

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 347 568 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
24.04.1996 Patentblatt 1996/17

(51) Int Cl.⁶: **C21D 5/00**

(21) Anmeldenummer: **89108131.7**

(22) Anmeldetag: **05.05.1989**

(54) Verfahren zur Herstellung verschleissfester Gussteile

Method of making wear-resisting castings

Procédé de fabrication de pièces coulées résistantes à l'usure

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **23.06.1988 DE 3821169**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.12.1989 Patentblatt 1989/52

(73) Patentinhaber: **MAHLE-J. WIZEMANN GmbH &
Co. KG**
D-70376 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Wizemann, Kurt**
D-7000 Stuttgart 50 (DE)
• **Peppler, Peter, Dr.-Ing.**
D-7056 Weinstadt (DE)
• **Wolf, Gotthard, Dr.-Ing.**
D-7000 Stuttgart 50 (DE)

(74) Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner**
Uhlandstrasse 14 c
D-70182 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 018 445 **US-A- 4 230 506**

- **KONSTRUIEREN & GIESSEN 1979, Seiten 12-18, Düsseldorf, DE; P. PEPPLER: "Schalenhartguss - Eigenschaften und Anwendung"**
- **FACHBERICHTE HÜTTENPRAXIS METALLWEITERVERARBEITUNG Band 25, Nr. 3, 1987, Seiten 154-161, Coburg, DE; G. BARBEZAT et al.: "Bainitisch-austenitische Gusseisen mit Kugelgraphit: Werkstoffe für die Bedürfnisse von heute und morgen"**

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 0 347 568 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung verschleißfester Gußteile aus einer Gußeisenlegierung unter Verwendung von Gußteilen mit ledeburitischen Randzonen oder Oberflächenbereichen und Graphitausscheidungen in weiteren Bauteilbereichen, wobei die Gußteile zur Umwandlung der Matrix der ledeburitischen Randzonen oder Oberflächenbereiche in Bainit einer Wärmebehandlung unterzogen werden, wobei die Gußteile bei einer Austenitisierungstemperatur geglüht und auf eine Zwischenstufentemperatur abgeschreckt werden.

Verfahren zur Herstellung von Schalenhartguß sind beispielsweise in dem Übersichtsartikel von P. Pepler "Schalenhartguß - Eigenschaften und Anwendung" in "Konstruieren + Gießen" (1979, Seite 12 ff.) beschrieben. Bei der Herstellung von verschleißbeanspruchten Gußteilen wird häufig das Schalenhartgußverfahren oder auch das WIG-Umschmelzverfahren (WIG = Wolfram-Inertgas-Brenner) eingesetzt, wobei in der Regel in bestimmten Randzonen bzw. Oberflächenbereichen ein ledeburitisches Gefüge erzeugt wird, bei dem die Karbide in einer perlitischen Matrix eingebettet sind.

Die heutigen Anforderungen an die Festigkeit der Matrix des Ledeburits übersteigen jedoch häufig die gegebenen Eigenschaften des Perlits. Andererseits ist aus der Literatur bekannt, daß ein karbidfreies, graphitisches Gußeisenbauteil mit überwiegend bainitischem Gefüge im Vergleich zu einem Bauteil mit perlitischem Gefüge eine deutlich höhere Festigkeit besitzt. Diesen graphitischen Gußeisenbauteilen fehlt jedoch die notwendige Verschleißfestigkeit.

Hiervon ausgehend, stellt sich die Erfindung die Aufgabe, ein Verfahren vorzuschlagen, mit dem Gußteile mit einer verbesserten Verschleißfestigkeit und gleichzeitig einer verbesserten Zugfestigkeit und Dehnungscharakteristik erhalten werden können.

Diese Aufgabe wird, entsprechend Anspruch 1, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Gußteile in einem vorgeschalteten Aufheizprozeß zunächst auf eine Temperatur von ca. 300 bis 700° C aufgeheizt, danach bei einer Austenitisierungstemperatur geglüht und zu einem Zeitpunkt auf eine Zwischenstufentemperatur abgeschreckt werden, zu dem einerseits die Gußmatrix im wesentlichen in Austenit umgewandelt ist und andererseits jedoch die Karbide der Legierung noch im wesentlichen unzersetzt vorliegen. Bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens nach Anspruch 1 sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 14.

Überraschenderweise wurde gefunden, daß die erfindungsgemäß behandelten Gußbauteile in den ledeburitischen Randzonen mit bainitischer Matrix eine wesentlich verbesserte Verschleißbeständigkeit, insbesondere bezüglich der Wälzermüdung, aufweisen, da die verschleißhemmende Wirkung der Karbide in Kombination mit der bainitischen Matrix eine höhere Ermüdungsfestigkeit ergibt.

Ganz entscheidend kommt es bei der Wärmebehandlung darauf an, die Karbide der ledeburitischen Bereiche zu erhalten und diese keinesfalls bei der Wärmebehandlung zu zersetzen. Eine Zersetzung der Karbide hätte Graphitausscheidungen in den Ledeburit-Bereichen zur Folge, die die verschleißhemmende Wirkung der Karbide zumindest teilweise zunichte machen würden.

Durch diese Verfahrensführung wird erreicht, daß zumindest Oberflächenbereiche, wenn nicht gar Randzonen der Gußteile ein ledeburitisches Gefüge aufweisen, bei dem Eisenkarbid und/oder Mischkarbide wesentlich zu der Verschleißfestigkeit der Oberfläche beitragen, während gleichzeitig durch die Einbettung der Karbide in eine nun bainitische Matrix eine sehr gute Festigkeit des Bauteiles und eine hohe Verschleißbeständigkeit, insbesondere Wälzermüdungsfestigkeit, gewährleistet ist.

