(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 386 660 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.03.2017 Patentblatt 2017/12

(51) Int Cl.:
C21D 5/00 *(2006.01)* ***C21D 9/00*** *(2006.01)*
C22C 37/04 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **11165452.1**

(22) Anmeldetag: **10.05.2011**

(54) Gusskörper

Casting mould

Corps en fonte

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **10.05.2010 DE 202010006651 U**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.11.2011 Patentblatt 2011/46

(73) Patentinhaber: **SHW Casting Technologies GmbH**
73433 Aalen (DE)

(72) Erfinder:
- **Severing, Ulrich**
  73467 Kirchheim (DE)
- **Eppli, Bernd**
  89551 Königsbronn (DE)
- **Krodel-Teuchert, Lutz**
  07774 Camburg (DE)

(74) Vertreter: **Schwabe - Sandmair - Marx**
Patentanwälte Rechtsanwalt
Partnerschaft mbB
Joseph-Wild-Straße 20
81829 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 213 790
WO-A2-2006/072663
CH-A- 360 701
JP-A- 9 111 395
JP-A- 60 250 815
JP-A- 2000 346 177
US-A- 5 876 523

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 386 660 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Gusskörper, nämlich ein Werkzeug zum Ur- oder Umformen eines Werkstücks oder ein Übertragungsglied zur Übertragung von Kraft oder Drehmoment auf ein das Werkstück beim Ur- oder Umformen kontaktierendes Werkzeug, vorzugsweise ein Kolben oder Stössel. Das Werkzeug oder Übertragungsglied kann Bestandteil einer Presse zum Umformen oder Urformen des Werkstücks oder eines Schmiedewerkzeugs sein. Die Erfindung betrifft das Werkzeug oder Übertragungsglied aber auch als solches, vor einem Zusammenbau mit weiteren Komponenten.

[0002] In der Papierherstellung werden Walzen von mehreren Metern Länge und mehr als einem Meter Durchmesser verwendet, um aus Celluloseschlamm mittels thermischer und mechanischer Behandlung die fertige Papierbahn herzustellen. Zum Einsatz kommen Walzen aus Hartguss, insbesondere Schalenhartguss, oder Schmiedestahl. Die Walzenkörper aus Hartguss werden im Kokillengussverfahren hergestellt, zumeist stehend im statischen Kokillenguss. Durch die Ringkokillen wird erreicht, dass sich in der äußeren Umfangsrandzone, der Schale, ein karbidisches, weißes Gusseisen einstellt. Die Umfangsrandzone beziehungsweise Schale erstarrt metastabil, weiß, der Kohlenstoff ist dort in Form von Karbiden gebunden. Im Kern kommt es zu einer stabilen Erstarrung, die Schmelze erstarrt dort grau, der Kohlenstoff liegt als freier Graphit in der Eisen-Matrix vor. Die erforderliche Härte am äußeren Umfang des Walzenkörpers, die Oberflächenhärte, wird von dem Werkstoff der Schale, dem weißen Gusseisen gewährleistet. Über die Kokille und die Legierungselemente der Eisenbasisschmelze wird die Härte an der Oberfläche und im oberflächennahen Tiefenbereich eingestellt. Nachteilig wirken sich beim Schalenhartguss die Schlagsprödigkeit, eine Empfindlichkeit gegenüber plötzlichen Temperaturänderungen und ein aufgrund der im Weißeisen enthaltenen Karbide ungleichmäßiger Verschleiß am äußeren Walzenumfang aus.

[0003] Die EP 0 505 343 A1 schlägt zur Überwindung der genannten Nachteile vor, dass der Walzenkörper aus einer Eisenbasislegierung gegossen wird, sodass eine perlitische oder ferritischperlitische Mikrostruktur entsteht, die wenigstens zu 60% perlitisch ist. Die Eisenbasislegierung enthält 3.0 - 3.8% C, 1.5 - 3.0% Si und 0.5 - 0.9% Mn. Für P und S werden Höchstmengen angegeben. Als weitere Legierungselemente werden Cr, Ni, Cu, Mg, Mo, Sn oder Al verwendet. Der Walzengusskörper wird oberflächengehärtet, genannt werden Induktions- und Flammhärten, und nach der martensitischen Umwandlung angelassen, sodass der Walzenkörper in seiner Umfangsrandzone eine Anlassmartensitstruktur erhält. Mit dem martensitischen Gefüge der Umfangsrandzone geht eine beachtliche Rissgefahr einher.

[0004] Die EP 2 213 790 A1 beschreibt einen Walzenkörper für eine Walze zur Behandlung eines Materials, wobei der Werkstoff der Umfangsrandzone des Walzenkörpers im Vergleich zum weißen Gusseisen deutlich verbesserte Festigkeitswerte aufweist.

[0005] In der CH 360 701 A ist ein Verfahren zur Oberflächenhärtung von Gusseisen offenbart, bei dem die Randzone eines Werkstücks durch kurzzeitige Autogen- oder Induktionserhitzung in Austenit überführt wird und dann zunächst verhältnismäßig langsam abgekühlt wird.

[0006] Mit der Eingangs genannten Alternative, Walzenkörper aus Schmiedestahl, können die genannten Materialprobleme gelöst werden. Oberflächenhärte und Einhärttiefe werden am Walzenkörper durch nachträgliche thermische Oberflächenbehandlung eingestellt. Die Herstellung erfolgt allerdings aus einem Schmiedeblock, dessen Gewicht von der Größe des Walzenkörpers abhängt. Walzenkörper wiegen viele Tonnen, große Walzenkörper haben beispielsweise ein Gewicht von etwa 50t oder auch mehr. Für derartige Walzenkörper kann das Gewicht des Schmiedblocks bis zu 200t betragen. Ein Hohlschmieden ist in diesem Gewichtsbereich nur mit sehr hohem Aufwand möglich. Zusätzlich werden hohe Anforderungen an die innere Güte des Schmiedestahls hinsichtlich Fehlstellen, Einschlüssen und dergleichen gestellt. Das Ausbringen ist daher sehr gering.

[0007] Die Verhältnisse bei Werkzeugen und Kraft- oder Drehmoment übertragenden Übertragungsgliedern von Ur- oder Umformvorrichtungen, insbesondere zum Formen metallischer Werkstücke, sind vergleichbar. Bei solchen Werkzeugen und Übertragungsgliedern kann es sich etwa um Stempel, Matrizen, Kolben und Stössel von Pressen und Schmiedevorrichtungen handeln.

[0008] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen Gusskörper, nämlich ein Ur- oder Umformwerkzeug oder ein Übertragungsglied für eine Ur- oder Umformvorrichtung, mit gegenüber Schalenhartguss verbesserten mechanischen Eigenschaften zu günstigem Preis bereitzustellen. Der Gusskörper soll die geforderte Härte an der Oberfläche und auch im oberflächennahen Tiefenbereich, allerdings nicht die in der Anwendung nachteilige Ungleichmäßigkeit im Verschleiß und Schlagsprödigkeit aufweisen. Die mit einer Martensitschale einhergehende Rissgefahr soll ebenfalls vermieden werden.

[0009] Die Erfindung geht von einem Gusskörper aus, der aus einer einzigen Eisenbasislegierung gegossen ist. Die Eisenbasislegierung bildet im Gusskörper eine innere Zone aus grauem Gusseisen, vorzugsweise Sphäroguss, und die innere Zone umschließend eine den äußeren Umfang des Gusskörpers enthaltende Umfangsrandzone, die am äußeren Umfang eine Oberflächenhärte größer als 400HV aufweist, wie dies auch für den bislang überwiegend zur Anwendung gelangenden Schalenhartguss der Fall ist. Der Gusskörper kann im Querschnitt gesehen aus vollem Material bestehen, so dass die innere Zone aus grauem Gusseisen einen zentralen Kern des Gusskörpers bildet. Der Gusskörper kann

stattdessen auch ein hohler Mantel sein, so dass die innere Zone eine Ringzone ist. Die innere Zone und die Umfangsrandzone werden in einem Stück gegossen, die Verwendung der beiden Begriffe soll auf die Unterschiedlichkeit der in den beiden Zonen vorliegenden Mikrogefüge, im folgenden einfach Gefüge, hindeuten.

[0010] Nach der Erfindung besteht die Umfangsrandzone entweder aus feinstreifigem oder feinststreifigem Perlit mit Vermikulargraphit oder vorzugsweise Kugelgraphit oder aus einem Zwischenstufengefüge, vorzugsweise ADI mit Kugel- oder Vermikulargraphit. Den feinstreifigen Perlit bezeichnet man auch als Sorbit und den feinststreifigen als Troostit. Die Erfindung vereint die Vorteile von Gusskörpern mit denen der Werkstücke aus Schmiedestahl und vermeidet die mit einer Martensitschale einhergehende Rissgefahr. Der Gusskörper kann über seine gesamte Abmessung in einem Guss und somit im Vergleich zu einem Schmiedestahlkörper deutlich preiswerter hergestellt werden. Die aus grauem Gusseisen bestehende innere Zone lässt sich gut bearbeiten, beispielsweise spanend. So können in der inneren Zone oberflächennah pheriphere Bohrungen für die Durchleitung eines Thermalfluids geschaffen werden. Das Härteprofil der Umfangsrandzone, das heißt der über dem Abstand zur äußeren Oberfläche aufgetragene Verlauf der Härte, entspricht zumindest dem Härteprofil konventioneller der Ur- oder Umformung dienender Wergzeuge bzw. Übertragungsglieder und kann durch den Wärmebehandlungsprozess gesteuert werden. Die mechanische Festigkeit ist im Vergleich zum Schalenhartguss jedoch deutlich verbessert, was sich in höheren Werten für die 0.2% - Dehngrenze, die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung ausdrückt. Gegenüber einem Anlassmartensitgefüge ist die Bruchdehnung vorteilhafterweise erhöht, insbesondere ist die Rissgefahr deutlich verringert.

