe erzeugt, die an der Modelleinrichtung 4 befestigt ist. Die hydraulische Klemmung bleibt während der Aushärtephase des Formstoffs erhalten. Nun wird die Modelleinrichtung 4 aus der Maschine entnommen. Über die durch Rundstäbe 35 gebildete Modelleinrichtung 4 wird ein formnachgiebiges Gewebe 34 gelegt oder gespannt. Auf die Modelleinrichtung 4 werden die verschraubten Seitenwände 5 des Formkastens 2 aufgesetzt.
15 Anschließend wird die Modelleinrichtung 4 mit Folie ausgekleidet. Nun wird der oben beschriebene Hilfsrahmen 6 und ein Füllrahmen 7 aufgesetzt, das Gieß - und Speisesystem 17 montiert und die Form mit kaltaushärtenden Gießereiformstoff gefüllt.

Nach Erreichen der Ausschalfestigkeit wird die Rohform um 180° gewendet und die
20 Modelleinrichtung 4 gezogen. Die Seitenwände 5 des Formkastens 2 sowie das Gewebe 34 und die Folie werden entfernt. Die Modelleinrichtung 4 ist wiederverwendbar, nachdem alle Rundstäbe 35 nach Aufheben der hydraulischen Klemmung wieder auf eine einheitliche Höhe von ca. 190 mm eingestellt wurden. Dieser Vorgang erfolgt von Hand oder automatisch.

Patentansprüche

1. Verfahren und Vorrichtung zum direkten Herstellen einer verlorenen Gießform für
5 Gußstücke aus Metall sowie für die Fertigung von Gußteilprototypen und Einzelstücken im
kleinen und mittleren Größen - und Stückmassebereich, durch Bearbeitung einer unter
Verwendung von aushärtbaren Bindemitteln hergestellten Gießform aus
Gießereiformstoffen, dadurch gekennzeichnet, daß unter Verwendung eines variablen oder
festen Formkastens (2) mit einer Modelleinrichtung (4) eine zu bearbeitende Rohform (1)
10 hergestellt wird, welche volumenmäßig die Sollkonturen der Gießform und eine
Bearbeitungszugabe für das Formstoff - Fräsen enthält, wobei nach dem Auffüllen des
Formkastens (2) mit aushärtbaren Gießereiformstoffen, dem Aushärten und Entformen, die
Rohform (1) durch Abtragen der Bearbeitungszugabe durch
Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, Fräsen oder 3D - Bearbeitung von Freiformflächen in
15 die Gießform überführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Herstellung der Rohform (1)
mit einer mit dem Formkasten (2) verriegelbaren Modellplatte (3) und einer variablen
Modelleinrichtung (4) mit Balkensegmenten (25), Würfeln (14), Gewindebolzen (27) oder
20 klemmbaren Rundstäben (35) durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die
Druckfestigkeit der Rohform (1) vor der Bearbeitung mindestens $60 - 80 \text{ kg / cm}^2$ beträgt.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der bei der
Hochgeschwindigkeitsbearbeitung anfallende Materialabtrag durch Ausnutzung der
Schwerkraft bei Fräsbearbeitung über Kopf abgeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abführung des
30 Materialabtrags durch Ausnutzung der Schwerkraft bei Fräsbearbeitung in der Vertikalen
vorgenommen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Materialabtrag nach unten durch Löcher in der Rohform (1) und durch Absaugen abgeführt wird.
- 5 7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Materialabtrag außerhalb der Maschinenhauptzeit, nach einer Bearbeitung in drei oder fünf Achsen in der Horizontalen, schichtweise durch konturnahes Abfahren der Formkontur (21) durch Absaugen mittels Absaugeinrichtung entfernt wird.
- 10 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach jeder abgetragenen Materialschicht ein senkrechtstehendes Saugrohr in die Werkzeugaufnahme (22) der Fräs - Spindel eingewechselt und das Fräswerkzeug (23) während der Absaugung zwischengeparkt wird.
- 15 9. Formkasten zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 - 8, umfassend vier Seitenwände (5), einen Hilfsrahmen (6) und einen Füllrahmen (7), die im Raster variabel verstellbar sind.
10. Variable Modelleinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, bestehend aus Würfeln (14), die in einem Raumgitter angeordnet sind, wobei das Raster des Formkastens (2) ein Vielfaches der Kantenlänge eines Würfels (14) aufweist und die Kantenlänge eines Würfels (14) identisch mit der Teilung des Raumgitters in X -, Y - und Z - Richtung ist.
- 20 11. Variable Modelleinrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle der Würfel (14) auf einer magnetisierbaren Modellplatte (3) Balkensegmente (25) mit einer Grundfläche aus Stahl (15) fixierbar sind.
- 25

