



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
29.09.1999 Patentblatt 1999/39

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B22C 9/18, B22C 9/22

(21) Anmeldenummer: 98810250.5

(22) Anmeldetag: 23.03.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

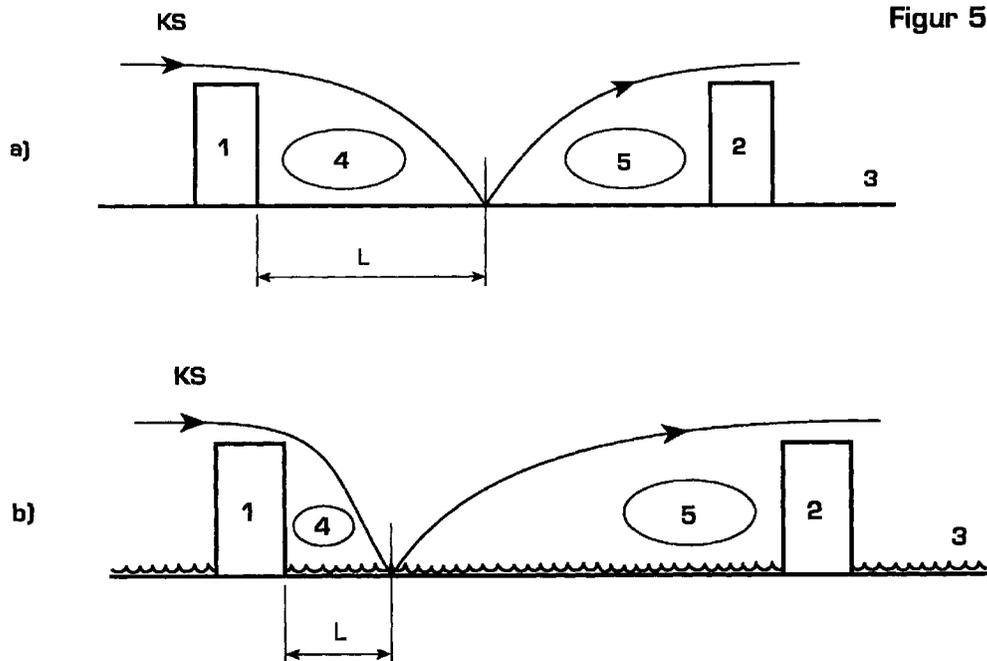
(72) Erfinder:  
• Vogeler, Konrad, Dr.  
79790 Küssaberg/Rhn (DE)  
• Weigand, Bernhard, Dr.  
79761 Waldshut-Tiengen (DE)  
• Wettstein, Hans, Dr.  
5442 Fislisbach (CH)

(71) Anmelder: Asea Brown Boveri AG  
5401 Baden (CH)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Gusskernes, zur Bildung eines zu Kühlzwecken vorgesehenen Hohlraumes innerhalb eines Gussteils**

(57) Beschrieben wird ein Verfahren zur Herstellung eines Gußkernes, der zur Bildung eines zu Kühlzwecken vorgesehenen Hohlraumes innerhalb eines Gußteils verwendet wird, durch welchen ein Kühlmedium leitbar ist, wobei der Gußkern Oberflächenbereiche aufweist, in die gezielt eine Oberflächenrauigkeit einge-

bracht wird, die sich während des Gießvorganges auf den Hohlraum einschließende Oberflächenbereiche überträgt und zu einer Erhöhung des Wärmeüberganges zwischen Kühlmedium und Gußteil führt.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Gußkernes, der zur Bildung eines zu Kühlzwecken vorgesehenen Hohlraumes innerhalb eines Gußteils verwendet wird, durch den ein Kühlmedium leitbar ist und deren den Hohlraum einschließende Oberflächenbereiche über vorgebbare Wärmeübergangseigenschaften zwischen Kühlmedium und Gußteil verfügen.

### Stand der Technik

[0002] Gußkerne sind in einer Gießform vorgesehene Formteile, die das in die Gießform eingegossene, erstarrungsfähige Material verdrängen und auf diese Weise im gegossenen Endprodukt, dem Gußteil Hohlräume bilden. Von besonderem Interesse ist die Herstellung von wärmeausgesetzten Produkten, die als Gußteile mit Hilfe der vorstehend bezeichneten Gußkerne gewonnen werden. Derartige Endprodukte betreffen beispielsweise Turbinenschaufeln, die den in einer Gasturbinenanlage sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Zur Erhöhung der Lebensdauer der Turbinenschaufeln werden diese in an sich bekannter Weise mit inneren Kühlkanälen versehen, durch die zu Kühlzwecken ein Kühlmedium, vorzugsweise Kühlluft oder Wasserdampf, geleitet wird. Durch die Kühlung mittels ständiger Wärmeabführung wird das Material der Turbinenschaufeln nicht auf die tatsächlich vorherrschenden Temperaturen aufgeheizt, wodurch das Material geschont und dessen Lebensdauer erheblich verlängert werden kann.

[0003] Auch im Bereich der in einer Gasturbinenanlage vorgesehenen Brennkammer ist es aus Gründen von materialerhaltenden Gesichtspunkten erforderlich, die Brennkammerwände gezielt zu kühlen und diese entsprechend mit Kühlkanälen zu versehen.