[0011] In bevorzugten Ausführungen, in denen der freie Graphit der Umfangsgrundzone zumindest im Wesentlichen als Kugelgraphit vorliegt, haben die Graphitkugeln, die den Kugelgraphit in der erstarrten Umfangsrandzone bilden, maximal eine Größe, die einer Richtzahl von wenigstens 5 (0.06 - 0.12 mm) nach EN ISO 945 entspricht. Die Ausscheidung des Graphits in Form nur solch kleiner Graphitkugeln ist ebenfalls vorteilhaft für die mechanische Festigkeit und wird im Gießprozess durch Einstellung der Abkühlgeschwindigkeit der Schmelze erzielt. Die Schmelze wird hierfür von Außen, vom äußeren Umfang her, gekühlt, wobei die Abkühlgeschwindigkeit einerseits so klein ist, dass sich in der Umfangsrandzone bis zum äußeren Umfang oder bis praktisch zum äußeren Umfang ein Sphärogussgefüge einstellt, andererseits aber doch so groß ist, dass die Graphitkugeln der Umfangsrandzone kleiner sind als beim herkömmlichen Sphäroguss, beispielsweise beim Gießen in eine Sandform. Besonders vorteilhaft ist es, wenn in dem durch den Guss in der Umfangsrandzone erhaltenen Grundgefüge der Kugelgraphit nahezu nur, vorzugsweise nur Graphitkugeln mit einer maximalen Größe aufweist, die einer Richtzahl von wenigstens 6 (0.03 - 0.06 mm), noch besser wenigstens 7 (0.015 - 0.03 mm) nach EN ISO 945 aufweist. Die Graphitkugeln des bevorzugt auch in der inneren Zone vorliegenden Sphärogussgefüges können demgegenüber größer sein. In den erläuterten bevorzugten Ausführungen beträgt der Anteil des Kugelgraphits am freien Graphit der erstarrten Umfangsrandzone wenigstens 80%, bevorzugt wenigstens 90%, und von den Graphitkugeln des Kugelgraphits der Umfangsrandzone entsprechen wenigstens 90%, vorzugsweise wenigstens 95%, den vorstehenden Vorgaben für die Größe der Graphitkugeln. Bei der genannten Norm handelt es sich um die zur Zeit gültige EN ISO 945:1994. Soweit der freie Graphit in Vermikularform ausgeschieden ist, gelten für die Vermikular-Graphitteilchen die genannten Angaben zur Größe und den prozentualen Anteilen ebenfalls. Demgemäß weisen die Vermikular-Graphitteilchen, soweit vorhanden, in bevorzugten Ausführungen eine maximale Größe auf, in diesem Fall die Länge, von 0.12 mm, bevorzugter höchstens 0.06 mm und noch bevorzugter höchstens 0.03 mm. Von den insgesamt vorhandenen Vermikular-Graphitteilchen fallen wenigstens 90%, vorzugsweise wenigstens 95%, in diesen Größenbereich.

[0012] Soweit das Gefüge der Umfangsrandzone überhaupt Karbide aufweist, liegt deren Anteil unter 5%, bevorzugt macht der Karbidanteil höchstens 3% aus. Anteilsangaben in % werden stets als Masse-%, d.h. als %-Anteil an der jeweiligen Gesamtmasse verstanden. In Bezug auf einen etwaigen Karbidanteil bedeutet dies, dass dieser von der Masse der Umfangsrandzone im Ganzen, einschließlich des Karbidanteils, weniger als 5 Massen-% ausmacht, bevorzugt höchstens 3 Massen-% beträgt. Zum Vergleich: Ein weißes Gusseisen hat typischerweise einen Karbidanteil von 15% und mehr. Auch aufgrund des deutlich verringerten Karbidanteils und der deshalb verringerten Mikrokerbwirkung weist der Werkstoff der Umfangsrandzone des erfindungsgemäßen Gusskörpers im Vergleich zum weißen Gusseisen deutlich verbesserte Festigkeitswerte auf.

[0013] Der Gusskörper ist ein Werkzeug für eine oder in einer Vorrichtung zum Urformen oder Umformen von Werkstücken sein, insbesondere metallischer Werkstücke. Der Gusskörper kann beispielsweise einen Stempel oder eine Matrize zum plastischen Formen bilden. Besonders vorteilhaft kann er ein Übertragungsglied zur Übertragung von Kraft oder Drehmoment auf ein bei der Formung unmittelbar auf den Werkstoff wirkendes Werkzeug bilden. Kolben und Stössel von oder für Ur- oder Umformvorrichtungen sind bevorzugte Beispiele. Pressen und Schmiedewerkzeuge, insbesondere mit hydraulischer Kraft- oder Drehmomentübertragung, sind bevorzugte Beispiele von Ur- und Umformvorrichtungen, in denen ein erfindungsgemäßer Gusskörper zum Einsatz gelangen kann.

[0014] Der erfindungsgemäße Gusskörper ist zumindest insoweit fertig als er keiner thermischen Behandlung mehr unterworfen werden muss und vorzugsweise auch nicht mehr unterworfen wird, die gezielt der Einstellung des Mikrogefüges dient. Eine etwaige Nachbehandlung, beispielsweise ein Schleifen oder Polieren, optional eine spanende Bearbeitung oder beispielsweise auch ein mechanisches Trainieren und grundsätzlich auch thermische Behandlungen,

die insbesondere das für die Umfangsrandzone beanspruchte Gefüge nicht in solch einem Ausmaß ändern, dass es nicht mehr der beanspruchten Erfindung entspricht, sind hiervon allerdings ausgenommen.

[0015] Ein Verfahren zur Herstellung des Gusskörpers umfasst zumindest die folgenden Schritte: der Gusskörper wird aus einer Schmelze einer Eisenbasislegierung gegossen, so dass die Schmelze sowohl in der inneren Zone des Gusskörpers als auch in der sich außen anschließenden und bis zum äußeren Umfang reichenden Umfangsrandzone stabil als Gusseisen und zumindest in der Umfangsrandzone, bevorzugt aber auch in der inneren Zone in einem Sphärogussgefüge oder einem Gussgefüge mit Vermikulargraphit erstarrt. Die Matrix des Gusseisens ist perlitisch/ferritisch, wobei der Anteil des Perlits größer als 90% und der des Ferrits kleiner als 10% sein sollte. Bevorzugt ist der Anteil des Perlits der Gusseisenmatrix größer als 95% und der des Ferrits kleiner als 5%. Ein etwaiger Karbidanteil ist in der Umfangsrandzone kleiner als 5%, vorzugsweise kleiner oder höchstens gleich 3%. Der mit diesem Gussgefüge erhaltene Gusskörper wird mittels einer thermischen Oberflächenbehandlung am äußeren Umfang, d.h. an der Umfangsoberfläche, und in der Umfangsrandzone gehärtet.

[0016] Nach der Erfindung wird die thermische Oberflächenbehandlung so durchgeführt, dass der die Umfangsrandzone bildende Gusswerkstoff, Gusseisen mit Vermiluargraphit oder Kugelgraphit, wobei Kugelgraphit bevorzugt wird, in fein- oder feinststreifigen Perlit mit Vermikular- oder Kugelgraphit oder in ein Zwischenstufengefüge mit Kugelgraphit oder Vermikulargraphit umgewandelt wird. Genauer gesagt wird die Gusseisenmatrix in den genannten Perlit oder das Zwischenstufengefüge umgewandelt, und der bereits durch den Guss als stabile Phase ausgeschiedene freie Graphit bleibt erhalten. Die Schmelze wird ferner nicht in Sand gegossen, sondern gegen Kokille, um die Abkühlgeschwindigkeit kontrollieren zu können. Der Kokillenguss kann statisch oder stattdessen auch dynamisch, also als Schleudergussverfahren, durchgeführt werden. Der Gusskörper wird zweckmäßigerweise stehend, also mit einer Hauptachse in vertikaler Ausrichtung, gegossen. Der Guss gegen Kokille erlaubt eine präzisere Einstellung der Abkühlgeschwindigkeit insbesondere über die Wahl der radial zur Hauptachse des Gusskörpers gemessenen Dicke der Kokille, der spezifischen oder der absoluten Wärmekapazität, der thermischen Leitfähigkeit oder der Masse der Kokille oder einer geeigneten Kombination solcher Einstellparameter seitens der Kokille. Im Vergleich mit dem konventionellen Schalenhartguss, der üblicherweise ebenfalls im Kokillengussverfahren erfolgt, allerdings mit weiß erstarrender Umfangsrandzone, kann die Abkühlgeschwindigkeit beispielsweise mittels einer einzigen oder bevorzugt einer Kombination von mehreren der folgenden Maßnahmen gesteuert werden: geringere Kokillendicke, Verwendung einer Kokille aus einem Werkstoff geringerer Wärmekapazität, Verwendung einer Kokille geringerer thermischer Leitfähigkeit, geringere Kokillenmasse, jeweils im Vergleich mit einer Kokille zum Gießen eines Gusskörpers gleicher Geometrie und gleichem Materials im konventionellen Schalenhartguss.

