

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 945 201 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.01.2004 Patentblatt 2004/04

(51) Int Cl.7: **B22C 9/18, B22C 9/22**

(21) Anmeldenummer: **98810250.5**

(22) Anmeldetag: **23.03.1998**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Gussteils mit aufgerauhten Kühlkanälen**

Method of producing a casting having roughened cooling channels

Procédé de fabrication d'une pièce de coulée ayant des canaux de refroidissement à rugosité accrue

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.09.1999 Patentblatt 1999/39

(73) Patentinhaber: **ALSTOM (Switzerland) Ltd**
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Vogeler, Konrad, Dr.**
79790 Küssaberg/Rhn (DE)
• **Weigand, Bernhard, Dr.**
79761 Waldshut-Tiengen (DE)

• **Wettstein, Hans, Dr.**
5442 Fislisbach (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
• **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
• **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)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 945 201 B1

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 raue Oberflächen einen höheren Wärmeübergang liefern als glatte Oberflächen. Dieser Effekt ist insbesondere abhängig von dem Verhältnis der Rauigkeitshöhe bezogen auf den hydraulischen Durchmesser des Kühlkanals als auch von dem Verhältnis der lokalen Rauig-

keitshöhe 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 rauen 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 μm . Anhand der in dem Diagramm der Figur 1 eingetragenen Funktionsverläufe kann deutlich gesehen werden, daß die raue 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 raue 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 raue 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

[0013] 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, müs-

sen Wege gefunden werden, die gewünschte Oberflächenrauigkeit bereits vor oder während des Gießverfahrens bzw. während des Erkalts des gegossenen Endproduktes zu erhalten.

[0014] Verfahren zur Aufbringung einer Rauigkeit auf die Oberfläche von Hohlräumen von Gussteilen sind beispielsweise aus dem Schriften JP-A-55 114 435 oder SU-A-1 435 374, Zusammenfassung Database WPI, AN 89-143408, bekannt. Dabei wird der Gusskern aufgerauht und dieser überträgt die Rauigkeit während des Gießverfahrens auf die Oberfläche des Gussteils. Diese Rauigkeit führt zu einer erhöhten Wärmeübertragung vom dem Kühlfluid, welches durch den Hohlraum während des Betriebs der Gussteils fließt, zur Wand des Gussteils und dient somit zu einer verbesserten Kühlung.

Darstellung der Erfindung

[0015] 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.

[0016] Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0017] 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.

[0018] 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 aufzurauhem Kernwerkzeug gezielt eingestellt werden.

[0019] 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 Erkaltes des Endproduktes auf die entsprechende innere Oberflächenkontur des Endproduktes.

[0020] 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 beispielsweise Schleif- und Schmirgelvorgängen, aufgeraut werden.

[0021] 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 aufgeraut werden.

[0022] 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.

[0023] Die Oberflächenrauigkeit ist derart einzustellen, daß sie den nachfolgenden Strömungsbedingungen, die innerhalb des Kühlkanals vorherrschen und der gewünschten Wärmeübergangszahl angepaßt wird.

[0024] Grundsätzlich gilt folgende Beziehung zwischen dem Widerstandsbeiwert f und der Wärmeübergangszahl α bzw. der Stanton-Zahl St :

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

[0025] 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.

[0026] 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

[0027] 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

[0028] Auf die Fig. 1 und 2 sind in den vorstehenden Ausführungen Bezug genommen.

[0029] 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.

[0030] 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.

[0031] Dementsprechend nehmen die in Figur 3 eingezeichneten 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.

[0032] Bei Erhöhung des Wärmeübergangs durch ei-

ne 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 Reynolds-Zahl 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 µm benötigt, um die geforderte Erhöhung des Wärmeübergangs zu gewährleisten.

[0033] Aus den in Figur 4 a und b angegebenen Tabellen 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.

[0034] 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).

[0035] 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 5a 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.

[0036] Beim Vorsehen einer Oberflächenrauigkeit zwischen einzelnen Rippenzügen, wie es im Fallbeispiel der Figur 5b dargestellt ist, bewirkt die Rauigkeit zwischen den Rippenzügen eine Veränderung der Strömung KS durch eine stärkere Wandschubspannung und somit eine Intensivierung der Wärmeübertragung.