[0004] Bei der Kühlung von Turbinenschaufeln als auch bei der Kühlung von Brennkammerwänden tritt das Problem auf, daß der von außen auf die Bauteile gerichtete Wärmestrom möglichst effizient an das in den Kühlkanälen durchströmende Kühlfluid abgeführt werden soll. Aus diesem Grunde sollten die an dem Wärmeübergang beteiligten Wandflächen der Kühlkanäle möglichst hohe interne Wärmeübergangszahlen aufweisen. Zu diesem Zweck bedient man sich vorwiegend unterschiedlicher Anfachungsmechanismen, wie beispielsweise das Vorsehen von Rippen oder Pins zur Vergrößerung der lokalen Oberfläche über die der Wärmestrom an das Kühlfluid abgeführt wird.

[0005] Ferner ist es allgemein bekannt, daß rauhe Oberflächen einen höheren Wärmeübergang liefern als glatte Oberflächen. Dieser Effekt ist insbesondere abhängig von dem Verhältnis der Rauigkeitshöhe bezogen auf den hydraulischen Durchmesser des Kühl-

kanals als auch von dem Verhältnis der lokalen Rauigkeitshöhe bezogen auf die Dicke der laminaren Unterschicht der Strömungs- und Temperaturgrenzschicht, die sich beim Durchströmen eines Kühlfluids durch einen Kühlkanal einstellt. Rauigkeitserhebungen an der Oberfläche eines Kühlkanals haben jedoch erst dann einen Einfluß auf eine Erhöhung des Wärmeübergangs, sofern sie die laminare Unterschicht in ihrer Höhe überragen.

[0006] Ein großer Vorteil von rauhen Oberflächen hinsichtlich einer gewünschten Erhöhung des Wärmeübergangs von einem erwärmten Bauteil auf ein Kühlmedium im Vergleich zu den vorstehend bekannten Maßnahmen der Verwendung von Rippen und Pins oder ähnlichen wärmeübergangserhöhenden Einbauten, liegt im wesentlichen in dem deutlich niedrigeren Druckverlust, der sich beim Durchströmen des Kühlmediums durch einen „aufgerauhten“ Kühlkanal einstellt.

[0007] Dieser Zusammenhang soll anhand von Fig. 1 näher erläutert werden. Auf der Ordinate des in Fig. 1 dargestellten Diagramms ist der Widerstandsbeiwert  $f$  aufgetragen, den eine Strömung beim Durchströmen durch einen Strömungskanal in Abhängigkeit der auf der Abszisse des Diagramms aufgetragenen Reynoldszahlen  $Re$  aufweist. Die in das Diagramm eingetragenen Graphen a bis e stellen Strömungssituationen für verschiedene Rippenarten dar, in denen eine Strömung durch einen mit Rippenzügen versehenen Strömungskanal durchströmt. Die durchgezogene Linie entspricht dem Strömungsfall eines Durchströmungskanals mit glatter Oberfläche. Die unmittelbar oberhalb der durchgezogenen Linie aufgetragene strichlierte Linie stellt einen Strömungsfall dar, bei dem der Durchströmungskanal eine aufgerauhte Oberfläche aufweist, mit einem Rauigkeitsverhältnis  $R/k_S$  von 60.  $R$  bedeutet hierbei den hydraulischen Radius des Strömungskanals und  $k_S$  entspricht der Größe der äquivalenten Sandkornrauigkeit der Oberfläche. Für einen Durchströmungskanal mit einem Durchmesser von 10 mm entspricht das Verhältnis  $R/k_S$  von 60 einer Rauigkeitserhebung von ca. 80  $\mu\text{m}$ . Anhand der in dem Diagramm der Figur 1 eingetragenen Funktionsverläufe kann deutlich gesehen werden, daß die rauhe Wand einen nur ungefähr 50% höheren Widerstand und somit Druckverlust aufweist, als ein glatt ausgebildeter Durchströmungskanal, aber einen beträchtlichen niedrigeren Druckverlust bzw. Widerstand aufweist, wie die berippten Strömungskanäle der Fälle a bis e.

[0008] Ein weiterer Aspekt, der für die Verwendung aufgerauhter Oberflächen in Kühlkanälen spricht, kann anhand der Figur 2 verdeutlicht werden, die ein Diagramm zeigt, das die „thermische Leistung“ von Turbulatoren, wie beispielsweise Rippen, im Unterschied zu einer aufgerauhten Oberfläche darstellt. Die an der Ordinate des Diagramms in Figur 2 aufgetragenen Werte

$$G = (St/St_0)/(f/f_0)^{\frac{1}{3}}$$

zeigen die relative Erhöhung des Wärmeübergangs für eine gleiche Pumpleistung im System. Diese Werte geben somit die „Thermische Leistung“ des Systems (der Rippen) und somit ihre relative Güte verglichen zum glatten Kanal an. Ein Wert von  $G=1$  entspricht in diesem Fall dem eines glatten Kanals.

**[0009]** Auf der Abszisse des Diagramms sind in aufsteigender Reihenfolge Reynoldszahlen  $Re$  des Kühlmediums innerhalb des Strömungskanals aufgetragen. Die Funktionsverläufe a bis e stellen die Güte verschiedener Rippenanordnungen innerhalb des Strömungskanals unter der Vorgabe einer konstanten zur Verfügung stehenden Pumpleistung dar. Deutlich zu erkennen ist die stete Abnahme der Güte  $G$  für verschiedene Rippenkonfigurationen mit steigenden Reynoldszahlen. Die strichlierte Linienführung stellt hingegen den Fall einer aufgerauhten Oberfläche innerhalb eines Kühlkanals dar, die im Gegensatz zu den vorstehenden Funktionsverläufen eine mit steigenden Reynoldszahlen ansteigende Kurve aufweist. Bereits bei Reynoldszahlen von ungefähr 100.000 weist die rauhe Wand bessere Wärmeübergangseigenschaften auf, als zwei bekannte, verschiedene Rippentypen. Extrapoliert man den Funktionsverlauf der rauhen Oberfläche zu noch höheren Reynoldszahlen, wie man sie beispielsweise bei Brennkammerkühlungen vorfindet, so ist die rauhe Oberfläche innerhalb von Kühlkanälen die beste Lösung, falls die Aufgabe lautet mit einer gegebenen Pumpleistung die maximale Erhöhung im Wärmeübergang zu erhalten.