[0017] In bevorzugten Ausführungen wird die Abkühlgeschwindigkeit durch Kühlung an der Kokille nicht nur so klein eingestellt, dass die Schmelze auch in der Umfangsrandzone stabil erstarrt, sondern andererseits so groß, dass wie vorstehend für den bevorzugten Kugelgraphit erläutert der Kugelgraphit in der Umfangsrandzone in Graphitkugeln ausgeschieden wird mit einer maximalen Größe entsprechend der Richtzahl 5, vorzugsweise einer maximalen Größe der Richtzahl 6, nach EN ISO 945. Besonders bevorzugt liegen die Graphitkugeln im Größenbereich zwischen 7 und 8 nach EN ISO 945, also bei der Richtzahl 7/8 vor. Solch eine feine Graphitausscheidung wirkt sich positiv auf die mechanische Festigkeit aus. Die Feinausscheidung des Graphits erhöht auch die Regelmäßigkeit der umgebenden Gusseisenmatrix, was wiederum für die Umwandlung dieses nach dem Guss vorliegenden Grundgefüges in fein- oder feinststreifigen Perlit oder in ein Zwischenstufengefüge von Vorteil ist.

[0018] Durch die thermische Oberflächenbehandlung wird der Gusskörper bis in eine Tiefe von vorteilhafterweise wenigstens 3mm, bevorzugt wenigstens 5 mm gehärtet, indem die Gusseisenmatrix bis wenigstens in dieser Einhärttiefe in den fein- oder feinststreifigen Perlit oder das Zwischenstufengefüge umgewandelt wird. Für die Größenklasse von Gusskörpern, auf die es die Erfindung in erster Linie absieht, ist eine Einhärttiefe von 7 mm optimal. Eine Einhärttiefe über 10 mm soll zwar nicht ausgeschlossen werden, große Einhärttiefen erzeugen jedoch bei Temperaturwechsel Materialspannungen verbunden mit der Gefahr, dass die gehärtete Schicht, die Umfangsrandzone, abplatzt. Als Verfahren der thermischen Oberflächenbehandlung kommen insbesondere Flammhärten und Induktionshärten in Frage, wobei Induktionshärten der Vorzug gegeben wird, da Flammhärten auf den unteren Bereich der Einhärttiefe, im Allgemeinen noch unterhalb 3mm, begrenzt ist. Flammhärten kommt daher in erster Linie für Gusskörper mit kleinen Durchmessern von bis zu 600 mm in Betracht, wobei allerdings dem Induktionshärten auch hier der Vorzug gegeben wird. Die Umfangsrandzone wird in Abhängigkeit von der gewünschten Oberflächenhärte und Einhärttiefe kurzzeitig in den austenitischen Bereich, vorzugsweise auf wenigstens 880°C und besonders bevorzugt auf etwa 950°C erwärmt. Das erwärmte Material wird durch eine Oberflächenkühlung, vorzugsweise mittels einer Wasserabschreckung, in kurzer Zeit auf unter 100°C, vorzugsweise unter 50°C, abgekühlt, so dass die isotherme Umwandlung in den fein- oder feinststreifigen Perlit stattfindet. Soll das Gusseisen der Umfangsrandzone in ein Zwischenstufengefüge umgewandelt werden, wird eine höhere Abkühlgeschwindigkeit eingestellt, die aber immer noch nicht so groß ist, dass nennenswert eine martensitische Umwandlung stattfindet. Martensit wird wegen der damit verbundenen Rissgefahr im Idealfall gänzlich vermieden. Das Gusseisen der Umfangsrandzone weist in bevorzugten Ausführungen daher eine Martensitstarttemperatur M_s auf, die unter den vorstehend angegebenen Werten, d.h. unter 100°C, vorzugsweise unter 50°C, liegt. Besonders

bevorzugt weist der Werkstoff der Umfangsrandzone eine Martensitstarttemperatur M_s auf, die unterhalb Raumtemperatur, d.h. unterhalb 20°C liegt.

[0019] Der oberflächengehärtete Gusskörper wird vorteilhafterweise angelassen, um Spannungen abzubauen. Die Anlasstemperatur liegt über der Temperatur, die der Gusskörper im späteren Betrieb höchstens erreicht, vorteilhafterweise über 300°C, bevorzugt wird eine Anlasstemperatur aus dem Bereich von 300 bis 350 °C. Auch nach solch einem Anlassen weist der Gusskörper in der Umfangsrandzone das fein- oder feinststreifig perlitische Gefüge mit Kugel- oder Vermikulargraphit oder das Zwischenstufengefüge mit Kugel- oder Vermikulargraphit auf.

[0020] Die Eisenbasislegierung hat einen Kohlenstoffgehalt von vorzugsweise wenigstens 3%, vorzugsweise höchstens 4%. Der Siliziumgehalt beträgt vorzugsweise wenigstens 1.7 und vorzugsweise höchstens 2.4%, wobei auch dies wie stets Masse-% sind. Der Sättigungsgrad Sc der Legierung liegt vorzugsweise im Bereich von 0.97 bis 1.03, bevorzugt ist er geringfügig kleiner als 1.0, so dass die Schmelze leicht untereutektisch ist. Ein bevorzugter Legierungspartner ist Kupfer, als Perlitbildner, und mit einem Anteil von vorzugsweise wenigstens 0.5 und bevorzugt höchstens 1.3%. Ein besonders bevorzugter Legierungspartner ist auch Nickel, das in einem Anteil von vorzugsweise über 0.3%, noch bevorzugter über 0.5%, und vorzugsweise höchstens 1.5% zulegiert ist. Nickel erhöht die Zähigkeit und macht den Werkstoff korrosionsträger. Von besonderem Wert ist Nickel allerdings zur Verhinderung einer Martensitumwandlung beim Härten. Enthält die Eisenbasislegierung sowohl Silizium als auch Nickel, ist es vorteilhaft, wenn der Siliziumgehalt mit steigendem Nickelgehalt und der Nickelgehalt mit steigendem Siliziumgehalt abnehmen. Bevorzugt wird ein Siliziumanteil aus der unteren Hälfte des für Silizium angegebenen Bereichs und ein Nickelanteil aus dem mittleren Teil des für Nickel angegebenen Bereichs. Eine besonders bevorzugte Eisenlegierung enthält als Legierungspartner sowohl Ni als auch Cu mit bevorzugt wenigstens den hierfür jeweils angegebenen Mindestanteilen. Optionale Legierungspartner sind auch Mangan und Zinn, Mangan vorzugsweise aus dem Bereich von 0.3 bis 0.45%, Zinn bevorzugt aus dem Bereich von 0.005 bis 0.015%. Gegenüber den vorstehend genannten anderen Legierungselementen tritt die Bedeutung von Mangan und Zinn aber zurück. Eine bevorzugte Eisenbasislegierung enthält dementsprechend C, Si, Ni und Cu innerhalb der bevorzugten Anteilsgrenzen, gegebenenfalls Mn und Sn, sowie unvermeidbare Restanteile P und S sowie den Rest Fe. Etwaige Anteile von Phosphor und Schwefel liegen vorteilhafterweise jeweils deutlich unter 0.1%, bevorzugter noch deutlich unter 0.05%.

[0021] Vorteilhafte Merkmale werden ferner in den Unteransprüchen und deren Kombinationen offenbart.

[0022] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren erläutert. An den Ausführungsbeispielen offenbar werdende Merkmale bilden je einzeln und in jeder Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche und auch die vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen vorteilhaft weiter. Es zeigen:

Figur 1 eine nicht beanspruchte Walze mit einem Walzenkörper;
Figur 2 den Querschnitt A-A der Figur 1;
Figur 3 Details zum Mikrogefüge des Walzenkörpers;
Figur 4 den Walzenkörper während einer thermischen Oberflächenbehandlung;
Figur 5 ein Schliffbild des Grundgefüges des Walzenkörpers;
Figur 6 ein Schliffbild des Gefüges einer mittels der thermischen Oberflächenbehandlung gehärteten Umfangsrandzone des Walzenkörpers;
Figur 7 den Mikrohärteverlauf in der gehärteten Umfangsrandzone;
Figur 8 eine Presse mit einem erfindungsgemäßen Kolben; und
Figur 9 einen erfindungsgemäßen Kolben einer modifizierten Form.

[0023] Figur 1 zeigt eine Walze für die Behandlung eines Bahnmaterials, beispielsweise eine Kalanderwalze, mit einem Gusskörper 1, nämlich einem Walzenkörper, und zwei Flanschzapfen 2 und 3, von denen der eine an der linken und der andere an der rechten Stirnseite des Gusskörpers 1 montiert ist. Die Walze ist im Bereich der Zapfenflansche 2 und 3 um eine Drehachse R drehbar gelagert oder für die Drehlagerung vorgesehen. Für die thermische Behandlung des Bahnmaterials ist im Gusskörper 1 über einen der Zapfenflansche 2 und 3 ein Thermalfluid zuführbar, das über den anderen oder vorzugsweise den gleichen Zapfenflansch 2 oder 3 wieder abgeleitet werden kann. Den Gusskörper 1 durchziehen von einem axialen Ende zum anderen durchgehende, nahe des äußeren Umfangs des Gusskörpers 1 gelegene, periphere Temperierkanälen 4, die bei der thermischen Behandlung des Materials von dem Thermalfluid durchströmt werden.