[0037] Aus der Gegenüberstellung der Fig. 5a und 5b geht hervor, daß die Länge L des Ablösegebietes, in der die Strömung nach jedem Rippenzug von der Kühlwand beabstandet ist, durch die Wandrauhigkeit 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

[0038]

- | | |
|---|--------------------------|
| 1 | Rippenzug |
| 2 | Rippenzug |
| 3 | Kühlwandoberfläche |
| 4 | Leewirbel |
| 5 | Stauwirbel |
| L | Länge des Ablösegebietes |

KS Kühlströmung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Gussteils mit einem Hohlraum, wobei der Hohlraum während des Giessverfahrens durch einen Gusskern entsteht, wobei auf die Oberfläche des Gusskerns vor dem Giessverfahren eine Oberflächenrauigkeit aufgebracht wird, welche sich während des Giessverfahrens auf die Oberfläche des Hohlraums überträgt und wobei der Gußkern derart ausgebildet ist, dass sich der Hohlraum innerhalb des Gußteils als Strömungskanal ausbildet,
dadurch gekennzeichnet, dass
in den Gusskern Auskerbungen eingearbeitet werden, die beim Giessvorgang an der Hohlraumoberfläche des Gussteils Rippenzüge entstehen lassen.
2. Verfahren zur Herstellung eines Gussteils nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
auf die Oberfläche des Hohlraums eine Rauigkeit mit einem Wert von der hydraulischen Rauigkeit R zur Sandkornrauigkeit k_s ($R:k_s$) von 60-120 aufgebracht wird, wobei R der hydraulische Radius des Strömungskanal darstellt.
3. Verfahren zur Herstellung eines Gussteils nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Gusskern aus einer modellierfähigen Masse hergestellt wird, die vor dem Verfahren in einem weiteren Herstellungsschritt zum Aushärten gebracht wird.
4. Verfahren zur Herstellung eines Gussteils nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
zum Aufbringen der Oberflächenbereiche des Gusskerns ein Kernwerkzeug verwendet wird, dessen Oberfläche mittels Funkenerosion aufgerauht wird.
5. Verfahren zur Herstellung eines Gussteils nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die aufgerauhten Oberflächenbereiche des Gusskerns mittels Sandstrahlen hergestellt werden.
6. Verfahren zur Herstellung eines Gussteils nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die aufgerauhten Oberflächenbereiche des Gusskerns mittels Einpressen von Rauigkeitsstrukturen unter Verwendung kalter oder erwärmter Presswerkzeuge aufgerauht werden.

7. Verfahren zur Herstellung eines Gussteils nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gussteil eine mit Kühlkanälen durchsetzte Turbinenschaufel oder Brennkammer ist.

Claims

1. Process for producing a casting with a cavity, the cavity being produced during the casting process by a casting core, a surface roughness being applied to the surface of the casting core prior to the casting process and transferred to the surface of the cavity during the casting process, and the casting core being designed in such a way that the cavity within the casting is designed as a flow channel, **characterized in that** notches which produce lines of ribs on the cavity surface of the casting during the casting operation are made in the casting core.
2. Process for producing a casting according to Claim 1, **characterized in that** a roughness with a value of the hydraulic roughness R in relation to the sand grain roughness k_s ($R:k_s$) of 60 - 120 is applied to the surface of the cavity, R representing the hydraulic radius of the flow channel.
3. Process for producing a casting according to Claim 1, **characterized in that** the casting core is produced from a figuline mass which prior to the process is made to harden in a further production step.
4. Process for producing a casting according to Claim 1, **characterized in that** a core tool, the surface of which is roughened by means of spark erosion, is used for applying the surface regions of the casting core.
5. Process for producing a casting according to Claim 1, **characterized in that** the roughened surface regions of the casting core are produced by means of sand blasting.
6. Process for producing a casting according to Claim 1, **characterized in that** the roughened surface regions of the casting core are roughened by means of pressing in roughness structures, using cold or heated pressing tools.
7. Process for producing a casting according to one of the preceding claims, **characterized in that** the casting is a turbine blade or combustion chamber which is passed through by cooling channels.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce de coulée ayant un espace creux, l'espace creux étant créé par un noyau de coulée pendant le procédé de coulée, une rugosité de surface étant pourvue à la surface du noyau de coulée avant le procédé de coulée, celle-ci se transmettant pendant le procédé de coulée à la surface de l'espace creux, et le noyau de coulée étant réalisé de telle sorte que l'espace creux est réalisé à l'intérieur de la pièce de coulée en forme d'un canal d'écoulement, **caractérisé en ce que** des encoches sont façonnées dans le noyau de coulée, lesquelles permettent la création de rangées de nervures lors de l'opération de coulée sur la surface de l'espace creux de la pièce de coulée.
2. Procédé de fabrication d'une pièce de coulée selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on prévoit à la surface de l'espace creux une rugosité ayant une valeur de rugosité hydraulique R par rapport à la rugosité de grains de sables k_s ($R:k_s$) de 60 à 120, R représentant le rayon hydraulique du canal d'écoulement.
3. Procédé de fabrication d'une pièce de coulée selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le noyau de coulée est fabriqué à partir d'une masse capable d'être modelée, qui est amenée à durcir avant le procédé dans une étape de fabrication supplémentaire.
4. Procédé de fabrication d'une pièce de coulée selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** pour fournir les zones de surface du noyau de coulée, on utilise un outil pour noyau dont la surface est rendue rugueuse par électro-érosion.
5. Procédé de fabrication d'une pièce de coulée selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les zones de surface rendues rugueuses du noyau de coulée sont fabriquées par jets de sable.
6. Procédé de fabrication d'une pièce de coulée selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les zones de surface rendues rugueuses du noyau de coulée sont rendues rugueuses par le biais d'une impression de structures de rugosité en utilisant des outils de pressage froids ou réchauffés.
7. Procédé de fabrication d'une pièce de coulée selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