**[0010]** Dies liegt insbesondere daran, daß für sehr große Reynoldszahlen nur noch die Bedingungen in unmittelbarer Wandnähe von Bedeutung sind und die aufgebrachte Form der Turbulatoren lediglich die Außenströmung versperrt und damit den Druckverlust erhöht, jedoch nicht mehr zur Intensivierung der Wärmeübertragung an der Wand beiträgt.

**[0011]** Auf der Grundlage der vorstehenden Ausführungen über die Bedeutung eines gezielten Einbringens von Oberflächenrauigkeiten in Kühlkanäle sollen Möglichkeiten der Herstellung gezielter Oberflächenrauigkeiten insbesondere in Kühlkanälen angegeben werden.

**[0012]** Die mit Kühlkanälen ausgestatteten Formteile werden vorzugsweise mittels Gießverfahren hergestellt und dienen beispielsweise als mit Hitze zu beaufschlagende Baugruppen von Gasturbinenanlagen. Die zum Teil sehr filigran ausgestalteten Kühlkanäle, beispielsweise innerhalb einer Turbinenschaufel, sind nach Fertigstellung der Turbinenschaufel von außen nur schwer oder überhaupt nicht für eine lokale Nachbearbeitung zugänglich. Es müssen Lösungswege gefunden werden, mit denen eine gewünschte Oberflächenrauigkeit, deren Oberflächenbeschaffenheit bestimmten Rauigkeitswerten entsprechen müssen, erhalten werden können. Da die betreffenden Endprodukte im Rahmen

eines Gießprozesses hergestellt werden, müssen Wege gefunden werden, die gewünschte Oberflächenrauigkeit bereits vor oder während des Gießverfahrens bzw. während des Erhaltens des gegossenen Endproduktes zu erhalten.

#### Darstellung der Erfindung

**[0013]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, Maßnahmen zu treffen, daß sich bereits während des Gießvorganges eine gewünschte Oberflächenrauigkeit beim Endprodukt herstellen läßt. Insbesondere soll erreicht werden, daß unzugängliche Hohlräume innerhalb des Endproduktes, die vorzugsweise als Kühlkanäle ausgebildet sind, ohne Nachbehandlungsschritte bereits über eine gewünschte Oberflächenrauigkeit verfügen.

**[0014]** Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0015]** Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, die für den Gießvorgang zur Erzeugung von Hohlräumen innerhalb des zu fertigenden Endproduktes vorzusehenden Gußkerne mit einer künstlichen Rauigkeit zu überziehen, die sich während des Gießvorganges auf die Oberfläche des herzustellenden Endproduktes überträgt, vorzugsweise auf jene Oberflächenbereiche die einen Hohlraum umschließen, der im fertiggestellten Gußteil einen Kühlkanal bildet.

**[0016]** Vorzugsweise ist erkannt worden, daß der für die Bildung eines Hohlraumes innerhalb des Endproduktes vorgesehene Gußkern durch vorherige Bearbeitung an seiner Oberfläche aufgerauht werden kann. Der auf die Oberfläche des Gußkerns übertragene Rauigkeitsgrad kann bspw. mittels eines Kernwerkzeuges aufgebracht werden. Hierzu wird die Oberfläche des Kernwerkzeuges mittels Funkenerosion auf ein gewünschtes Maß aufgerauht. Den Grad der auf das Kernwerkzeug aufzubringenden Rauigkeit kann durch die an die Funkenelektrode anzulegende elektrische Spannung und/oder durch Abstandswahl zwischen Funkenelektrode und aufzurauhemdem Kernwerkzeug gezielt eingestellt werden.

**[0017]** Die auf diese Weise auf die Oberfläche des Kernwerkzeuges aufgebrachte Oberflächenrauigkeit überträgt sich im Rahmen des Herstellungsprozesses für den Gußkern auf den Gußkern und anschließend während des Gießprozesses sowie des nachfolgenden Erhaltens des Endproduktes auf die entsprechende innere Oberflächenkontur des Endproduktes.

**[0018]** Gußkerne werden für gewöhnlich aus einer modellierbaren Masse hergestellt, die zum Aushärten gebrannt werden müssen. Geformte Gußkerne werden vor dem Brennen als „grüne Kerne“ bezeichnet und können zum Einbringen einer Oberflächenrauigkeit in diesem oder im gebrannten Zustand mittels Sandstrahlen oder gezielten weiteren Aufrauhtechniken, wie bei-

spielsweise Schleif- und Schmirgelvorgängen, aufgerauht werden.

[0019] Ebenso kann der Gußkern als grüner Kern mit Hilfe eines kalten oder erwärmten Werkzeuges, das über eine definierte Rauigkeitsstruktur verfügt, durch gewöhnliches Einpressen der Oberfläche des Gußkernes aufgerauht werden.