[0024] Figur 2 zeigt den Gusskörper 1 im Querschnitt A-A. Im Gusskörper 1 ist axial durchgehend ein zentraler Hohlraum geformt. Der Gusskörper 1 wird im Kokillenguss, beispielsweise im statischen Kokillenguss, stehend aus einer Schmelze einer Eisenbasislegierung gegossen. Der zentrale Hohlraum wird gleich bei dieser Urformung geformt oder nachträglich eingearbeitet. Als Eisenbasislegierung wird eine Gusseisenlegierung verwendet. Die Abkühlung, die die Schmelze in erster Linie an der Kokille erfährt, wird so gesteuert, dass die Schmelze über die gesamte axiale Länge des Gusskörpers 1 von radial innen bis radial außen zum äußeren Umfang oder nahezu bis zum äußeren Umfang stabil in einem Sphärogussgefüge erstarrt, d.h. in Form eines Gusseisens mit Kugelgraphit. Die Steuerung der Abkühlung

wird durch angepasste Auslegung der Kokille vorgenommen. Die Abkühlgeschwindigkeit kann insbesondere über die radiale Dicke der Kokille, die Wärmekapazität der Kokille, die thermische Leitfähigkeit des Kokillenmaterials oder die Gesamtmasse der Kokille eingestellt werden. Zur Einstellung kann die Kokille nur in Bezug auf einen einzigen der genannten Parameter oder eine Kombination von zwei, drei oder allen vier genannten Parametern durch entsprechende Werkstoffauswahl und Dimensionierung ausgelegt werden.

[0025] Der Erstarrungsprozess wird so gesteuert, dass die Schmelze nicht nur in einer die Rotationsachse R umgebenden inneren Zone 5 stabil erstarrt, sondern auch in einer die innere Zone 5 umschließenden Umfangsrandzone 6, die den äußeren Umfang des Gusskörpers bildet. Der Gusskörper 1 erstarrt somit über seinen gesamten Querschnitt stabil und nicht weiß. Der Kohlenstoff wird bei der stabilen Erstarrung in Form von Kugelgraphit ausgeschieden. Der durch den Gießprozess unmittelbar erhaltene Gusskörper 1 weist somit überall ein Sphärogussgefüge auf. Aufgrund der mittels der Kokille gezielt eingestellten Abkühlgeschwindigkeit scheidet sich der Graphit in der Umfangsrandzone 1 jedoch feiner als in der inneren Zone 5 aus. Die Graphit-Sphärolite SG (Sphäro-Graphitteilchen) der Umfangsrandzone 6 haben eine Größe aus dem Bereich der Richtzahlen von 5 bis 8, also eine größte Abmessung von höchstens 0.12 mm. Bevorzugter wird die Abkühlgeschwindigkeit so eingestellt, dass die Graphitteilchen SG der Umfangsrandzone 6 eine Größe aus dem Bereich der Richtzahlen von 7 (0.022 μm) bis 8 nach EN ISO 945 haben, also eine größte Abmessung von höchstens 0.03 mm. Die Gusseisenmatrix ist auch in der Umfangsrandzone 6 perlitisch mit allenfalls einem geringen Ferritanteil. Der Perlitanteil beträgt wenigstens 90%, bevorzugter wenigstens 95%, und der Ferritanteil höchstens 10%, bevorzugter höchstens 5%. Soweit eine Karbidbildung nicht verhindert werden kann, liegt der Karbidanteil nicht nur in der inneren Zone 5, sondern auch in der mit höherer Abkühlgeschwindigkeit erstarrten Umfangsrandzone 6 unter 5%, bevorzugter unter 3%.

[0026] Figur 3 zeigt einen Ausschnitt der Figur 2 und ferner, herausgezogen, eine nochmals vergrößerte Darstellung des Mikrogefüges des durch den Guss erhaltenen Gusskörpers. Es handelt sich um die hinsichtlich der Feinheit der ausgeschiedenen Graphitteilchen SG unterschiedlichen Gefüge der inneren Zone 5 und der Umfangsrandzone 6. Die neben dem Querschnitt des Gusskörpers 1 dargestellten Mikrogefüge sind in erster Linie schematischer Natur, verdeutlichen aber qualitativ, dass die Graphitteilchen SG in der Umfangsrandzone 6 kleiner als die Graphitteilchen SG in der inneren Zone 5 sind und in der Umfangsrandzone 6 entsprechend in feinerer Verteilung vorliegen.

[0027] Der Gusskörper 1 wird in seiner bereits durch den Guss erhaltenen, höherfesten Umfangsrandzone 6 in einem nachfolgenden Härtungsprozess verschleißfest gemacht. Vor oder nach dem Härten werden die peripheren Temperierkanäle 4 eingearbeitet, vorzugsweise gebohrt. Als Umfangsrandzone 6 wird diejenige Ringzone des Gusskörpers 1 verstanden, die nach dem Härten die für die jeweilige Anwendung geforderte Härte überall aufweist, sich also vom äußeren Umfang bis in die Einhärttiefe erstreckt. Falls die Umfangsrandzone 6 des gehärteten Gusskörpers 1 sich radial einwärts bis zu oder sogar über die Temperierkanäle 4 erstreckt, werden diese zweckmäßigerweise vor dem Härten eingearbeitet. Andernfalls können die Temperierkanäle 4 ebensogut erst nach dem Härten eingearbeitet werden.

[0028] Der Härtungsprozess wird so durchgeführt, dass das unmittelbar aus dem Guss erhaltene Grundgefüge der Umfangsrandzone 6 in feinstreifigen oder noch vorteilhafter, in feinststreifigen Perlit umgewandelt wird. Die Graphitsphärolite SG werden hierdurch nicht oder zumindest nicht in einer für die Erfindung maßgeblichen Weise verändert. Alternativ zu der Umwandlung in fein- oder feinststreifigen Perlit, d.h. in Sorbit oder Troostit, kann der Härtungsprozess auch so gestaltet werden, dass sich die Gusseisenmatrix innerhalb der Umfangsrandzone 6 in ein Zwischenstufengefüge umwandelt, vorzugsweise in ADI (austempered ductile iron). In beiden Varianten wird der Gusskörper 1 in der Umfangsrandzone 6 gleichmäßig auf eine Temperatur im austenitischen Bereich erwärmt, beispielsweise auf 950°C, und anschließend abgeschreckt, wobei die Abschreckgeschwindigkeit für die Bildung eines Zwischenstufengefüges höher als für die Umwandlung in den feinen Perlit eingestellt wird, aber immer noch nicht so groß ist, dass eine Martensitumwandlung stattfinden kann. Das Zwischenstufengefüge ähnelt dem Bainit, bevorzugt dem unteren Bainit, ist aber kein Bainit, da es keine oder für die angestrebte Festigkeit nur vernachlässigbar wenig Karbide enthält. Auch für das Zwischenstufengefüge gilt, dass der Karbidanteil vorteilhafterweise weniger als 5%, vorzugsweise höchstens 3% beträgt. Es wäre ideal, wenn weder das feinperlitische Gefüge noch das alternative Zwischenstufengefüge Karbide enthalten würden.

[0029] Figur 4 veranschaulicht einen Härtungsprozess am Beispiel der bevorzugten Induktionshärtung. Zum Härten werden eine Induktionseinrichtung 8 und eine Abschreckeinrichtung 9 axial von einem Stirnende des Gusskörpers 1 zum anderen bewegt. Die Bewegung ist gleichmäßig mit der Geschwindigkeit v und einem während des Härtungsprozesses konstanten axialen Abstand x, um den die Induktionseinrichtung 8 der Abschreckeinrichtung 9 vorausläuft. Die Induktionseinrichtung 8 und die Abschreckeinrichtung 9 umgeben den Gusskörper 1. Mittels der Induktionseinrichtung 8 wird der Gusskörper 1 bis in die vorgegebene Einhärttiefe, d.h. innerhalb der Umfangsrandzone 6 überall gleichmäßig bis in den genannten Temperaturbereich erwärmt und anschließend mittels der Abschreckeinrichtung 9 abgeschreckt. Die Abschreckung wird vorzugsweise mit einem flüssigem Abschreckfluid, beispielsweise Wasser, vorgenommen, das auf den äußeren Umfang des Gusskörpers 1 gespritzt wird. Obgleich das Induktionshärten ein bevorzugtes Verfahren für das Härten durch thermische Oberflächenbehandlung ist, kann die Umfangsrandzone 6 grundsätzlich auch mittels jedes anderen Verfahrens der thermischen Oberflächenbehandlung erwärmt werden, solange nur die erforderliche Temperatur mit der erforderlichen Gleichmäßigkeit eingestellt wird. Als Alternative zum Induktionshärten kommt insbe-

sondere das Flammhärten in Betracht, in erster Linie jedoch nur für geringere Einhärttiefen. Mit zunehmender Einhärttiefe ist das Induktionshärten die bevorzugte Wahl. Die Einhärttiefe und dementsprechend die Dicke der Umfangsrandzone 6 beträgt vorzugsweise wenigstens 3mm, bevorzugter wenigstens 5mm. Andererseits ist es im Hinblick auf Temperaturwechselbeanspruchungen vorteilhaft, wenn die Einhärttiefe 10mm nicht übersteigt. Die Einhärttiefe kann insbesondere durch eine Variation des Abstands x beeinflusst werden, im Falle des Induktionshärtens auch durch Variation der Frequenz der jeweiligen Induktionsspule 8. Weitere Stellparameter zur Beeinflussung der Einhärttiefe sind die Geschwindigkeit v, die Wahl des Abschreckfluids und der Durchsatz an Abschreckfluid.