Zwar sind eine ganze Reihe von Verfahren zur Behandlung von Graugußteilen bekannt (siehe z.B. die DE-OS 28 53 870), bei denen die Bauteile bei einer Austenitisierungstemperatur geglüht werden, jedoch lassen sich diese Verfahren aufgrund der grundsätzlich verschiedenen Gußmatrixausbildungen nicht auf die Wärmebehandlung von Gußteilen mit ledeburitischen Randzonen übertragen, wenn die Vorteile der ledeburitischen Randzone erhalten bleiben sollen.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zum Behandeln von Gußteilen, die im Schalenhartgußverfahren gegossen sind und hierdurch ledeburitische Randzonen oder Oberflächenbereiche aufweisen, wobei jedoch die Matrix in diesen Bereichen vorwiegend aus Perlit gebildet wird.

In gleicher Weise eignen sich für das erfindungsgemäße Verfahren solche Gußteile, die konventionell gegossen sind, d.h. graphitisch erstarrte Bauteile oder sogenannte Graugußteile, bei denen jedoch Oberflächenbereiche oder Randzonen mittels energiereicher Strahlung, wie beispielsweise der eines Wolfram-Inertgas-Brenners, eines Lasers oder eines Elektronenstrahls zu einem ledeburitischen Gefüge umgeschmolzen wurden.

Die optimale Haltezeit für die Austenitisierungstemperatur ist zum einen in gewisser Weise von den Legierungsbestandteilen der Gußeisenlegierung abhängig, wobei beispielsweise mit bestimmten Elementzusätzen die Zerfallsgeschwindigkeit der Karbidkristalle verringert werden kann, und andererseits von der vorgewählten Austenitisierungstemperatur selbst. Wünschenswert ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Haltezeit für eine gegebene Austenitisierungstemperatur, bei der die Umwandlung in Austenit mindestens zu etwa 80 % erfolgt. Vorzugsweise erfolgt die Umwandlung nahezu vollständig.

Das zweite wesentliche Kriterium des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Erhaltung der Karbidkristalle. Diese sollen gemäß besonderer Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens zumindest in der Größen-

ordnung von ca. 80 % bei der Umwandlung der Gußmatrix in Austenit erhalten bleiben, wobei bei einer bevorzugten Verfahrensweise mindestens 90 % der Karbide am Ende der Haltezeit bei der Austenitisierungstemperatur noch in kristalliner Form vorliegen.

Am meisten bevorzugt ist eine Verfahrensführung, bei der mehr als 95 % der Karbide noch in kristalliner Form in der Gußmatrix vorliegen.

Wie zuvor beschrieben, wird dem Glühen bei der Austenitisierungstemperatur ein Vorwärmeprozess vorgeschaltet, bei dem das Gußteil auf eine Temperatur von ca. 300 bis 700° C erwärmt wird. Die Temperatur bei diesem Vorwärme- oder Vorheizprozess ist so gewählt, daß sich das Gußgefüge im wesentlichen nicht verändert, und andererseits die Erreichung der Austenitisierungstemperatur relativ rasch erfolgen kann. Bevorzugt soll während des Haltens auf Vorwärmtemperatur eine weitgehend gleichmäßige Erwärmung des Gußteils über den gesamten Querschnitt erreicht werden.

Dadurch kann die Haltezeit bei der Austenitisierungstemperatur bei einer fast vollständigen Umwandlung der Gußmatrix in Austenit sehr kurz gehalten werden, wodurch wiederum der Karbidanteil im wesentlichen vollständig erhalten bleibt. Die Haltezeiten bei solchen Prozessen liegen in Abhängigkeit der einzelnen Legierungsbestandteile und der Austenitisierungstemperatur größenordnungsmäßig zwischen 3 und 10 Minuten.

Die Haltezeiten bei der Austenitisierungstemperatur können insbesondere dann relativ kurz gehalten werden, wenn die Temperatur während dem Vorheizprozess im Bereich von 550 bis 650° C eingestellt wird. Dieser Vorwärmtemperaturbereich ist deshalb optimal, weil zum einen bei einer Temperatur bis zu 650° C mit Sicherheit noch keine Zerfallprozesse der Karbidkristalle in der Gußmatrix ablaufen können und weil zum anderen eine Vorwärmung des gesamten Gußteils bis nahe an die Austenitisierungstemperatur erfolgt. Die nachfolgende Erwärmung auf die Austenitisierungstemperatur, bei der die Umwandlung von Perlit in Austenit erfolgt, hat dann zur Folge, daß auch das Innere des Gußteiles auf Austenitisierungstemperatur während der Haltezeit erhitzt wird. Neben diesen geschilderten Vorteilen hat der dem Glühen bei der Austenitisierungstemperatur vorgeschaltete Vorheizprozess den weiteren Vorteil, daß bei dem zu behandelnden Gußteil kein Verziehen wegen ungleichmäßiger Temperaturverteilung im Gußteil erfolgt.

Bei dem anschließenden Glühen der Gußteile bei der Austenitisierungstemperatur wird ein Temperaturbereich von 800 bis 960° C bevorzugt. An der unteren Grenze dieses Temperaturbereiches wird selbstverständlich eine etwas längere Haltezeit bei der Austenitisierungstemperatur notwendig sein als an der oberen Grenze des angegebenen Bereiches.

Die Austenitisierungstemperatur sollte mindestens 3 min bis maximal 10 min gehalten werden.