[0020] Natürlich sind auch weitere Aufrauhtechniken denkbar, die zu einer gezielten Oberflächenrauigkeit auf dem Gußkern führen; wesentlich ist das Vorsehen einer derartigen definierten Rauigkeit auf dem Gußkern, durch den eine gezielt eingestellte Oberflächenrauheit im Endprodukt, beispielsweise im Kühlkanal einer Turbinenschaufel oder im Kühlkanal einer Brennkammerwand herstellbar ist.

[0021] Die Oberflächenrauigkeit ist derart einzustellen, daß sie den nachfolgenden Strömungsbedingungen, die innerhalb des Kühlkanals vorherrschen und der gewünschten Wärmeübergangszahl angepaßt wird.

[0022] Grundsätzlich gilt folgende Beziehung zwischen dem Widerstandsbeiwert  $f$  und der Wärmeübergangszahl  $\alpha$  bzw. der Stanton-Zahl  $St$ :

$$\frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{St}{St_0} = \left(\frac{f}{f_0}\right)^{0,63}$$

[0023] In der vorstehenden Gleichung stehen die mit dem Index Null bezeichneten Größen für Referenzgrößen eines glatten Kanals, während die indexlosen Größen für einen rauhen Kanal gelten. Für den Fall, daß das Verhältnis  $f/f_0 > 4$  wird, ist dieses Verhältnis gleich 4 zu setzen.

[0024] Nach Bestimmung der gewünschten Wärmeübergangszahlerhöhung kann aus der Diagrammdarstellung gemäß Fig. 3 (wird im weiteren Bezug genommen) die zugehörige Rauigkeitsgröße  $R/k_s$  abgelesen werden und für die Herstellung des Kernwerkzeuges verwendet werden. Die maximal erreichbare Erhöhung des Wärmeübergangs liegt hierbei jedoch bei  $St/St_0 = 2,4$ . Es macht also keinen Sinn, Rauigkeiten einzusetzen, die den Widerstandsbeiwert mehr als 4 mal so groß machen wie im Falle einer glatten Kanalwandoberfläche.

#### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0025] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 Diagrammdarstellung zur Darstellung des Widerstandsbeiwertes  $f$  von verschiedenen ausgebildeten Kühlkanälen,

Fig. 2 Diagrammdarstellung der Gütefunktion

von unterschiedlich ausgestalteten Kühlkanälen,

Fig. 3 Widerstandsbeiwert als Funktion der Reynoldszahl für verschiedene Wandrauigkeiten und

Fig. 4a, b Tabellen zur Erhöhung des Wärmeübergangs bei einer gezielten Einbringung von Rauigkeiten für verschiedene Reynoldszahlen und

Fig. 5 a, b schematisierte Querschnittsdarstellung einer mit Rippenzügen versehenen Wand ohne bzw. mit Oberflächenrauigkeit.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

[0026] Auf die Fig. 1 und 2 sind in den vorstehenden Ausführungen Bezug genommen.

[0027] Das Diagramm in Figur 3 zeigt die Abhängigkeit des Widerstandsbeiwertes  $f$  von der Reynoldszahl  $Re$  für verschiedene Rauigkeitshöhen  $k_s/2R$ . Im Bild sind zunächst die beiden charakteristischen Kurven für den Verlauf des Widerstandsbeiwertes  $f$  für einen glatten Kanal  $s$  und den Grenzfall eines vollständig rauhen Kanals  $r$  gezeigt. Der glatte Kanal besitzt hierbei eine sehr kleine Rauigkeit typischerweise mit einer Rauigkeits-Reynoldszahl  $Re_k < 5$ . Dieser Zusammenhang geht auch aus den Büchern von Hays + Crawford, „Convective Heat and Mass Transfer“, Mc Graw Hill Inc., ISBN 0-07-033721-7, 1993 oder O. Tietjens, „Strömungslehre, 2. Teil“, Springer Verlag, 1970, hervor.

[0028] Der zweite Fall liegt bei  $Re_k = 70$ , der eine Grenzhöhe an Rauigkeit darstellt. Wird diese Rauigkeitshöhe überschritten, so kann beobachtet werden, daß der Widerstandsbeiwert für einen rauhen Kanal konstant bleibt für alle Reynoldszahlen.

[0029] Dementsprechend nehmen die in Figur 3 eingetragenen Kurven für verschiedene Werte der Rauigkeitshöhe  $k_s/2R$  jeweils einen konstanten Wert für die Widerstandszahl  $f$  an, sofern sie rechts von dieser Linie im Diagramm liegen.

[0030] Bei Erhöhung des Wärmeübergangs durch eine gezielte Rauigkeitseinbringung um bspw. 20 %, im Vergleich zu einem glatten Kanal, d.h.  $1,2 \cdot \alpha_0$  erhöht sich der Widerstandsbeiwert  $f$  um etwa 33 %. Aus Figur 3 ergibt sich bspw. für eine Reynoldszahl von 100.000, daß mit einer Rauigkeitserhöhung von  $k_s/2R = 0,008$  die gewünschte Erhöhung des Wärmeübergangs erreicht werden kann. Dies bedeutet, daß man für einen Kühlkanal mit einem Durchmesser von 10 mm eine Rauigkeitserhebung von 40  $\mu\text{m}$  benötigt, um die geforderte Erhöhung des Wärmeübergangs zu gewährleisten.