12. Variable Modelleinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 - 8, bestehend aus einer Anordnung von Gewindebolzen (27), die einen Hub innerhalb der Höhe des Rahmen (32) realisieren und die Modelleinrichtung (4) abbilden, wobei das Raster des Formkastens (2) ein Vielfaches des Abstands der Gewindebolzen (27) aufweist und die Modelleinrichtung (4) durch definiertes Hineindreihen von Gewindebolzen (27) in Gewindebohrungen (29) entsteht, die in einer auf einem Rahmen (32) ruhenden Metallplatte (31) im Raster angeordnet sind.
13. Variable Modelleinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 - 8, bestehend aus einer rasterförmigen Anordnung klemmbarer Rundstäbe (35), die durch definiertes Hineindrücken in eine auf dem Rahmen (32) ruhende Platte (37) aus Metall mit Klemmaufnahmen (36) die Modelleinrichtung (4) abbilden.
14. Variable Modelleinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Klemmaufnahmen (36) in einer dicken oder aus streifenförmigen Segmenten gleicher Länge zusammengesetzten Platte (37) aus Metall mit zu Klemmaufnahmen (36) führenden Hydraulikzuleitungsbohrungen (42) angeordnet sind.
15. Variable Modelleinrichtung nach Anspruch 13 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Klemmaufnahmen (36) jeweils eine hydraulisch betätigten Klemmbuchse (38), einen Kunststoff - Klemmring (39), zwei Bohrungssicherungsringe (40) und zwei Abstreifringe (41) umfaßt.