Vorzugsweise wird die Austenitisierungstemperatur lediglich für 5 bis 7 min gehalten.

Im Anschluß an die Austenitisierung werden die Bauteile bevorzugt in einem Warmbad abgeschreckt, was eine gezielte Erzeugung der Bainit-Matrix erlaubt. Als Warmbad finden dabei Ölbäder, Salzbäder oder auch Sandwirbelbetten Verwendung, wie dies aus anderem Zusammenhang bekannt ist.

Vorzugsweise wird die Warmbadtemperatur im Bereich von ca. 220 bis 450° C gewählt. Unterhalb von 220° C wird zunehmend Martensit bei der Abkühlung erhalten, was die Gußeileigenschaften negativ beeinflusst. Oberhalb von 450° C wird keine ausreichende Härtung des Gußteiles erreicht.

Die Behandlungsdauer im Warmbad beträgt zwischen 0,1 und 4 Std. Die untere Grenze von 0,1 Std. ergibt sich daraus, daß bei kleineren Zeitspannen keine ausreichende Umwandlung in Bainit mehr erfolgt. Die Obergrenze für die Behandlungsdauer von 4 Std. ergibt sich daraus, daß dort der Verlust von bainitischen Eigenschaften der Matrix einsetzt, d.h. die schon gebildeten bainitischen Bereiche unterliegen dann in merklichem Umfang weiteren Umwandlungsprozessen.

Zur Erzielung definierter Eigenschaften des Gußteiles wird die Temperatur im Warmbad vorzugsweise konstant gehalten, d.h. die Temperatur wird auf einen Wert von ca. $\pm 20^\circ$ C geregelt.

Alternativ dazu kann die Temperatur des Warmbades in einer ersten Zeitspanne nach dem Einbringen der Gußteile in das Warmbad niedriger liegen als im restlichen Teil der Behandlungszeit. Dieser Temperaturunterschied beträgt vorzugsweise zwischen ca. 30 und 100° C.

Es ergeben sich insbesondere zwei Fälle, bei denen von einer konstanten Temperaturführung bei der Warmbadbehandlung abgegangen wird und bei der mit einer zunächst tiefer liegenden Temperatur des Warmbades begonnen wird. Diese Vorgehensweise empfiehlt sich einmal dann, wenn das Gewichtsverhältnis von Badinhalt und einzubringenden Gußteilen relativ klein ist, d.h. wenn das Warmbad eine vergleichsweise kleine Wärmekapazität gegenüber der Wärmekapazität der gleichzeitig einzubringenden Gußteile aufweist. Wird die Badtemperatur bei diesen Bedingungen zunächst auf einen tieferen Temperaturwert geregelt, so erfolgt mit dem Einbringen der heißen Gußteile keine Erwärmung des Bades über den für die Behandlung im Warmbad gewünschten Temperaturwert hinaus.

Unabhängig von dem Verhältnis der Wärmekapazitäten von Badinhalt und einzubringenden Gußteilen kann ein zunächst niedriger gewählter Temperaturwert des Warmbades dazu verwendet werden, durch die stärkere Abkühlung beim Abschrecken verstärkt Kristallisationszentren in dem Gußteil auszubilden, so daß sich eine feinere Gußstruktur ergibt. Die nachfolgende Temperaturerhöhung auf den eigentlichen Warmbadbehandlungswert erfolgt deshalb, um die erwünschte Umwandlung von Austenit in Bainit zu beschleunigen.

Damit kann die Haltezeit bei der Warmbadbehandlungstemperatur wesentlich verkürzt werden.

Derselbe Erfindungsgedanke verkörpert sich in einer vom bisherigen Verfahren gänzlich abweichenden Verfahrensführung, nämlich darin, daß bei einem Verfahren zur Herstellung von Gußteilen mit ledeburitischen Randzonenbereichen durch die Zugabe von Legierungsbestandteilen zu der Legierung vor dem Gießen, welche das Zeit-/Temperaturverhalten in der Weise verändern, daß bei einem an sich im wesentlichen unveränderten Gieß- und Erhaltungsvorgang ledeburitische Oberflächenbereiche oder Randzonen erhalten werden, deren Gußmatrix im wesentlichen Bainit umfaßt.

Bei dieser Methode entfällt also die nachträgliche Wärmebehandlung des Gußteiles, so daß insbesondere bei den Gußteilen, die ohne Nachbearbeitung verwendbar sind, eine drastische Einsparung bezüglich der Herstellungszeiten und auch der Herstellungskosten erzielbar ist. Trotzdem werden im Vergleich zu den vorher beschriebenen Verfahren in ihrer Struktur identische Bauteile erhalten, die deshalb auch die gleichen positiven Eigenschaften wie extrem hohe Verschleißfestigkeit bei gleichzeitig verbesserten Zugfestigkeits- und Dehnungscharakteristiken aufweisen.

Bei beiden Verfahrensvarianten werden besonders gute Ergebnisse erzielt, wenn eine Gußlegierung verwendet wird, die als Legierungsbestandteile die Elemente Vanadin und Wolfram einzeln oder in Kombination enthält, wobei der Anteil jedes einzelnen dieser Elemente - falls enthalten - 0,1 bis 5 Gew. % betragen soll und wobei die Summe der Anteile, falls sie in Kombination vorliegen, bis zu 10 Gew. % beträgt. Die Elemente Vanadin und Wolfram lassen sich insbesondere zur Regulierung der Zerfallsbeständigkeit der Eisen- und/oder Mischkarbide in der austenitischen Phase verwenden.