[0031] Aus den in Figur 4 a und b angegebenen Tabel-

len sind zwei Fälle für verschiedene Rauigkeitshöhen  $R/k_S$  zu entnehmen, die die resultierende Erhöhung des Wärmeübergangs  $St/St_0$  bei verschiedenen Reynolds-Zahlen  $Re$  verdeutlichen sollen. Man sieht deutlich, wie die Rauigkeit den Wärmeübergang mit steigender Reynoldszahlen  $Re$  intensiviert.

[0032] Für  $R/k_S = 60$  ist bspw. die Wärmeübergangszahl bei einer Reynolds-Zahl von 100.000 um 50% größer als im Falle einer glatten Wand mit  $R/k_S = 125$  (vergleiche die zugehörigen  $St/St_0$ -Werte).

[0033] In Fig. 5 sind in den Teilfiguren a und b Querschnitte durch eine Kühlwandoberfläche 3 dargestellt, die jeweils mit Rippenzügen versehen ist. Im Falle der Figur 4a erheben sich zwei Rippenzüge 1, 2 senkrecht über die Kühlwandoberfläche 3 und stellen für die über die Rippenzüge 1, 2 strömende Kühlströmung KS einen Widerstand dar. Die durch den Kühlkanal hindurchtretende Strömung KS wird von jedem Rippenzug von der Wand 3 abgelöst, wobei sich in Strömungsrichtung hinter jedem Rippenzug Leewirbel 4 und in Strömungsrichtung vor jedem Rippenzug Stauwirbel 5 bilden.

[0034] Beim Vorsehen einer Oberflächenrauigkeit zwischen einzelnen Rippenzügen, wie es im Fallbeispiel der Figur 4b dargestellt ist, bewirkt die Rauigkeit zwischen den Rippenzügen eine Veränderung der Strömung KS durch eine stärkere Wandschubspannung und somit eine Intensivierung der Wärmeübertragung.

[0035] Aus der Gegenüberstellung der Fig. 4a und 4b geht hervor, daß die Länge L des Ablösegebietes, in der die Strömung nach jedem Rippenzug von der Kühlwand beabstandet ist, durch die Wandrauigkeit verkürzt wird. Dies bedeutet, daß im „aufgerauhten Fall“ die Rippen näher zusammengebracht werden können und somit die Wärmebelastung pro Länge des Bauteils erhöht werden kann.

## BEZUGSZEICHENLISTE

[0036]

1	Rippenzug
2	Rippenzug
3	Kühlwandoberfläche
4	Leewirbel
5	Stauwirbel
L	Länge des Ablösegebietes
KS	Kühlströmung

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Gußkernes, der zur Bildung eines zu Kühlzwecken vorgesehenen Hohlraumes innerhalb eines Gußteils verwendet wird, durch welchen ein Kühlmedium leitbar ist, wobei der Gußkern Oberflächenbereiche aufweist, in die gezielt eine Oberflächenrauigkeit eingebracht wird, die sich während des Gießvorganges auf den Hohlraum einschließende Oberflächenbereiche

überträgt und zu einer Erhöhung des Wärmeüberganges zwischen Kühlmedium und Gußteil führt.

- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Oberflächenrauigkeit des Gußkernes einer gewünschten Wärmeübergangszahl angepaßt wird, die sich bei Überströmen der den Hohlraum einschließenden rauhen Oberflächenbereiche innerhalb des Gußteils mit dem Kühlmedium, vorzugsweise Kühlluft, einstellt.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Gußkern derart ausgebildet wird, daß sich der Hohlraum innerhalb des Gußteils als Strömungskanal ausbildet, der von aufgerauhten Oberflächenbereichen eingeschlossen wird, deren Oberflächenrauigkeit durch das Verhältnis aus hydraulischem Radius R des Strömungskanals und der äquivalenten Sandkornrauigkeit  $k_S$  bestimmt wird.
- Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Verhältnis  $R/k_S$  vorzugsweise etwa den Wert 60 - 120 annimmt.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Gußkern aus einer modellierfähigen Masse besteht, die in einem weiteren Herstellungsschritt zum Aushärten gebracht wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß zum Aufrauen der Oberflächenbereiche des Gußkernes ein Kernwerkzeuges verwendet wird, dessen Oberfläche mittels Funkenerosion gezielt aufgerauht wird..
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß die aufgerauhten Oberflächenbereiche des Gußkernes mittels Sandstrahlen hergestellt werden.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß die aufgerauhten Oberflächenbereiche des Gußkernes mittels Einpressen von Rauigkeitsstrukturen unter Verwendung kalter oder erwärmter Presswerkzeuge aufgerauht werden.
- Verfahren nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Kernwerkzeug aufgerauht wird, noch bevor es zur Herstellung des Gußkern verwendet wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß das fertiggestellte Gießteil eine mit Kühlkanälen durchsetzte Turbi-

nenschaufel oder Brennkammer ist, deren Kühlkanalwände durch den Gießprozeß eine definierte Oberflächenrauigkeit erhalten, die der Oberflächenrauigkeit des Gußkernes entspricht.

5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß in den Gußkern Auskerbungen eingearbeitet werden, die beim Gießvorgang an der Hohlraumoberfläche des Gießteils Rippenzüge und eine definierte Rauigkeit entstehen lassen.