la pièce de coulée est une aube de turbine ou une chambre de combustion parcourue par des canaux de refroidissement.

5

10

15

20

25

30

35

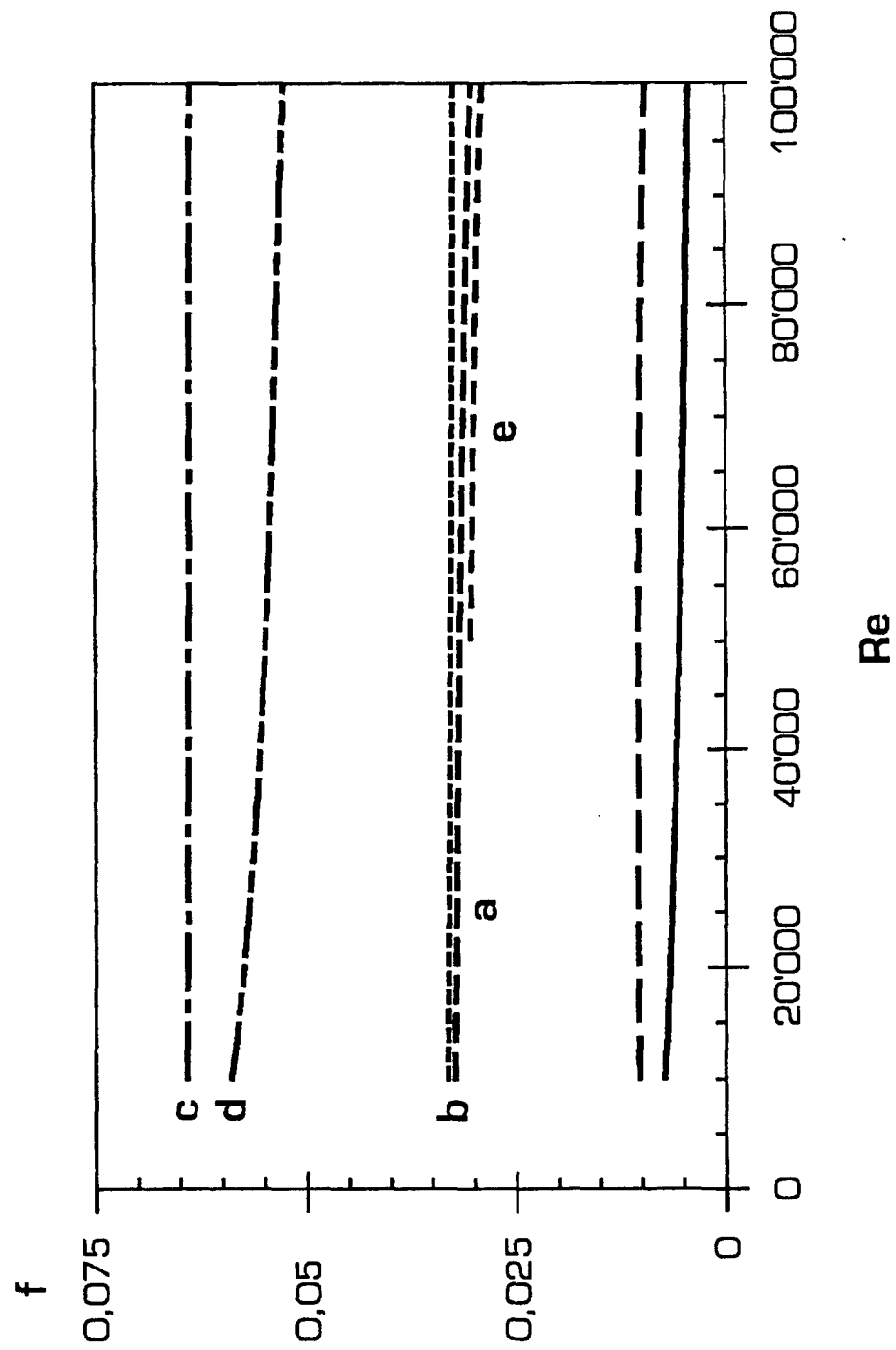