Alternativ hierzu können, gemäß Anspruch 15, Gußlegierungen verwendet werden, die als Legierungsbestandteile die Elemente Bor, Titan, Tellur und Wismut einzeln oder in Kombination enthalten, wobei der Anteil eines einzelnen dieser Elemente - falls vorhanden - 0,01 bis 0,2 Gew. % beträgt. Auch diese Elemente und die Variation ihrer Anteile lassen sich dazu einsetzen, die Zerfallgeschwindigkeit der Karbide in der austenitischen Phase zu regulieren oder, anders ausgedrückt, die Eisenkarbidkristalle zumindest teilweise oder sogar vollständig zu stabilisieren.

Als vorteilhaft haben sich auch Gußeisenlegierungen bei beiden Verfahrensführungen erwiesen, die als Legierungsbestandteile Kupfer, Nickel und Molybdän einzeln oder in Kombination enthalten mit je einem jeweiligen Anteil von 0,1 bis 8 Gew. % - falls enthalten -, wobei bei einer Kombination dieser Elemente die Summe ihrer Anteile bis zu 15 Gew. % betragen kann.

Sämtliche vorgenannten Elemente lassen sich als Legierungsbestandteil dazu verwenden, die zeit- und temperaturabhängige Umwandlungscharakteristik der Gußlegierung gezielt zu verändern bzw. das Zeit/Tem-

peraturverhalten der Legierung gezielt zu beeinflussen, wie dies bereits zuvor ausgeführt wurde. Dies eröffnet nicht nur, wie bereits erwähnt, die Möglichkeit, direkt mit dem Guß zu einem erfindungsgemäß ausgeprägten Bauteil zu kommen, sondern auch bei der Nachbehandlung der Gußteile zu einer Verfahrensführung, bei der Umwandlungsprozesse so verlangsamt sind, daß geringe zeitliche Unterschiede in den Haltezeiten, insbesondere bei der Austenitisierungstemperatur und bei der Behandlung im Warmbad, zu keiner gravierenden Qualitätsschwankung mehr führen. Hierdurch verlängern sich zwar zum Teil die Behandlungszeiten der Bauteile in den verschiedenen Verfahrensstufen, jedoch überwiegen die Vorteile, die dadurch erhalten werden, daß höhere Qualitätsstandards bei verringerten Ausschußanteilen eingehalten werden können.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, verschleißfeste Gußteile aus einer Gußeisenlegierung mit Graphitausscheidungen und Ledeburitanteilen vorzuschlagen, bei denen neben ausgezeichneten Zugfestigkeits- und Dehnungswerten eine verbesserte Wälzermüdungsfestigkeit an Oberflächenbereichen besteht.

Diese Aufgabe wird, gemäß den Ansprüchen 18 bis 22, bei den verschleißfesten Gußteilen aus einer Gußeisenlegierung mit ledeburitischen Randzonen oder Oberflächenbereichen dadurch gelöst, daß eine überwiegend bainitische Matrix des Ledeburit vorgesehen wird, in der Fe_3C und/oder Mischkarbide eingebettet sind und wobei entsprechend den vorgenannten Herstellverfahren mindestens 80 % der Karbide erhalten bleiben.

Gußteile mit einem solchen Aufbau nutzen zum einen die Eigenschaften des hochfesten und verschleißbeständigen Bainitgefüges und ergänzen dieses zusätzlich durch die Härte der Fe_3C und/oder der Mischkarbide, die in ihrer Kombination zu einer bisher unerreichten Verschleißbeständigkeit bei Gußteilen führen.

Die erfindungsgemäßen Gußteile können neben einer überwiegend bainitischen Struktur auch Austenit- und/oder Martensitanteile umfassen, ohne daß bezüglich der Abriebfestigkeit deutlich schlechtere Ergebnisse erzielt werden.

Neben den Oberflächenbereichen, die im wesentlichen graphitfrei sind, enthalten andere Bereiche der Gußteile lamellare, vermikulare und/oder kugelige Graphitausscheidungen, die, beispielsweise in Abhängigkeit des Magnesiumanteiles, frei wählbar sind und andere Eigenschaften als die Verschleißfestigkeit des Gußteiles bestimmen.

Weitere vorteilhafte Ausbildungen der Gußteile sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die erfindungsgemäßen Gußteile werden vorzugsweise nach den zuvor beschriebenen Verfahren erhalten, wobei die Gußteile bei dem Nachbehandlungsverfahren zunächst in einem bearbeitbaren Zustand vorliegen und erst in einer der letzten Phasen des Produktionsprozesses dem erfindungsgemäßen Verfahren un-

terzogen werden.

Die zuvor beschriebene direkte Methode, bei der der Legierung Legierungsbestandteile so zugegeben werden, daß das Zeit-/Temperaturverhalten der Legierung beim Gieß- und Erstarrungsvorgang so beeinflusst ist, daß sich ledeburitische Randzonen bilden, deren Gußmatrix im wesentlichen Bainit umfaßt, stellt dazu ein völlig gleichwertiges Herstellungsverfahren dar, das allerdings hauptsächlich dann zum Einsatz kommt, wenn die hergestellten Gußteile keiner weiteren Nachbearbeitung mehr unterzogen werden müssen. Die Legierungsbestandteile, insbesondere Komponenten wie Nickel, Kupfer, Molybdän und/oder Wolfram, werden gezielt so zur Beeinflussung der Phasen-Umwandlungscharakteristik der Legierung verwendet, daß bei einem unveränderten, natürlichen Abkühlverhalten des Gußteiles die erfindungsgemäße Struktur in den Randzonen des Gußteiles erhalten wird. Dies bedeutet, daß keinerlei nachträgliche Wärmebehandlung mehr notwendig ist und daß der Abkühlprozeß der Gußteile durch die erfindungsgemäße Verfahrensführung in keiner Weise verlängert wird.