10

15

20

25

30

35

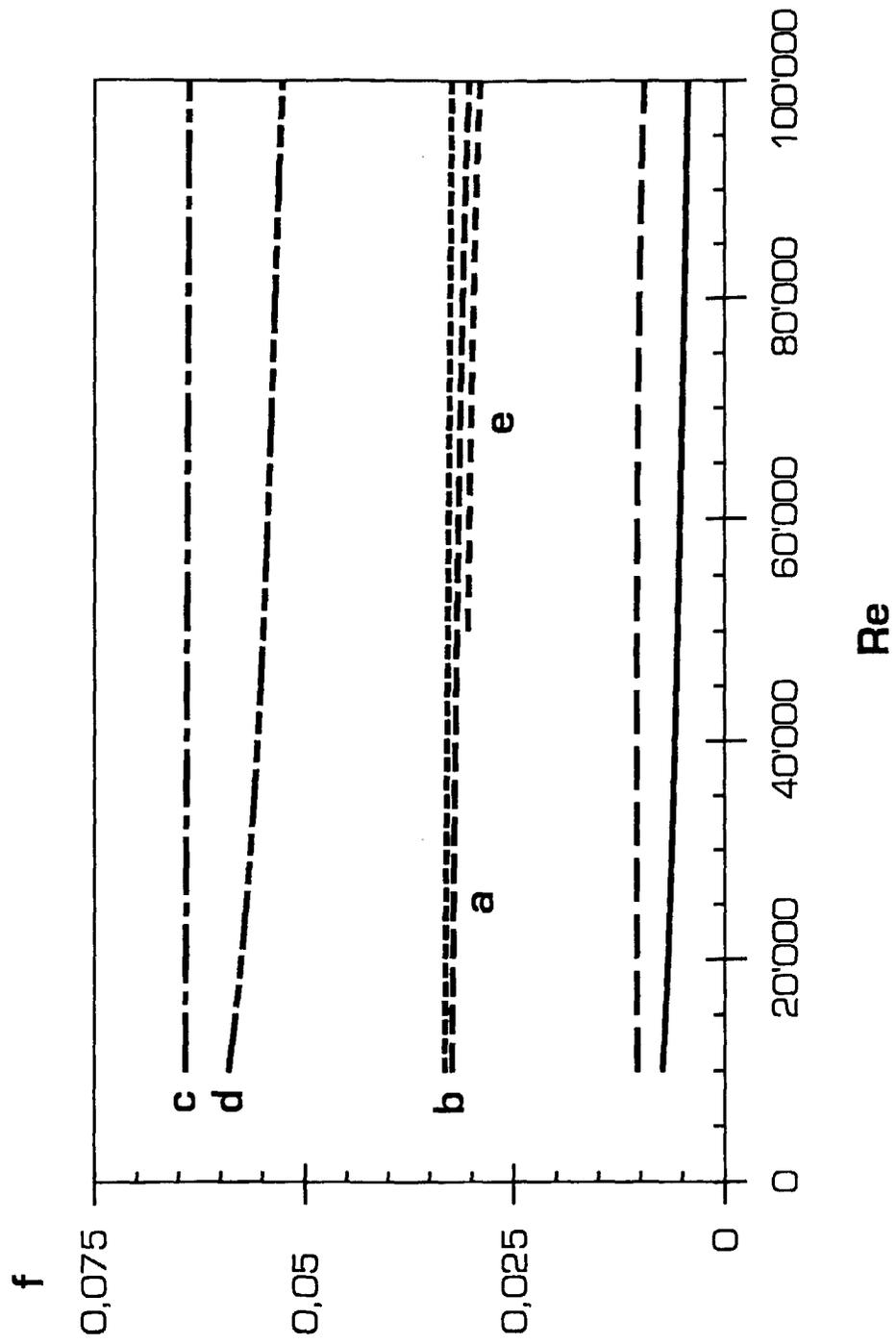
40

45

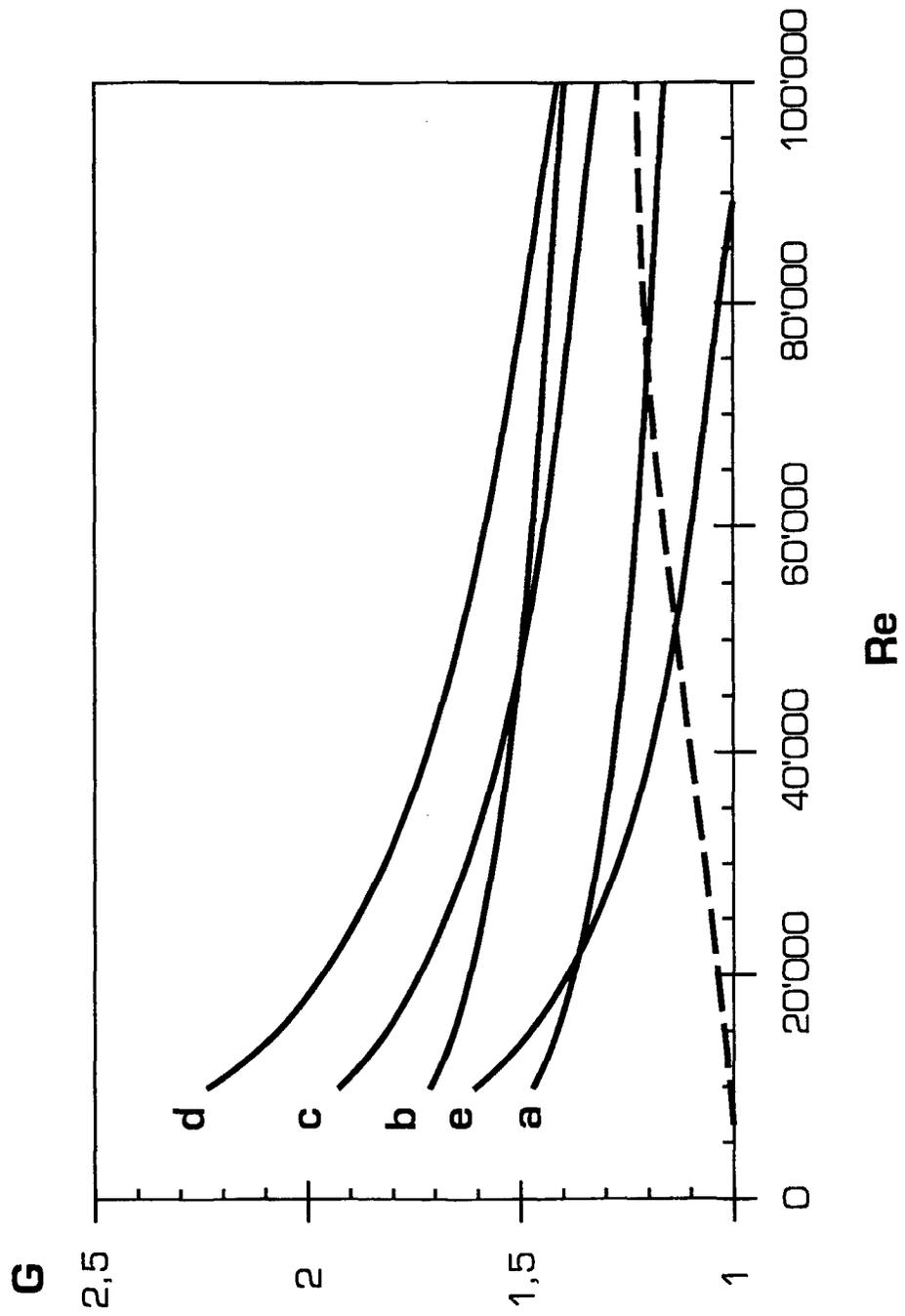
50

55

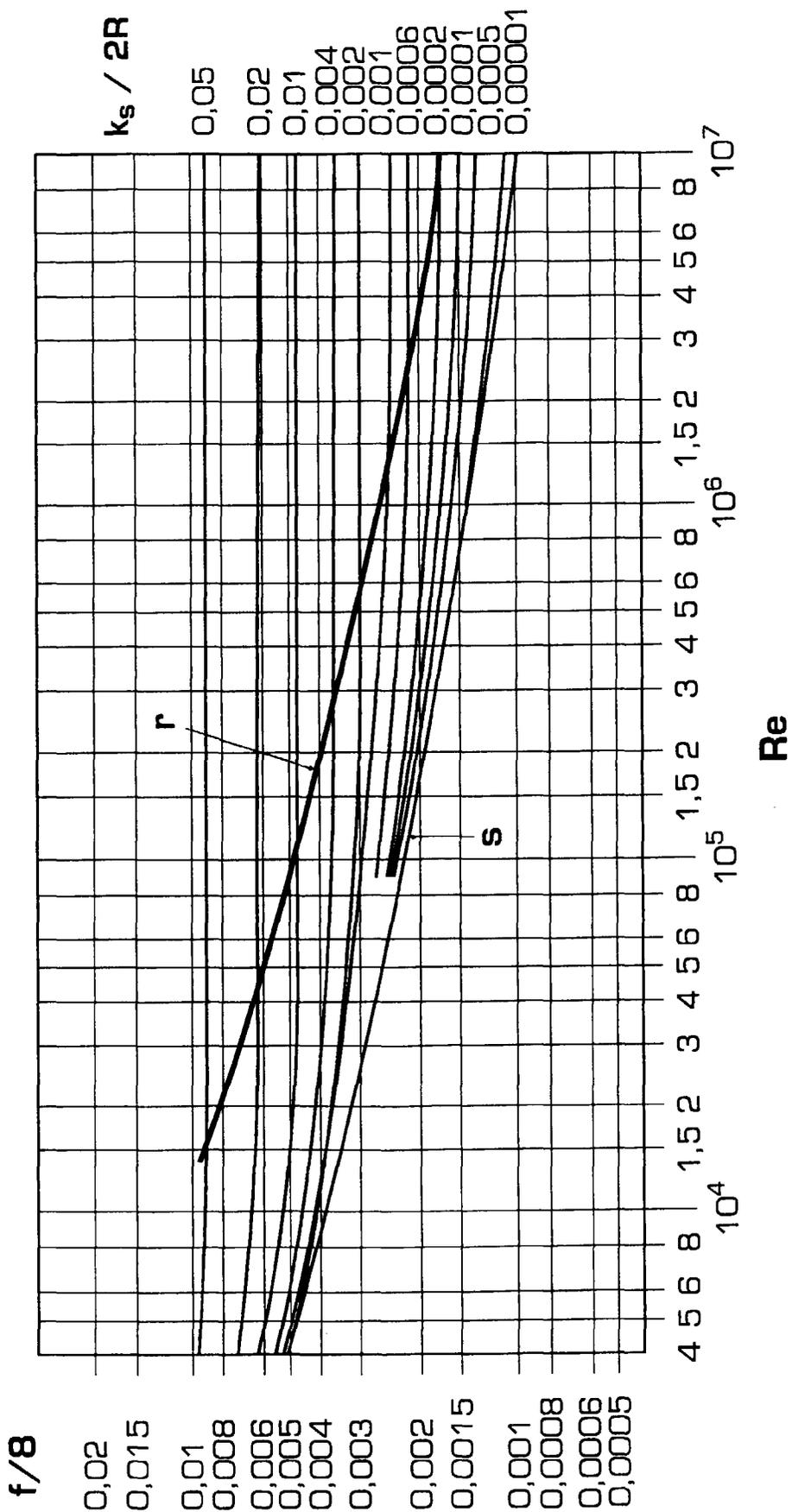
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

$$R / k_s = 125$$

Re	f	f / f <sub>0</sub>	St / St <sub>0</sub>
40.000	0.0247	1.1	1.06
60.000	0.0248	1.23	1.14
80.000	0.0252	1.34	1.20
100.000	0.0256	1.44	1.25
400.000	0.02835	2.25	1.67