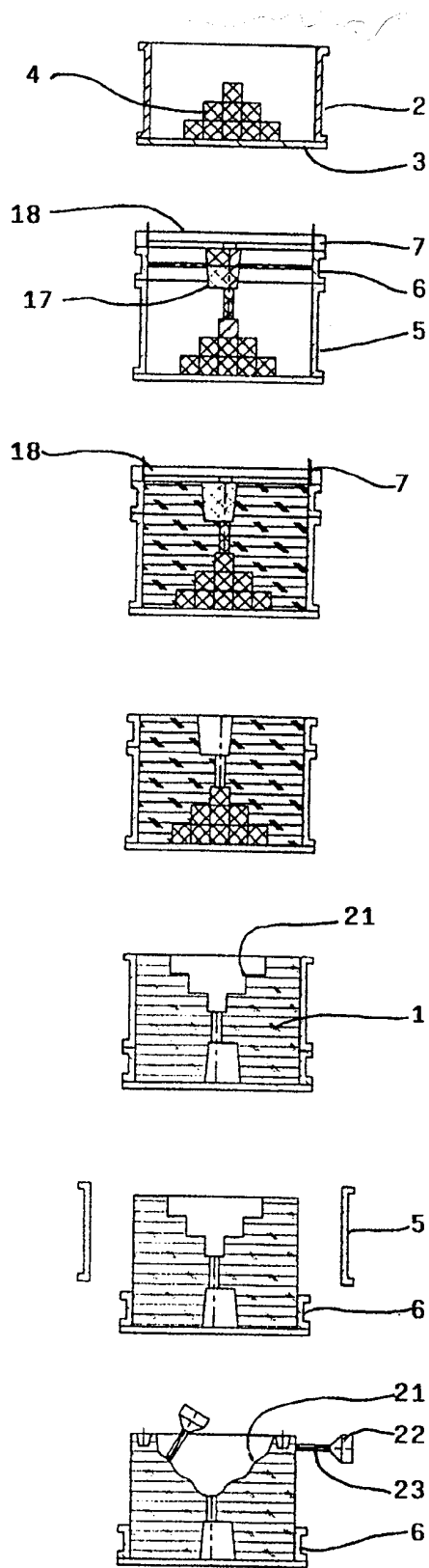


Fig. 1

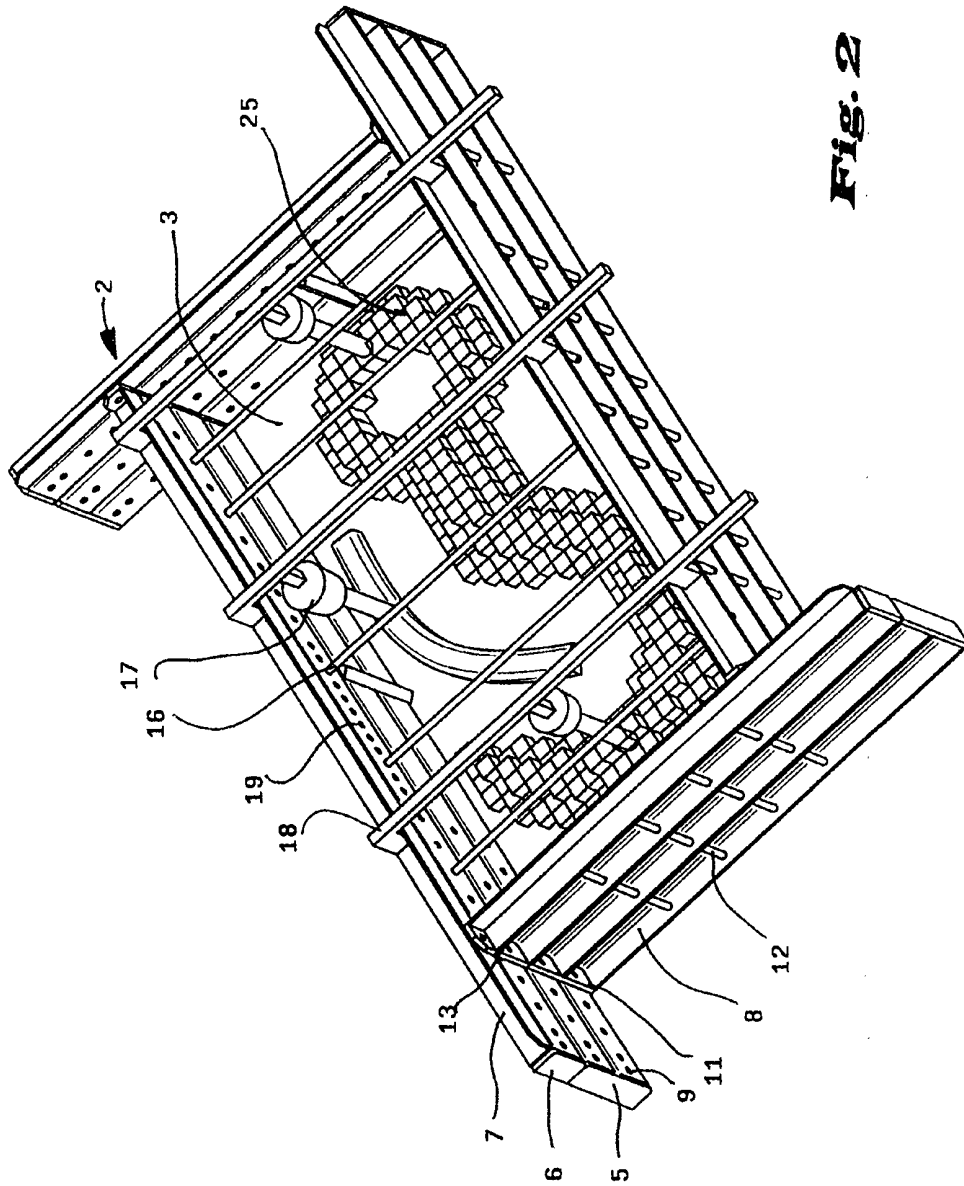


Fig. 2

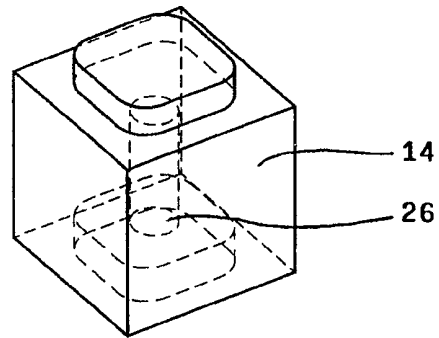


Fig. 3 a

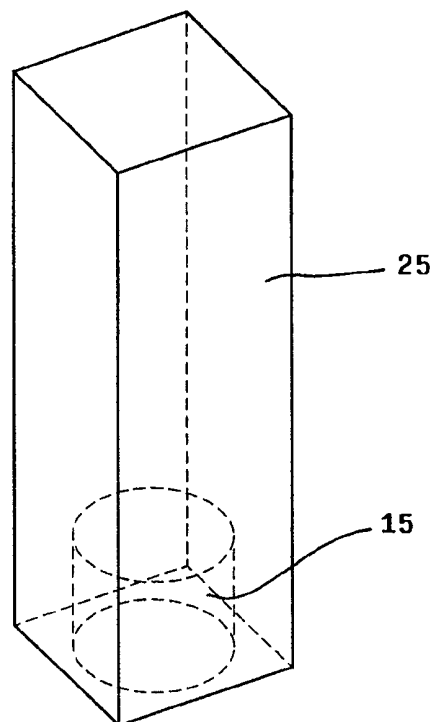


Fig. 3

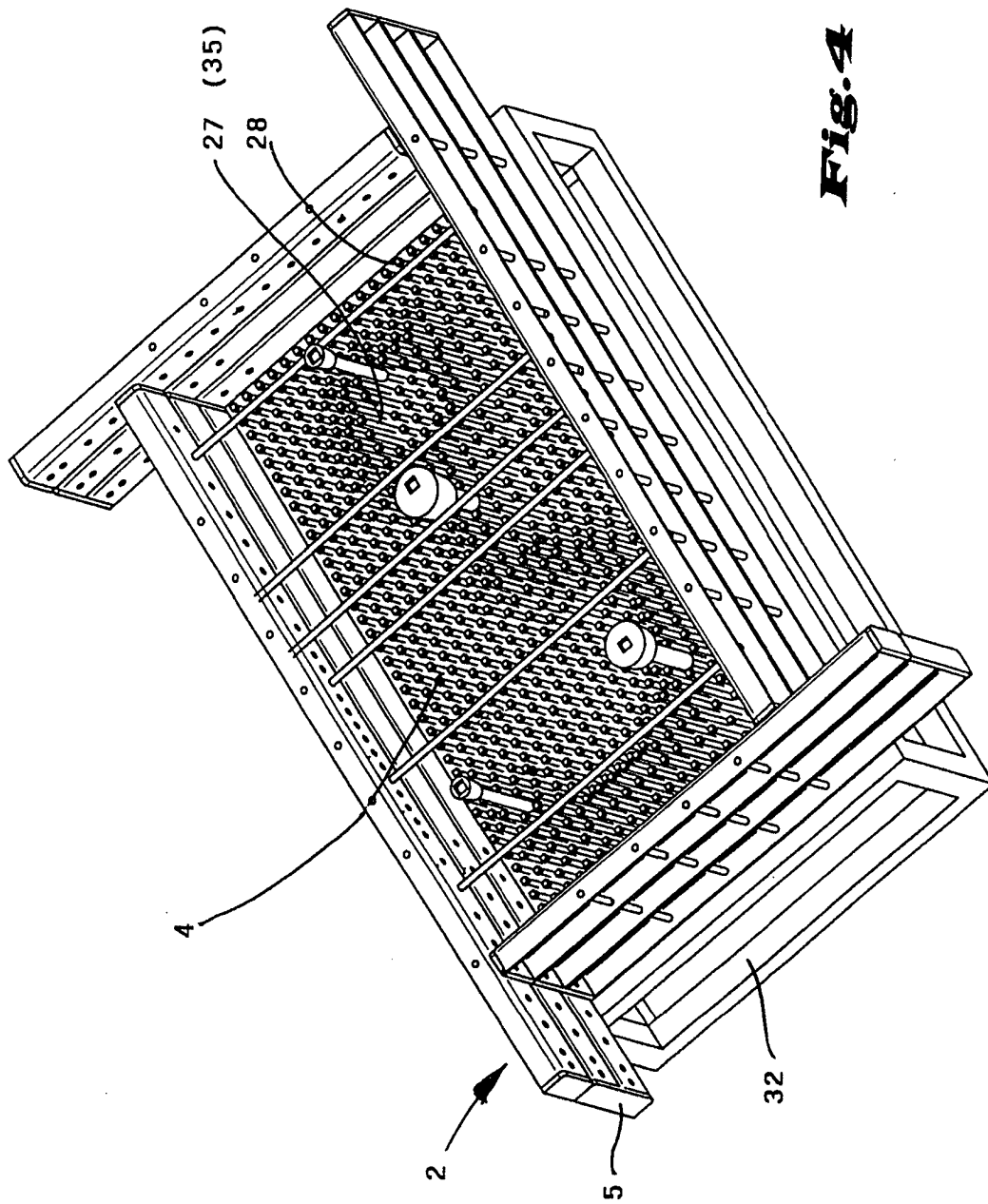


FIG. 4

5 / 7

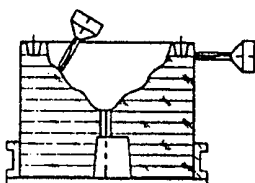
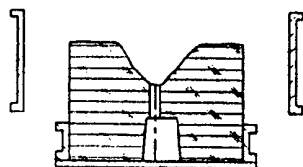
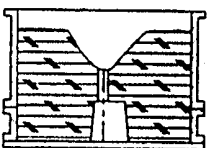
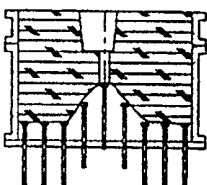