[0030] Die Figuren 5 und 6 sind Schliffbilder des Gefüges der Umfangsrandzone 6. Figur 5 zeigt das unmittelbar durch den Guss erhaltene Grundgefüge im Maßstab 50:1, und Figur 6 ist ein Schliffbild des Gefüges nach dem Härten, zeigt also das Härtegefüge, ebenfalls im Maßstab 50:1. Im Grundgefüge der Figur 5 sind die Graphitkugeln bzw. Graphitsphärolite mit SG, der Perlit mit P und Ferritinseln mit α bezeichnet. Wie zu erkennen ist, besteht das Grundgefüge im Wesentlichen aus Perlit und ausgeschiedenem Kugelgraphit sowie geringen Mengen Ferrit, im Ausführungsbeispiel weniger als 10% Ferrit. Das Härtegefüge besteht aus feinstreifigem und feinststreifigem Perlit, also aus Sorbit und Troostit, sowie den eingebetteten Sphäro-Graphitteilchen SG, wobei die Perlitgebiete entsprechend der Feinheit der Lamellen mit S für Sorbit und T für Troostit bezeichnet sind.

[0031] In Figur 7 ist der Mikrohärteverlauf bei einer vorgegebenen Einhärttiefe von 3 mm dargestellt, nämlich die Härte H in HV0,1 über dem Abstand d vom äußeren Umfang des Gusskörpers 1, das heißt über der Tiefe d.

[0032] Der gehärtete Gusskörper 1 wird angelassen, vorteilhafterweise auf eine Anlasstemperatur zwischen 300 und 350°C.

[0033] In der nachfolgenden Tabelle wird eine für das Gießen des Gusskörpers 1 besonders bevorzugte Eisenbasislegierung in der letzten Tabellenspalte spezifiziert. Die zweite und dritte Spalte enthalten bevorzugte Bereiche für den jeweiligen Legierungspartner, wobei die engeren Bereiche innerhalb des jeweils weiteren Bereichs für das gleiche Legierungselement besonders bevorzugt werden. Für den jeweiligen Legierungspartner wird dann wiederum der in der letzten Spalte angegebene Anteil am stärksten bevorzugt. Die Eisenbasislegierung enthält in bevorzugter Ausführung zumindest Kohlenstoff, Silicium, Kupfer und Nickel innerhalb der jeweils spezifizierten Anteilsbereiche. Kupfer als Perlitbildner und Nickel zur Verhinderung einer Martensitumwandlung kommen vorzugsweise in Kombination zum Einsatz. Fe macht den Rest der jeweiligen Legierung aus.

Legierungselement	Anteil in Masse-%	Anteil in Masse-%	Anteil in Masse-%
C	3.0 - 4.0	3.4 - 3.8	3.6
Si	1.7-2.4	1.9 - 2.2	2.1
Cu	0.5 - 1.3	0.7 - 1.0	0.90
Ni	0.3 - 1.5	0.7 - 1.0	0.85
Mn	$\leq$ 0.5	$\leq$ 0.5	0.35
Sn	$\leq$ 0.05	$\leq$ 0.05	0.01
P	< 0.1	< 0.05	$\leq$ 0.03
S	< 0.1	< 0.05	$\leq$ 0.01

Legierungselemente der Eisenbasislegierung

[0034] Die Eisenbasisschmelze der Zusammensetzung der letzten Spalte weist einen Sättigungsgrad Sc von 0.99 bis 1.00 auf. Bevorzugt werden Eisenbasislegierungen mit einem Sättigungsgrad Sc aus dem Bereich von 0.97 bis 1.03, wobei aus diesem Bereich von Legierungen naheutektischer Zusammensetzung solche mit einem Sättigungsgrad Sc aus der unteren Hälfte des angegeben Bereichs bevorzugt werden.

[0035] An einer nach dem offenbarten Verfahren gegossenen und gehärteten Probe mit fein- und feinststreifigem Perlit mit Kugelgraphit, an der auch die Schliffbilder der Figuren 4 und 5 genommen und das Härteprofil der Figur 6 erstellt wurden, ergaben die im Zugversuch vorgenommenen Messungen die folgenden Eigenschaften hinsichtlich der Festigkeit und Härte:

(i) 0.2%-Dehngrenze $R_{p,\,0.2} > 400$ N/mm^2;
(ii) Zugfestigkeit $R_m > 650$ N/mm^2;
(iii) Bruchdehnung A > 3-4%.
(iv) Härte > 400 HV

[0036] Figur 8 zeigt eine hydraulische Presse mit einem erfindungsgemäßen Gusskörper 10, der einen Kolben der Presse bildet. Der Gusskörper 10 ist in einem Zylinder 11 der Presse längs einer Arbeitsachse A hin und her beweglich geführt. An einer Vorderseite des Gusskörpers 10 ist ein Umformwerkzeug 12, beispielhaft ein Stempel, angeordnet. Die Presse weist dem Stempel 12 axial gegenüberliegend eine Matrize 13 auf. Der Zylinder 11 bildet an der Rückseite des Gusskörpers 10 einen Druckraum mit einem Einlass 14 und einem Auslass 15 für ein hydraulisches Arbeitsfluid, um den Gusskörper 10 zum Pressformen von Werkstücken mit einem Arbeitsdruck P von mehr als 100 bar, vorzugsweise wenigstens 200 bar, in Richtung auf die Matrize 13 beaufschlagen zu können.

[0037] Figur 9 zeigt einen Gusskörper 10 mit einer modifizierten Form. Der modifizierte Gusskörper 10 kann ebenfalls als Kolben einer Presse, vorzugsweise hydraulischen Presse, verwendet werden. Während der Gusskörper 10 des vorherigen Ausführungsbeispiels zumindest im Wesentlichen einfach zylindrisch geformt ist, weist der modifizierte Gusskörper 10 zumindest im Wesentlichen die Form eines Topfs mit einem die Rückseite des Kolbens bildenden Boden und einer Seitenwand auf. Der Stempel 12, der beim Umformen das Werkstück kontaktiert, ragt aus dem vom Gusskörper 10 geformten Topf vor. Eingezeichnet ist auch die Arbeitsachse A für den in einer Presse eingebauten Zustand.

[0038] Die Gusskörper 10 weisen jeweils ein dem Gusskörper 1 entsprechendes Mikrogefüge mit einer grau erstarrten inneren Zone 5 und einer äußeren Umfangsrandzone 6 auf, die die innere Zone 5 über den Umfang und vorzugsweise auch über die Stirnseiten umschließt. Der topfförmige Gusskörper 10 weist eine erfindungsgemäße Umfangsrandzone 6 wie bevorzugt auch an derjenigen äußeren Umfangsfläche auf, die innen umläuft und vorzugsweise auch an der im Topf gelegenen Stirnfläche. Bevorzugt umschließt eine erfindungsgemäße Umfangsrandzone 6 den jeweiligen Gusskörper 10 allseitig. Für die Zonen 5 und 6 der Gusskörper 10 gelten die zu den Zonen 5 und 6 des Gusskörpers 1 gemachten Ausführungen.

[0039] Die Gusskörper 1 und 10 sind jeweils in einem Sphärogussgefüge erstarrt. In alternativen Ausführungen kann der eingelagerte freie Graphit in der inneren Zone 5 und auch in der Umfangsrandzone 6 im Wesentlichen in Form von Vermikulargraphit oder auch in Form von Kugelgraphit und Vermikulargraphit ausgeschieden sein. Der Ausscheidung von Kugelgraphit wird gegenüber der Ausscheidung von Vermikulargraphit allerdings der Vorzug gegeben. In Ausführungen, in denen der freie Graphit als Kugelgraphit und auch als Vermikulargraphit vorliegt, ist es vorteilhaft, wenn der Kugelgraphit den überwiegenden Teil des freien Graphits ausmacht.

Patentansprüche

1. Gusskörper, nämlich ein Werkzeug zum Ur- oder Umformen eines Werkstücks oder ein Übertragungsglied (10) zur Übertragung von Kraft oder Drehmoment auf ein das Werkstück beim Ur- oder Umformen kontaktierendes Werkzeug (12), wobei der Gusskörper keine Walze ist und

   a) aus einer Eisenbasislegierung gegossen ist,
   b) die eine innere Zone (5) des Gusskörpers (10) aus grauem Gusseisen (GJS, GJV) und
   c) um die innere Zone (5) eine den äußeren Umfang des Gusskörpers (1) enthaltende Umfangsrandzone (6)
   d) mit einer Oberflächenhärte größer als 400 HV bildet,
   e) wobei die Umfangsrandzone (6) aus fein- oder feinststreifigem Perlit (P) mit eingelagertem freien Graphit, vorzugsweise Kugelgraphit (SG) oder Vermikulargraphit (V), oder aus einem Zwischenstufengefüge (ADI) mit Kugelgraphit oder Vermikulargraphit besteht.