Wegen ihrer besonders hohen Verschleißfestigkeit werden die erfindungsgemäßen Gußteile insbesondere als Bauteile für die Ventilsteuerung von Verbrennungsmotoren, als Nockenwellen und deren Gegenläufer, wie z. B. Hebeln oder Stößeln, ausgebildet und verwendet.

Dieses ist jedoch keineswegs das einzige Einsatzgebiet für die erfindungsgemäßen Gußteile, da sie mit Vorteil überall dort einzusetzen sind, wo Gußteile einem abrasiven Verschleiß unterworfen sind. Beispielsweise sei hier nur der Einsatz von solchen Teilen im Bergbau und im Landmaschinenbau erwähnt.

Diese und weitere Vorteile der Erfindung werden im folgenden an Hand der Beispiele noch näher erläutert.

Beispiel 1:

Das in diesem Beispiel herzustellende Gußteil ist eine Nockenwelle, die zunächst über das bekannte Schalenhartgußverfahren hergestellt wird. Die Nockenwelle weist dabei bereits Randzonenbereiche aus Ledeburit auf, bei denen jedoch die Matrix für die Karbide im wesentlichen aus Perlit besteht. Bei diesem Schalenhartgußverfahren wird eine Gußform verwendet, die im erstarrenden Gußstück an bestimmten Partien eine so hohe Erstarrungsfrontgeschwindigkeit ermöglicht, daß die Gußeisenschmelze dort in der Randzone des Gußstückes gemäß dem metastabilen Zustandsdiagramm mit ledeburitischem Gefüge erstarrt, die Karbidkristalle der Ledeburitbereiche sind hier in einer perlitischen Matrix eingebettet.

Die sich daran anschließende, erfindungsgemäße Wärmebehandlung dieser Nockenwelle ist in einem Zeit-/Temperaturdiagramm in der Zeichnung wiedergegeben. Danach werden die Gußteile zunächst auf eine Temperatur von ca. 600° C (P 1) aufgeheizt und bis zum Temperatúrausgleich im Gußstück (P 2) auf dieser Tem-

peratur gehalten. Danach erfolgt eine möglichst rasche Aufheizung auf die Austenitisierungstemperatur (P 3) von ca. 900° C. Nach einer Haltezeit von ca. 7 Minuten (P 4) werden die Nockenwellen auf eine Zwischenstufenvergütungstemperatur von ca. 300° C schnell abgekühlt (P 5) und auf dieser Temperatur (siehe strichpunktierten Kurvenverlauf) ca. 2 1/2 Std. gehalten (P 7). Durch die kurze Haltezeit bei hohen Temperaturen wird erreicht, daß die Karbide im Gußstück, wie sie beim Schalenhartguß erzeugt wurden, noch im wesentlichen unzersetzt erhalten bleiben, während andererseits durch den Vorwärmeprozess bei ca. 600° C (P 1 - P 2) die Voraussetzung für eine im wesentlichen vollständige Umwandlung in Austenit während dieser kurzen Haltezeit gegeben ist.

Am Ende der Wärmebehandlung (nach P 7) wird die Nockenwelle an der Luft auf Raumtemperatur abgekühlt.

Die Figur stellt im Bereich von P 5 bis P 6, d.h. bei dem Verfahrensschritt der Abschreckung, eine Variante dar, bei der die Temperatur des Warmbades zunächst ca. 50° C unterhalb von der danach eingehaltenen Warmbadtemperatur gewählt wird. Die Vorteile hierbei sind zum einen die Möglichkeit der besseren Ausnutzung des Badinhaltes beim Abschrecken, da ein relativ kleines Verhältnis der Wärmekapazität des Bades zu der Wärmekapazität der darin einzubringenden Gußteile und damit auch ein relativ kleines Badvolumen gewählt werden kann. Dies bringt nicht nur kleinere Anlagenkosten mit sich, sondern vermindert auch die Energiekosten der Anlage, da ein wesentlich reduzierter Badinhalt auf die entsprechende Nachbehandlungstemperatur oder Zwischenstufenvergütungstemperatur gebracht werden muß. Außerdem läßt sich bei dieser Verfahrensführung noch erreichen, daß eine erhöhte Bildung von Kristallisationszentren hervorgerufen wird, was sich in einer feineren Struktur des Gußgefüges auswirkt.

Beispiel 2:

Das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zu behandelnde Bauteil, hier eine Nockenwelle, kann gleichermaßen anstatt im Schalenhartgußverfahren auch durch ein Umschmelzen einer grau erstarrten Randzone mittels energiereicher Strahlung, hier beispielsweise eines WIG-Brenners, erzeugt werden. Die nachfolgende Wärmebehandlung entsprach der Vorgehensweise gemäß dem Ausführungsbeispiel 1.

Beispiel 3:

Bei diesem Ausführungsbeispiel wurde der Gußeisenlegierung eine Kombination von Legierungselementen zugegeben, nämlich 1,2 % Nickel, 1 % Molybdän und 0,7 % Kupfer. Die Nockenwelle wurde in an sich bekannter Weise im Schalenhartgußverfahren gegossen, ohne daß beim Abkühlen und Erstarren der

Schmelze eine besondere Temperaturführung aufgezungen wurde. Durch den gezielten Einsatz der Legierungsbestandteile wurde eine solche Verschiebung der Phasen-Umwandlungskurven im kontinuierlichen Zeit-/Temperaturdiagramm zu längeren Umwandlungszeiten erreicht, daß in den Randzonen wiederum im wesentlichen Ledeburit mit bainitischer Matrix erhalten wurde.