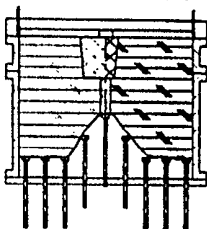
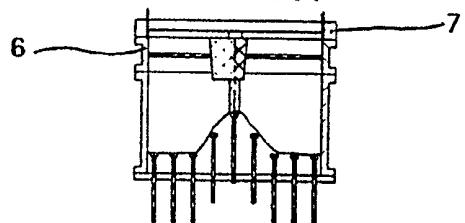
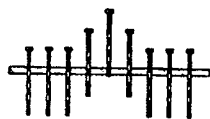
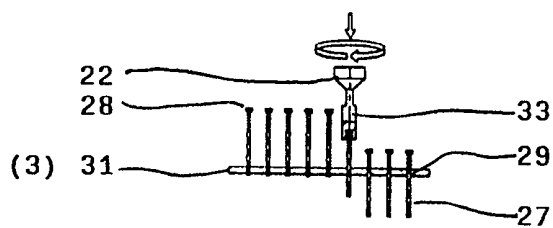


Fig. 5

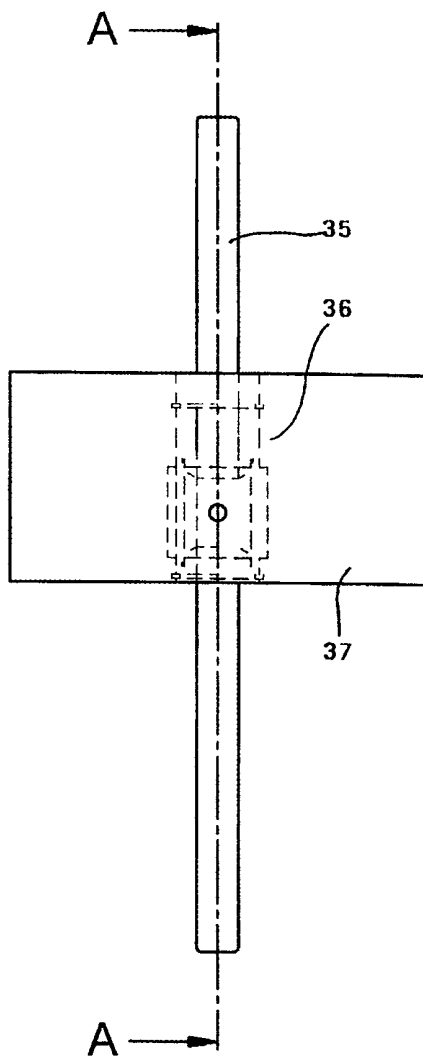


Fig. 6

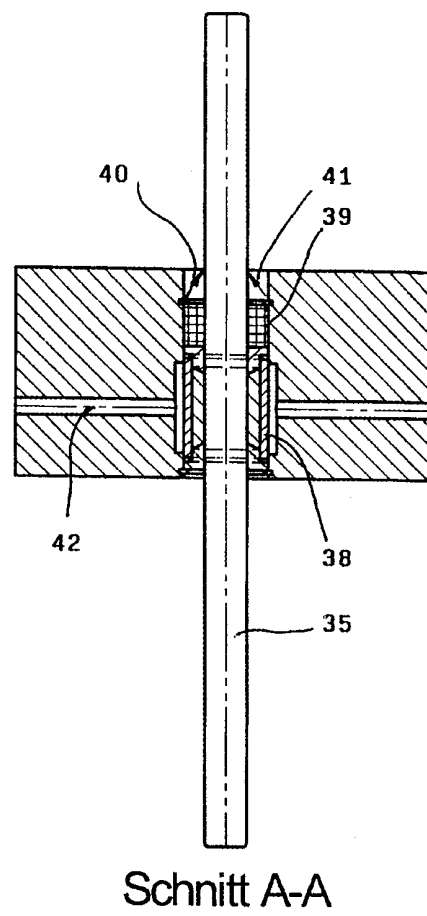


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC1/DE 99/01709

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 B22C/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 B22C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 43 41 325 A (GEBR. MARQUARDT GMBH) 20 April 1995 (1995-04-20) cited in the application claim 1; figures 1-4 ---	1
A	DE 26 05 687 A (KUBOTA LTD.) 26 August 1976 (1976-08-26) claim 1; figures 1-4 & DE 26 05 687 C cited in the application ---	1
A	DE 196 49 428 A (EBARA CORP.) 5 June 1997 (1997-06-05) cited in the application claim 1; figures 1,2 ---	1
-/--		