2. Gusskörper nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der eingelagerte freie Graphit zumindest im Wesentlichen Kugelgraphit (SG) ist und die Graphitkugeln dieses Kugelgraphits in der erstarrten Umfangsrandzone (6) eine Größe aufweisen, die einer Richtzahl von wenigstens 5, vorzugsweise höchstens 7, nach EN ISO 945 entspricht.

3. Gusskörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gusseisen in der Umfangsrandzone (6) wenigstens 95% Perlit und höchstens 5% Ferrit enthält.

4. Gusskörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Werkstoff der Umfangsrandzone (6) wenigstens einen der folgenden Festigkeitswerte aufweist:

   (i) 0.2%-Dehngrenze $R_{p,\,0.2} > 400$ N/mm^2;
   (ii) Zugfestigkeit $R_m > 600$ N/mm^2, vorzugsweise $R_m > 650$ N/mm^2;
   (iii) Bruchdehnung $A > 1{,}5\%$, vorzugsweise $A > 2\%$.

5. Gusskörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gusskörper (10)

Bestandteil eines Schmiedewerkzeugs oder einer Presse zum Umformen oder Urformen des Werkstücks ist.

6. Gusskörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gusskörper (10) ein Kolben oder Stössel, vorzugsweise für eine hydraulische Kraftbeaufschlagung ist.

7. Gusskörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche und wenigstens einem der folgenden Merkmale:

(i) die Eisenbasislegierung enthält wenigstens 0.3% Ni, vorzugsweise höchstens 1.5% Ni;
(ii) die Eisenbasislegierung enthält wenigstens 0.5% Cu, vorzugsweise höchstens 1.3% Cu.

8. Gusskörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eisenbasislegierung wenigstens 1.7% Si, vorzugsweise höchstens 2.4% Si enthält.

9. Gusskörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eisenbasislegierung 3 - 4% C enthält.

10. Verfahren zur Herstellung eines Gusskörpers nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem:

a) der Gusskörper (1; 10) aus einer Schmelze einer Eisenbasislegierung gegen Kokille gegossen wird,
b) die Abkühlgeschwindigkeit an der Kokille so klein eingestellt wird, dass die Schmelze auch in einer den äußeren Umfang des Gusskörpers (1; 10) enthaltenden Umfangsrandzone (6) nicht weiß, sondern stabil als Gusseisen (GJS, GJV) mit frei eingelagertem Graphit, vorzugsweise Kugelgraphit (SG) oder Vermikulargraphit (V), erstarrt,
c) und der Werkstoff der Umfangsrandzone (6) mittels einer thermischen Oberflächenbehandlung in fein- oder feinststreifigen Perlit (P) mit Kugel- oder Vermikulargraphit (SG, V) oder in ein Zwischenstufengefüge (ADI) mit Kugel- oder Vermikulargraphit umgewandelt wird.

11. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der eingelagerte freie Graphit der Umfangsrandzone (6) zumindest im Wesentlichen Kugelgraphit (SG) ist und die Abkühlgeschwindigkeit an der Kokille so groß eingestellt wird, dass die Graphitkugeln dieses Kugelgraphits (SG) in der erstarrten Umfangsrandzone (6) eine Größe aufweisen, die einer Richtzahl von wenigstens 5, vorzugsweise höchstens 7, nach EN ISO 945 entspricht.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gusseisen in der Umfangsrandzone (6) vor der Oberflächenbehandlung wenigstens 90% Perlit und höchstens 10% Ferrit enthält.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Eisenbasislegierung so zusammengesetzt ist, dass die Martensitstarttemperatur (M_s) des Gusseisens kleiner als 20° C ist.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberflächenbehandlung ohne Martensitumwandlung durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gusskörper (1; 10) nach Ausführung einer Oberflächenbehandlung angelassen wird und ohne Martensitumwandlung wieder abkühlt.

Claims

1. A cast body, being a tool for forming or original moulding a work piece, or a transfer member (10) for transferring a force or torque onto a tool (12) which contacts the work piece during forming or original moulding, wherein the cast body is not a roller and

a) is cast from an iron base alloy
b) which forms an interior zone (5) of the cast body (10) made of grey cast iron (GJS, GJV) and,
c) around the interior zone (5), a circumferential rim zone (6) which includes the outer circumference of the cast body (1)
d) and has a surface hardness which is greater than 400 HV,
e) wherein the circumferential rim zone (6) consists of ribbon grain or superfine ribbon grain pearlite (P) with

embedded free graphite, preferably spheroidal graphite (SG) or vermicular graphite (V), or of an intermediate structure (ADI) with spheroidal graphite or vermicular graphite.

2. The cast body according to the preceding claim, **characterised in that** the embedded free graphite is at least substantially spheroidal graphite (SG) and the graphite pebbles of said spheroidal graphite in the solidified circumferential rim zone (6) exhibit a size which corresponds to an index value of at least 5 and preferably at most 7 in accordance with EN ISO 945.

3. The cast body according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cast iron in the circumferential rim zone (6) contains at least 95% pearlite and at most 5% ferrite.

4. The cast body according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the material of the circumferential rim zone (6) exhibits at least one of the following stability values:

(i) 0.2% proof stress $R_{p,\,0.2} > 400$ N/mm^2;
(ii) tensile strength $R_m > 600$ N/mm^2, preferably $R_m > 650$ N/mm^2;
(iii) elongation at rupture $A > 1.5\%$, preferably $A > 2\%$.

5. The cast body according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cast body (10) is a constituent of a forging tool or press for forming or original moulding the work piece.

6. The cast body according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cast body (10) is a piston or plunger, preferably for a hydraulic application of force.

7. The cast body according to any one of the preceding claims and at least one of the following features:

(i) the iron base alloy contains at least 0.3% nickel and preferably at most 1.5% nickel;
(ii) the iron base alloy contains at least 0.5% copper and preferably at most 1.3% copper.

8. The cast body according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the iron base alloy contains at least 1.7% silicon and preferably at most 2.4% silicon.

9. The cast body according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the iron base alloy contains 3% to 4% carbon.

10. A method for manufacturing a cast body according to any one of the preceding claims, wherein:

a) the cast body (1; 10) is die-cast from a molten mass of an iron base alloy;
b) the cooling speed at the die is set to be low enough that the molten mass does not solidify white but rather stably as cast iron (GJS, GJV) with freely embedded graphite, preferably spheroidal graphite (SG) or vermicular graphite (V), even in a circumferential rim zone (6) which includes the outer circumference of the cast body (1; 10);
c) and the material of the circumferential rim zone (6) is transformed by means of a thermal surface treatment into ribbon grain or superfine ribbon grain pearlite (P) with spheroidal or vermicular graphite (SG, V) or into an intermediate structure (ADI) with spheroidal graphite or vermicular graphite.

11. The method according to the preceding claim, **characterised in that** the embedded free graphite of the circumferential rim zone (6) is at least substantially spheroidal graphite (SG), and the cooling speed at the die is set to be high enough that the graphite pebbles of said spheroidal graphite (SG) in the solidified circumferential rim zone (6) exhibit a size which corresponds to an index value of at least 5 and preferably at most 7 in accordance with EN ISO 945.

12. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cast iron in the circumferential rim zone (6) contains at least 90% pearlite and at most 10% ferrite before the surface treatment.

13. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the iron base alloy is composed in such a way that the martensite starting temperature (M_s) of the cast iron is lower than 20 °C.

14. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the surface treatment is performed without martensitic transformation.

15. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** after a surface treatment has been performed, the cast body (1; 10) is tempered and cooled again, without martensitic transformation.

Revendications

1. Corps en fonte, notamment outil pour le formage ou la déformation d'une pièce ou organe de transmission (10) pour la transmission d'une force ou d'un couple de rotation à un outil (12) en contact avec la pièce lors du formage ou de la déformation, dans lequel le corps en fonte n'est pas un rouleau et

   a) est coulé en un alliage à base de fer,
   b) qui forme une zone intérieure (5) du corps en fonte (10) en fonte grise (GJS, GJV) et
   c) autour de la zone intérieure (5) une zone périphérique (6) contenant la périphérie extérieure du corps en fonte (1)
   d) avec une dureté de surface supérieure à 400 HV,
   e) dans lequel la zone périphérique (6) se compose de perlite à lamelles fines ou très fines (P) avec du graphite interstitiel libre, de préférence du graphite sphéroïdal (SG) ou du graphite vermiculaire (V), ou d'une structure intermédiaire (ADI) avec du graphite sphéroïdal ou du graphite vermiculaire.

2. Corps en fonte selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le graphite interstitiel libre est au moins essentiellement du graphite sphéroïdal (SG) et les sphères de graphite de ce graphite sphéroïdal présentent dans la zone périphérique solidifiée (6) une taille, qui correspond à un nombre indicatif d'au moins 5, de préférence d'au plus 7, selon la norme EN ISO 945.

3. Corps en fonte selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la fonte contient dans la zone périphérique (6) au moins 95% de perlite et au plus 5 % de ferrite.