40

45

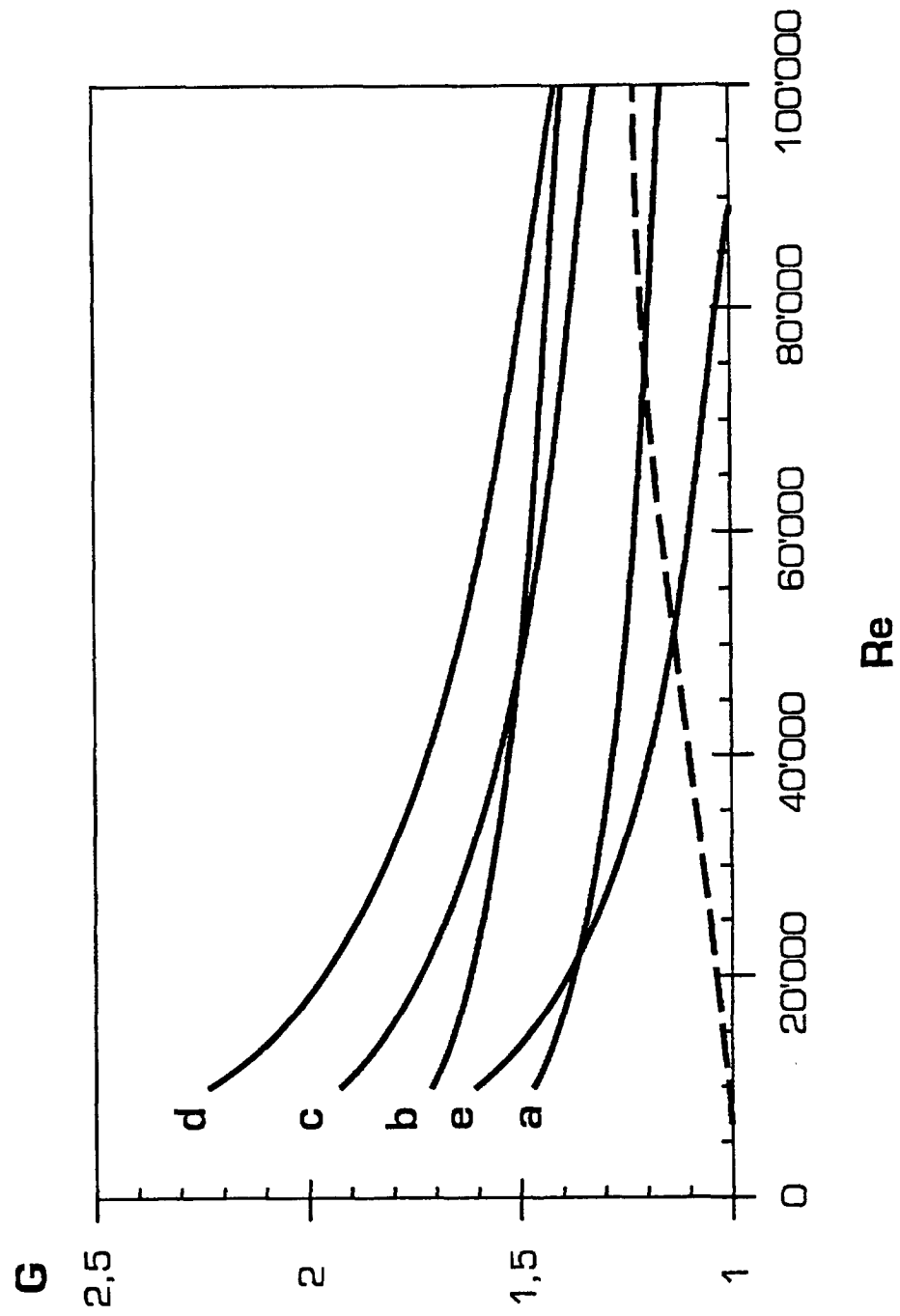
50

55

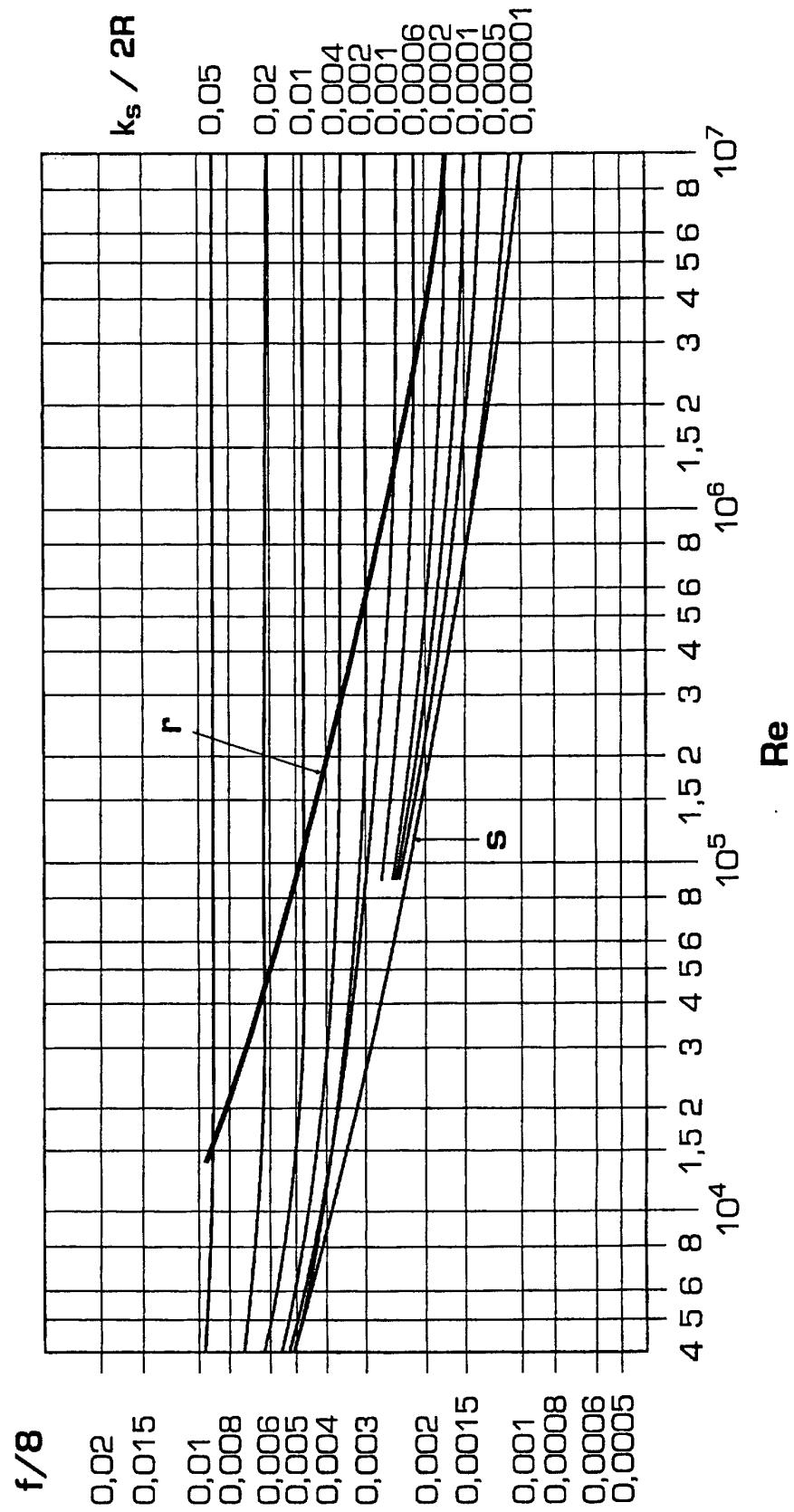
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

$$R / k_s = 125$$

Re	f	f / f ₀	St / St ₀
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 ₀	St / St ₀
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