Beispiel 4:

In diesem Ausführungsbeispiel wurden Nockenwellen entsprechend dem Beispiel 3 hergestellt mit dem Unterschied, daß statt der Legierungsbestandteile Nickel, Molybdän und Kupfer lediglich ein Anteil von 2,5 bis 3 Gew. % Wolfram der Gußeisenlegierung zugesetzt wurde.

Die Grenzlaufzeiten der gemäß den Beispielen 1 bis 4 hergestellten Nockenwellen und Schlepphebel mit den ledeburitischen Randzonen mit bainitischer Matrix liegen je nach Beanspruchungsbedingungen bis zu 30 % über den Werten, die für die gleichen Bauteile mit der gleichen Gußstruktur, aber perlitischer Matrix in den ledeburitischen Randzonen erreichbar sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung verschleißfester Gußteile aus einer Gußeisenlegierung unter Verwendung von Gußteilen mit ledeburitischen Randzonen oder Oberflächenbereichen und Graphitabscheidungen in weiteren Bauteilbereichen, wobei die Gußteile zur Umwandlung der Matrix der ledeburitischen Randzonen oder Oberflächenbereiche in Bainit einer Wärmebehandlung unterzogen werden, wobei die Gußteile in einem vorgeschalteten Aufheizprozeß zunächst auf eine Temperatur von ca. 300 bis 700° C aufgeheizt, danach bei einer Austenitisierungstemperatur geglüht und auf eine Zwischenstufentemperatur zu einem solchen Zeitpunkt abgeschreckt werden, zu dem einerseits die Matrix im wesentlichen in Austenit umgewandelt ist und andererseits jedoch die Karbide der Legierung noch im wesentlichen unzersetzt vorliegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur während des Vorheizprozesses im Bereich von ca. 550 bis 650° C eingestellt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur beim Vorheizprozeß so lange gehalten wird, bis sich eine im wesentlichen konstante Temperatur über den Gußteilquerschnitt eingestellt hat.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß das Abschrecken durch Einbringen der Gußteile in ein Warmbad erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Warmbades 220 bis 450° C beträgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gußteile ca. 0,1 bis 4 Std. im Warmbad behandelt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Warmbades im wesentlichen konstant gehalten wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Warmbades nach dem Einbringen der Bauteile erhöht wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur im Warmbad nach dem Einbringen der Bauteile um ca. 30 bis 100° C erhöht wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Glühen der Gußteile bei einer Austenitisierungstemperatur von ca. 800 bis 960° C durchgeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Austenitisierungstemperatur während ca. 3 bis 10 Minuten gehalten wird.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zu verwendende Gußteil im Schalenhartgußverfahren, gegebenenfalls unter Verwendung von Kühleisen, gegossen ist.
13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß Oberflächenbereiche oder gegebenenfalls ganze Randzonen des zu verwendenden Gußteiles mittels energiereicher Strahlung, beispielsweise eines Wolfram-Inertgas-Brenners, eines Lasers oder eines Elektronenstrahls, zu einem ledeburitischen Gefüge umgeschmolzen sind.
14. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Umwandlung der Gußmatrix in Austenit ca. 80 % der Carbide oder mehr erhalten bleiben.
15. Verfahren zur Herstellung von Gußteilen mit ledeburitischen Randzonenbereichen, gekennzeichnet durch die Zugabe von Legierungsbestandteilen zu

der Legierung vor dem Gießen in Form der Elemente Vanadin und Wolfram einzeln oder in Kombination, wobei der Anteil des einzelnen Elements jeweils 0,1 bis 5 Gew.% beträgt und wobei die Summe der Anteile der in Kombination enthaltenen Elemente bis zu 10 Gew.% beträgt, welche das Zeit-/Temperaturverhalten in der Weise verändern, daß bei einem an sich im wesentlichen unveränderten Gieß- und Erkaltungsvorgang ledeburitische Oberflächenbereiche oder Randzonen erhalten werden, deren Gußmatrix im wesentlichen Bainit umfaßt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch die Zugabe von Legierungsbestandteilen zu der Legierung vor dem Gießen in Form der Elemente Bor, Titan, Tellur und Wismut einzeln oder in Kombination, wobei der Anteil des einzelnen der Elemente 0,01 bis 0,2 Gew.% beträgt, welche das Zeit-/Temperaturverhalten in der Weise verändern, daß bei einem an sich im wesentlichen unveränderten Gieß- und Erkaltungsvorgang ledeburitische Oberflächenbereiche oder Randzonen erhalten werden, deren Gußmatrix im wesentlichen Bainit umfaßt.

17. Verfahren nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch die Zugabe von Legierungsbestandteilen zu der Legierung vor dem Gießen in Form der Elemente Kupfer, Nickel und Molybdän einzeln oder in Kombination mit einem jeweiligen Anteil von 0,1 bis 8 Gew.%, wobei bei einer Kombination dieser Elemente die Summe ihrer Anteile bis zu 15 Gew. % beträgt, welche das Zeit-/Temperaturverhalten in der Weise verändern, daß bei einem an sich im wesentlichen unveränderten Gieß- und Erkaltungsvorgang ledeburitische Oberflächenbereiche oder Randzonen erhalten werden, deren Gußmatrix im wesentlichen Bainit umfaßt.