4. Corps en fonte selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau de la zone périphérique (6) présente au moins une des valeurs de résistance suivantes:

   (i) limite d'élasticité à 0,2 % $R_{p,02} > 400$ N/mm^2;
   (ii) résistance à la traction $R_m > 600$ N/mm^2, de préférence $R_m > 650$ N/mm^2;
   (iii) allongement à la rupture A > 1,5 %, de préférence A > 2 %.

5. Corps en fonte selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le corps en fonte (10) est un composant d'un outil de forgeage ou d'une presse pour la déformation ou le formage de la pièce.

6. Corps en fonte selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le corps en fonte (10) est un piston ou un poussoir, de préférence destiné à l'application d'une force hydraulique.

7. Corps en fonte selon l'une quelconque des revendications précédentes et présentant au moins une des caractéristiques suivantes:

   (i) l'alliage à base de fer contient au moins 0,3 % de Ni, de préférence au plus 1,5 % de Ni;
   (ii) l'alliage à base de fer contient au moins 0,5 % de Cu, de préférence au plus 1,3 % de Cu.

8. Corps en fonte selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'alliage à base de fer contient au moins 1,7 % de Si, de préférence au plus 2,4 % de Si.

9. Corps en fonte selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'alliage à base de fer contient 3 - 4 % de C.

10. Procédé de fabrication d'un corps en fonte selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel:

    a) on coule contre un moule le corps en fonte (1; 10) à partir d'une masse fondue d'un alliage à base de fer;
    b) on règle la vitesse de refroidissement sur le moule à un niveau tellement bas que la masse fondue se solidifie non en fonte blanche même dans une zone périphérique (6) contenant la périphérie extérieure du corps en fonte (1; 10), mais en fonte stable (GJS, GJV) avec du graphite interstitiel libre, de préférence du graphite

sphéroïdal (SG) ou du graphite vermiculaire (V),
c) et on transforme le matériau de la zone périphérique (6) au moyen d'un traitement thermique de surface en perlite à lamelles fines ou très fines (P) avec du graphite sphéroïdal ou vermiculaire (SG, V) ou en une structure intermédiaire (ADI) avec du graphite sphéroïdal ou vermiculaire.

11. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le graphite interstitiel libre de la zone périphérique (6) est au moins essentiellement du graphite sphéroïdal (SG) et on règle la vitesse de refroidissement sur le moule à un niveau tel que les sphères de graphite de ce graphite sphéroïdal (SG) dans la zone périphérique solidifiée (6) présentent une taille, qui correspond à un nombre indicatif d'au moins 5, de préférence d'au plus 7, selon la norme EN ISO 945.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la fonte dans la zone périphérique (6) contient au moins 90 % de perlite et au plus 10 % de ferrite avant le traitement de surface.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'alliage à base de fer est composé d'une manière telle que la température de début de transformation martensitique (M_s) de la fonte soit inférieure à 20°C.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on effectue le traitement de surface sans transformation martensitique.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on soumet le corps en fonte (1; 10) à un revenu après l'exécution d'un traitement de surface et on le refroidit de nouveau sans transformation martensitique.