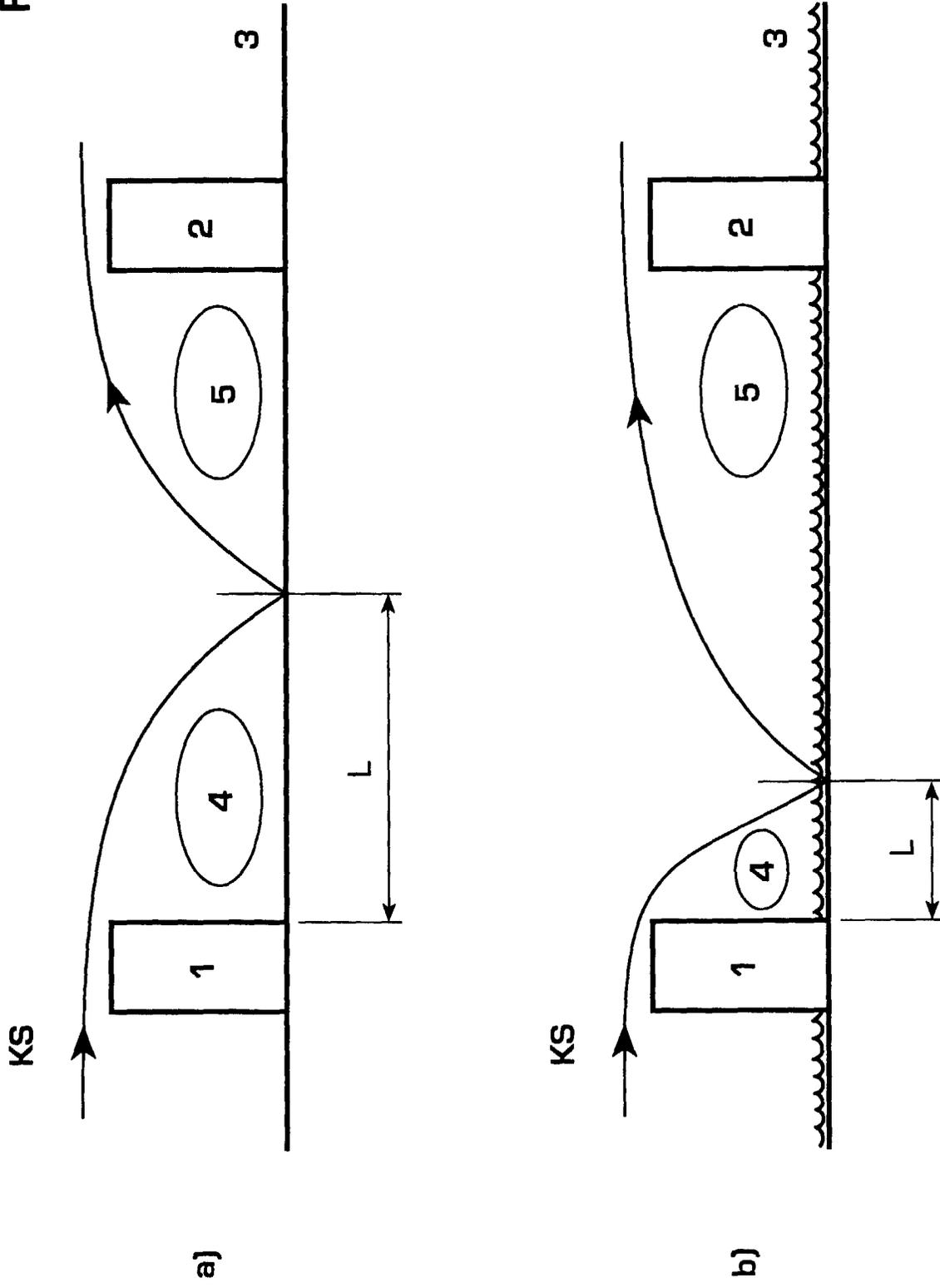
a)

$$R / k_s = 60$$

Re	f	f / f <sub>0</sub>	St / St <sub>0</sub>
40.000	0.0319	1.426	1.25
60.000	0.0331	1.639	1.37
80.000	0.0342	1.819	1.46
100.000	0.0351	1.976	1.53
400.000	0.0360	2.860	1.94

b)

Figur 5





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 81 0250

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 164 (M-041), 14. November 1980 & JP 55 114435 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 3. September 1980 * Zusammenfassung * ---	1-5, 10, 11	B22C9/18 B22C9/22
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 8919 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class A88, AN 89-143408 XP002075969 & SU 1 435 374 A (BUINOVSKII A P) * Zusammenfassung * -----	1-5	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B22C
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	31. August 1998	WOUDENBERG, S	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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 anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)