18. Verschleißfeste Gußteile aus einer Gußeisenlegierung herstellbar nach einem Verfahren gemäß Anspruch 14 mit ledeburitischen Randzonen oder Oberflächenbereichen, gekennzeichnet durch eine überwiegend bainitische Matrix des Ledeburit, welche im wesentlichen graphitfrei ist und in der Fe₃C und/oder Mischkarbide eingebettet sind.

19. Gußteile nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Matrix neben dem Bainit-Anteil Austenit- und/oder Martensit-Anteile umfaßt.

20. Gußteile nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Gußteilmatrix mit Graphitausscheidungen letztere vorzugsweise in lamellarer, vermikularer und/oder kugelförmiger Form enthalten.

21. Gußteile, herstellbar nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 17.

22. Bauteile für die Ventilsteuerung von Verbrennungsmotoren, insbesondere Nockenwellen und deren Gegenläufer, wie zum Beispiel Hebel oder Stößel, hergestellt nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 14 bis 17.

Claims

1. A process for the manufacture of wear-resistant cast parts from a cast iron alloy by using cast parts having ledeburitic edge zones or surface regions and graphite deposits in further component regions, whereby, to transform the matrix of the ledeburitic edge zones or surface regions into bainite, the cast parts are subject to a heat treatment, whereby the cast parts are heated in a preliminary heating process firstly to a temperature of roughly 300 to 700°C, then are annealed at an austenitizing temperature and are quenched at an intermediate stage temperature at a such time at which firstly the matrix is substantially converted into austenite and secondly however the carbides of the alloy are still substantially undecomposed.

2. A process according to Claim 1, **characterised in that** the temperature during the preheating process is established in the range of roughly 550 to 650°C.

3. A process according to one of Claims 1 or 2, **characterised in that** the temperature during the preheating process is maintained until a substantially constant temperature has been established over the cross section of the cast parts.

4. A process according to one of Claims 1 to 3, **characterised in that** quenching is performed by introducing the cast parts into a hot bath.

5. A process according to Claim 4, **characterised in that** the temperature of the hot bath is 220 to 450°C.

6. A process according to one of Claims 4 or 5, **characterised in that** the cast parts are treated in the hot bath for roughly 0.1 to 4 hours.

7. A process according to Claim 6, **characterised in that** the temperature of the hot bath is kept substantially constant.

8. A process according to Claim 6, **characterised in that** the temperature of the hot bath is increased after the introduction of the com-

ponents.

9. A process according to Claim 8,
characterised in that the temperature in the hot bath is increased by roughly 30 to 100°C after the introduction of the components. 5
10. A process according to one or more of the preceding Claims,
characterised in that the annealing of the cast parts is performed at an austenitizing temperature of roughly 800 to 960°C. 10
11. A process according to Claim 10,
characterised in that the austenitizing temperature is maintained for roughly 3 to 10 minutes. 15
12. A process according to one or more of the preceding Claims,
characterised in that the cast part to be used is cast in the chill casting process, if necessary with the use of iron chill. 20
13. A process according to one or more of Claims 1 to 11,
characterised in that surface regions or if necessary whole edge zones of the cast part to be used are remelted by means of high-energy radiation, for example a tungsten inert gas burner, a laser or an electron beam, to a ledeburitic structure. 25 30
14. A process according to one of the preceding Claims,
characterised in that, with the conversion of the cast matrix into austenite, roughly 80 % of the carbide or more is retained. 35
15. A process for the manufacture of cast parts having ledeburitic surface zone regions,
characterised by the addition of alloying constituents to the alloy before casting in the form of the elements vanadinite and tungsten individually or in combination, with the proportion of the individual elements being 0.1 to 5 % by weight and with the sum of the proportions of the elements contained in combination being up to 10 % by weight, which alter the time/temperature behaviour so that during a per se substantially unaltered casting and cooling operation, ledeburitic surface regions or edge zones are obtained, the casting matrix of which substantially contains bainite. 40 45 50
16. A process according to Claim 15,
characterised by the addition of alloying constituents to the alloy before casting in the form of the elements boron, titanium, tellurium and bismuth individually or in combination, with the percentage of the individual elements being 0.01 to 0.2 % by 55

weight, which alter the time/temperature behaviour in such a manner that during a per se substantially unaltered casting and cooling operation ledeburitic surface regions or edge zones are obtained, the casting matrix of which substantially contains bainite.

17. A process according to Claim 15,
characterised by the addition of alloying constituents to the alloy before casting in the form of the elements copper, nickel and molybdenum individually or in combination with a respective percentage of 0.1 to 8 % by weight, whereby, when these elements are combined, the sum of their percentages is up to 15 % by weight, which alter the time/temperature behaviour in such a manner that during a per se substantially unaltered casting and cooling operation ledeburitic surface regions or edge zones are obtained, the casting matrix of which substantially contains bainite.
18. Wear-resistant cast parts which can be manufactured from a cast iron alloy in accordance with a process specified in Claim 14 having ledeburitic edge zones or surface regions,
characterised by a predominantly bainitic matrix of the ledeburite, which is substantially graphite-free and are embedded in the Fe₃C and/or composite carbides.
19. Cast parts according to Claim 18,
characterised in that the matrix contains austenite and/or martensite constituents apart from the bainite constituents.
20. Cast parts according to Claim 18 or 19,
characterised in that the cast part regions having graphite deposits contain the latter preferably in laminar, vermicular and/or spherical form.
21. Cast parts, which can be manufactured in accordance with a process as specified in one of Claims 15 to 17.
22. Components for the timing gear of internal combustion engines, in particular cam shafts and their oppositely directed parts, such as, for example, levers or tappets, manufactured in accordance with a process specified in one of Claims 14 to 17.