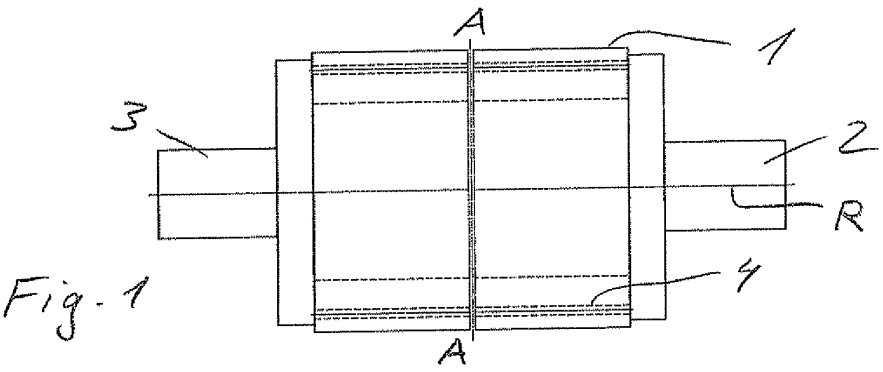


Fig. 1

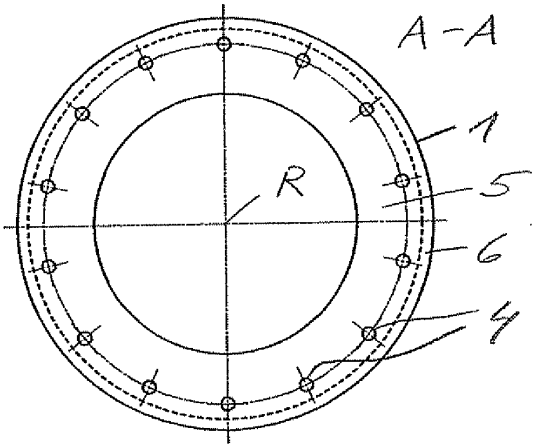


Fig. 2

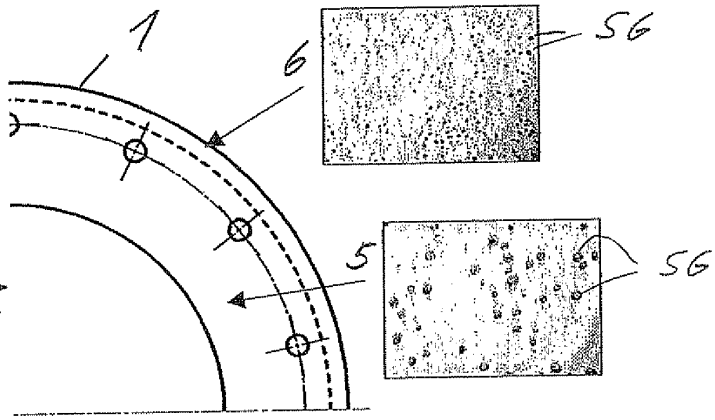


Fig. 3

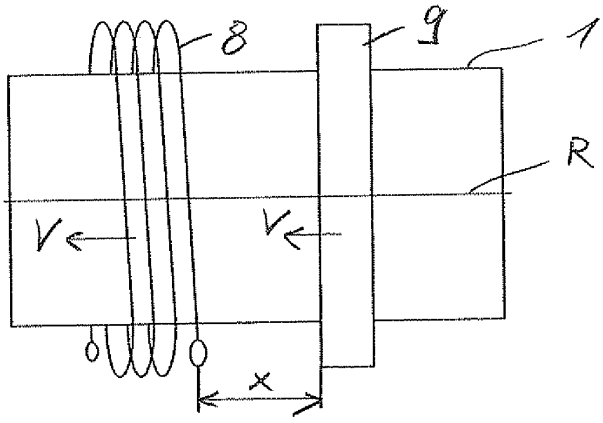


Fig. 4

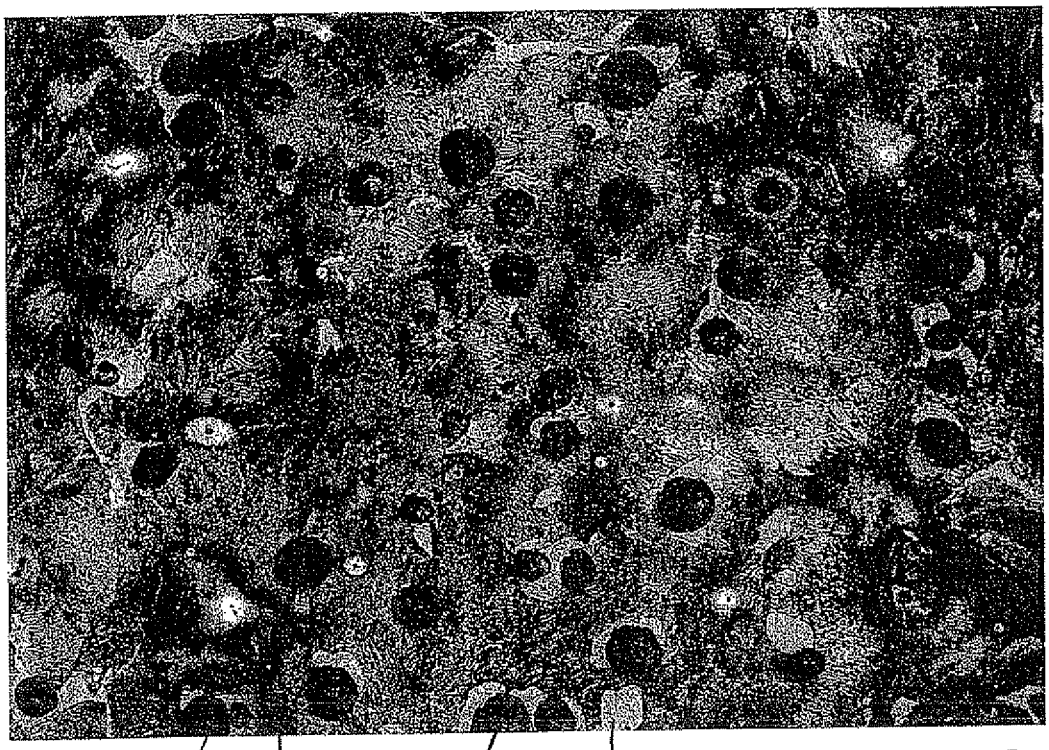


Fig. 5

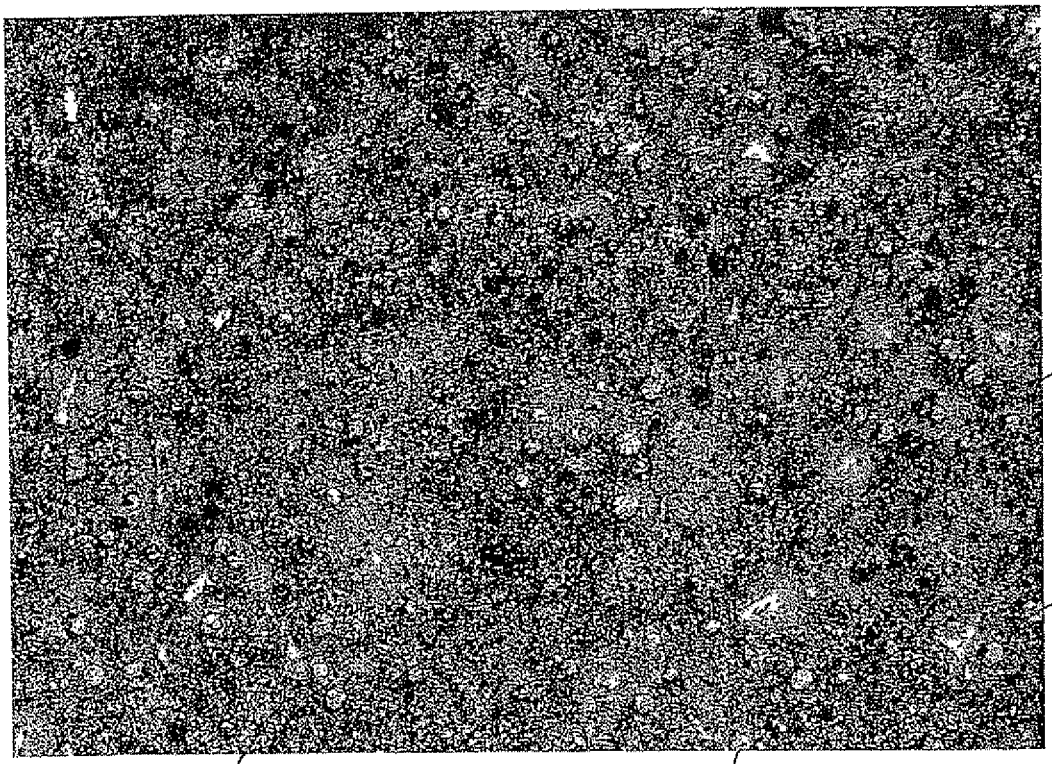


Fig. 6

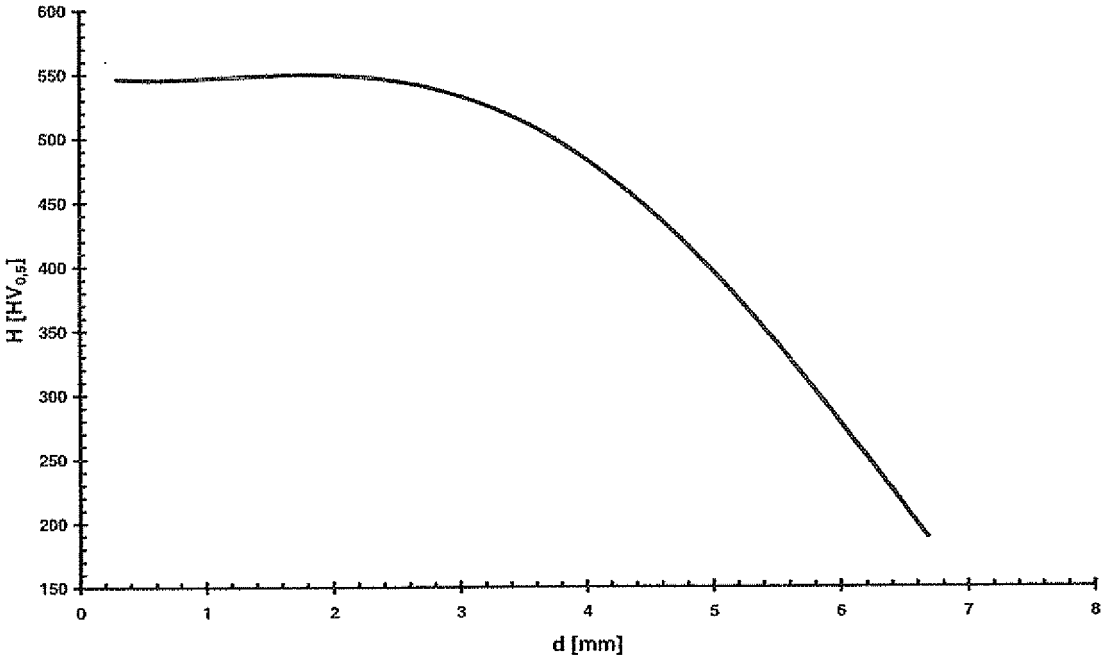


Fig. 7

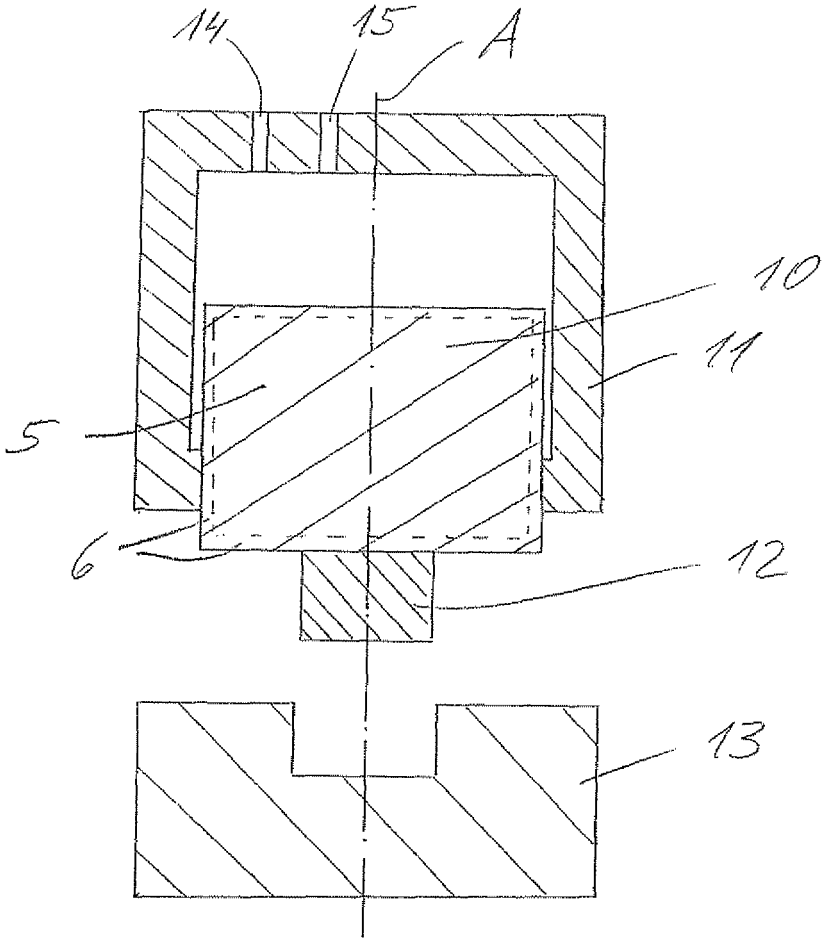


Fig. 8

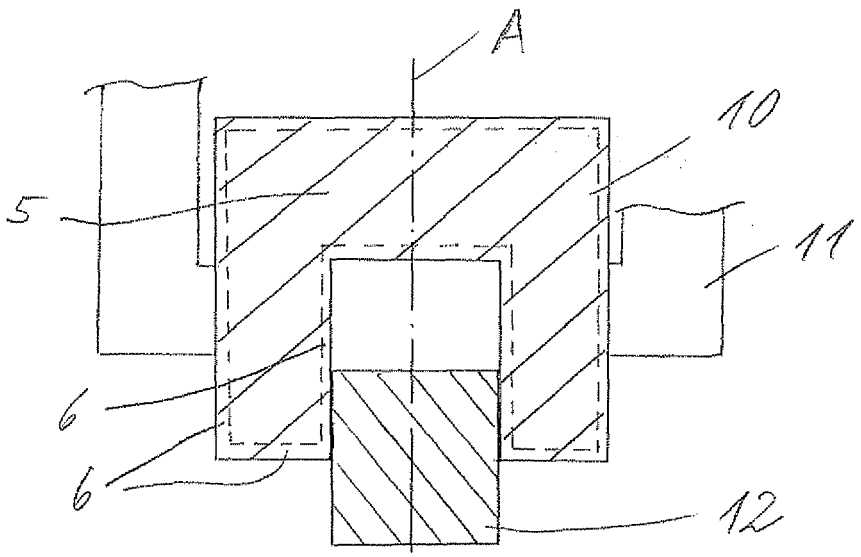


Fig. 9

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0505343 A1 **[0003]**
- EP 2213790 A1 **[0004]**
- CH 360701 A **[0005]**