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 October 1999

Date of mailing of the international search report

13/10/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sutor, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 99/01709

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 317 315 A (ROBERT D'SA) 24 May 1989 (1989-05-24) claims 1-12; figures 1-10 ---	1, 9, 10
A	DE 17 58 760 A (GEORG KLEIN) 4 March 1971 (1971-03-04) figures 1-3 ---	9
A	DE 25 03 229 A (HEINR. MEIER, EISENGIESSEREI) 29 July 1976 (1976-07-29) figures 1,2 ---	9
A	DE 40 38 090 A (WOLFGANG HUIS) 4 June 1992 (1992-06-04) figures 7,8 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 99/01709

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4341325 A	20-04-1995	WO 9510387 A DE 9318547 U	20-04-1995 10-03-1994
DE 2605687 A	26-08-1976	JP 928980 C JP 51094418 A JP 53008527 B FR 2301321 A GB 1532698 A US 4104347 A	17-10-1978 19-08-1976 29-03-1978 17-09-1976 22-11-1978 01-08-1978
DE 19649428 A	05-06-1997	JP 9150237 A BR 9604635 A CN 1158286 A	10-06-1997 23-06-1998 03-09-1997
EP 317315 A	24-05-1989	NONE	
DE 1758760 A	04-03-1971	NONE	
DE 2503229 A	29-07-1976	FR 2309288 A GB 1529736 A SE 420577 B SE 7600815 A	26-11-1976 25-10-1978 19-10-1981 28-07-1976
DE 4038090 A	04-06-1992	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC1/DE 99/01709

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 B22C/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 6 B22C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 43 41 325 A (GEBR. MARQUARDT GMBH) 20. April 1995 (1995-04-20) in der Anmeldung erwähnt Anspruch 1; Abbildungen 1-4 ---	1
A	DE 26 05 687 A (KUBOTA LTD.) 26. August 1976 (1976-08-26) Anspruch 1; Abbildungen 1-4 & DE 26 05 687 C in der Anmeldung erwähnt ---	1
A	DE 196 49 428 A (EBARA CORP.) 5. Juni 1997 (1997-06-05) in der Anmeldung erwähnt Anspruch 1; Abbildungen 1,2 ---	1
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

<p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>	<p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>
---	---

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
6. Oktober 1999	13/10/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Sutor, W
---	---

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 317 315 A (ROBERT D'SA) 24. Mai 1989 (1989-05-24) Ansprüche 1-12; Abbildungen 1-10 ---	1,9,10
A	DE 17 58 760 A (GEORG KLEIN) 4. März 1971 (1971-03-04) Abbildungen 1-3 ---	9
A	DE 25 03 229 A (HEINR. MEIER, EISENGIESSEREI) 29. Juli 1976 (1976-07-29) Abbildungen 1,2 ---	9
A	DE 40 38 090 A (WOLFGANG HUIS) 4. Juni 1992 (1992-06-04) Abbildungen 7,8 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PC1/DE 99/01709

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4341325 A	20-04-1995	WO 9510387 A DE 9318547 U	20-04-1995 10-03-1994
DE 2605687 A	26-08-1976	JP 928980 C JP 51094418 A JP 53008527 B FR 2301321 A GB 1532698 A US 4104347 A	17-10-1978 19-08-1976 29-03-1978 17-09-1976 22-11-1978 01-08-1978
DE 19649428 A	05-06-1997	JP 9150237 A BR 9604635 A CN 1158286 A	10-06-1997 23-06-1998 03-09-1997
EP 317315 A	24-05-1989	KEINE	
DE 1758760 A	04-03-1971	KEINE	
DE 2503229 A	29-07-1976	FR 2309288 A GB 1529736 A SE 420577 B SE 7600815 A	26-11-1976 25-10-1978 19-10-1981 28-07-1976
DE 4038090 A	04-06-1992	KEINE	