Revendications

1. Procédé de production de pièces coulées résistantes à l'usure à partir d'un alliage de fonte par utilisation de pièces coulées présentant des zones périphériques ou des zones superficielles ledeburtiques et des précipitations de graphite dans

d'autres zones de la pièce de construction, les pièces coulées étant soumises à un traitement thermique en vue de la transformation de la matrice des zones périphériques ou zones superficielles ledeburitiques en bainite, les pièces coulées étant d'abord chauffées à une température d'environ 300 à 700°C au cours d'un processus de chauffage préalable, puis recuites à une température d'austénisation et trempées à une température intermédiaire au moment où d'une part la matrice est sensiblement transformée en austénite mais où d'autre part les carbures de l'alliage ne sont pas encore sensiblement décomposés.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la température, pendant le processus de chauffage préalable, est ajustée dans la plage d'environ 550 à 650°C. 15
3. Procédé selon une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la température au cours du processus de chauffage préalable est maintenue jusqu'à ce qu'une température sensiblement constante se soit ajustée sur la section transversale des pièces coulées. 20 25
4. Procédé selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la trempe s'effectue par introduction des pièces coulées dans un bain chaud. 30
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la température du bain chaud est de 220 à 450°C. 35
6. Procédé selon une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce que les pièces coulées sont traitées dans le bain chaud pendant environ 0,1 à 4 h. 40
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la température du bain chaud est maintenue à un niveau sensiblement constant. 45
8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la température du bain chaud est élevée après l'introduction des pièces de construction. 50
9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la température dans le bain chaud est élevée d'environ 30 à 100°C après l'introduction des pièces de construction. 55
10. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce que le recuit des pièces coulées s'effectue à une température d'austénisation d'environ 800 à 960°C.
11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la température d'austénisation est mainte-

nue pendant environ 3 à 10 min.

12. Procédé selon une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce que la pièce coulée à utiliser est coulée au cours d'un procédé pour fonte trempée en coquille, le cas échéant avec utilisation de refroidisseurs de fer. 5
13. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que des zones superficielles ou le cas échéant des zones périphériques entières de la pièce coulée à utiliser sont fondues en une structure ledeburitique au moyen d'un rayonnement de haute énergie, par exemple d'un chalumeau à tungstène et gaz inerte, d'un laser ou d'un faisceau électronique. 10
14. Procédé selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au cours de la transformation de la matrice de coulée en austénite environ 80 % des carbures ou plus sont conservés. 15
15. Procédé de fabrication de pièces coulées à zones périphériques ledeburitiques, caractérisé par l'addition de composants d'alliage à l'alliage avant la coulée sous la forme des éléments vanadium et tungstène, seuls ou en combinaison, la proportion de chaque élément étant de 0,1 à 5 % en poids et la somme des proportions des éléments contenus en combinaison atteignant jusqu'à 10 % en poids, lesquels éléments modifient le comportement dans le temps/à la température de telle sorte qu'on obtient au cours d'une opération de coulée et de refroidissement sensiblement inchangée en soi des zones superficielles ou des zones périphériques ledeburitiques dont la matrice de coulée contient sensiblement de la bainite. 20 25 30 35 40 45 50
16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé par l'addition de composants d'alliage à l'alliage avant la coulée sous la forme des éléments bore, titane, tellure et bismuth, seuls ou en combinaison, la proportion de chacun des éléments étant de 0,01 à 0,2 %, lesquels éléments modifient le comportement dans le temps/à la température de façon telle qu'on obtient pour une opération de coulée et de refroidissement sensiblement inchangée en soi des zones superficielles ou des zones périphériques ledeburitiques dont la matrice de coulée contient sensiblement de la bainite.
17. Procédé selon la revendication 15, caractérisé par l'addition de composants d'alliage à l'alliage avant la coulée sous la forme des éléments cuivre, nickel et molybdène, seuls ou en combinaison, pour une proportion respective de 0,1 à 8 % en poids, la somme des proportions des éléments utilisés en combinaison atteignant jusqu'à 15 % en poids, les-

quels éléments modifient le comportement dans le temps/à la température de telle sorte qu'on obtient pour une opération de coulée et de refroidissement sensiblement inchangée en soi des zones superficielles ou des zones périphériques ledeburitiques dont la matrice de coulée contient sensiblement de la bainite. 5

18. Pièces coulées résistantes à l'usure, productibles à partir d'un alliage de fonte selon un procédé selon la revendication 14, comportant des zones périphériques ou des zones superficielles ledeburitiques, caractérisées par une matrice sensiblement bainitique de la ledeburite qui est sensiblement exempte de graphite et dans laquelle sont inclus Fe_3C et/ou des carbures mixtes. 10 15
19. Pièces coulées selon la revendication 18, caractérisées en ce que la matrice, outre la proportion de bainite, comprend des proportions d'austénite et/ou de martensite. 20
20. Pièces coulées selon la revendication 18 ou 19, caractérisées en ce que les zones des pièces coulées comportant des précipitations de graphite contiennent ces dernières de préférence sous la forme lamellaire, vermiculaire et/ou sphérique. 25
21. Pièces coulées, productibles selon un procédé selon une des revendications 15 à 17. 30
22. Pièces de construction pour la commande à soupapes de moteurs à combustion, notamment d'arbres à cames et de leurs éléments à mouvement opposé tels que leviers ou poussoirs, fabriquées selon un procédé selon une des revendications 14 à 17. 35

40

45

50

55

