

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 89108131.7

Int. Cl. 4: **C21D 5/00**

Anmeldetag: 05.05.89

Priorität: 23.06.88 DE 3821169

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.12.89 Patentblatt 89/52

Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

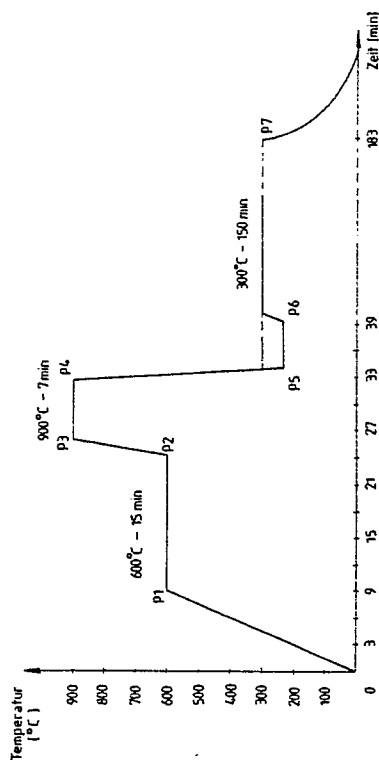
Anmelder: J. Wizemann GmbH & Co.
 Quellenstrasse 7
 D-7000 Stuttgart 50(DE)

Erfinder: Wizemann, Kurt
 Quellenstrasse 7
 D-7000 Stuttgart 50(DE)
 Erfinder: Pepler, Peter, Dr.-Ing.
 Leinackerstrasse 7
 D-7056 Weinstadt(DE)
 Erfinder: Wolf, Gotthard, Dr.-Ing.
 Lodzer Strasse 6
 D-7000 Stuttgart 50(DE)

Vertreter: Hoeger, Stellrecht & Partner
 Uhlandstrasse 14 c
 D-7000 Stuttgart 1(DE)

Verfahren zur Herstellung verschleissfester Gussteile.

Um bei einem Verfahren zur Herstellung verschleißfester Gußteile aus einer Gußeisenlegierung, wobei die Gußteile, die Ledeburitanteile in Randzonen und Graphitausscheidungen umfassen, bei einer Austenitisierungstemperatur geglüht und nachfolgend abgeschreckt werden, Gußteile mit einer verbesserten Verschleißfestigkeit und gleichzeitig einer verbesserten Zugfestigkeit und Dehnungscharakteristik zu erhalten, wird vorgeschlagen, daß das Abschrecken zu einem Zeitpunkt erfolgt, bei dem die Gußmatrix durch das Glühen im wesentlichen in Austenit umgewandelt ist, wobei jedoch die Karbide der Legierung noch im wesentlichen unzersetzt vorliegen.



EP 0 347 568 A2

Verfahren zur Herstellung verschleißfester Gußteile

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.

Ein solches Verfahren ist beispielsweise aus dem Übersichtsartikel von P. Peppler "Schalenhartguß - Eigenschaften und Anwendung" in "Konstruieren + Gießen" (1979, Seite 12 ff.) bekannt. 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 Perlit. 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 bei dem eingangs beschriebenen Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Gußteile 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.

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 ledeburiti-

schen 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 na-

hezu vollständig.

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

Zweckmäßig 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 Gußteils 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 Tem-

peraturbereich 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. ± 20 °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 Wärmebadbehandlungswert 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 Chrom, 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 Chrom, Vanadin und Wolfram lassen sich insbesondere zur Regulierung der Zerfallsbeständigkeit der Eisen- und/oder Mischkarbide in der austenitischen Phase verwenden.

Alternativ hierzu können 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 Umwandlungsscharakteristik der Gußlegierung gezielt zu verändern bzw. das Zeit-Temperaturverhalten 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 bei den verschleißfesten Gußteilen aus einer Gußeisenlegierung mit ledeburitischen Randzonen oder Oberflächenbereichen dadurch erreicht, daß eine überwiegend bainitische Matrix des Ledeburit vorgesehen wird, in der Fe_3C und/oder Mischkarbide eingebettet sind.

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 unterzogen 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 Temperatursgleich im Gußstück (P 2) auf dieser Temperatur 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 strichpunktierter 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 Nachbehandlungstem-

peratur 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 erfindungsgemäß en 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 aufgezwungen 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.

Ansprüche

1. 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, dadurch gekennzeichnet, daß die Gußteile bei einer Austenitisierungstemperatur geglüht und zu einem Zeitpunkt auf eine Zwischenstufentemperatur abgeschreckt werden, zu dem einerseits die Matrix im wesentlichen in Austenit umgewandelt ist und andererseits jedoch die Karbide der Legierung noch im wesentlichen unzersezt vorliegen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Abschrecken durch Einbringen der Gußteile in ein Warmbad erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Warmbades 220 bis 450 ° C beträgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Gußteile ca. 0,1 bis 4 Std. im Warmbad behandelt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Warmbades im wesentlichen konstant gehalten wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Warmbades nach dem Einbringen der Bauteile erhöht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur im Warmbad nach dem Einbringen der Bauteile um ca. 30 bis 100 ° C erhöht wird.

8. 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.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Austenitisierungstemperatur während ca. 3 bis 10 Minuten gehalten wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Glühen bei der Austenitisierungstemperatur ein Aufheizprozeß vorgeschaltet wird, bei dem das Gußteil zunächst auf eine Temperatur von ca. 300 bis 700 ° C aufgeheizt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur während dem Vorheizprozeß im Bereich von ca. 550 bis 650 ° C eingestellt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur beim Vorheizprozeß so lange gehalten wird, bis sich eine im wesentlichen konstante Temperatur über den Gußteilquerschnitt eingestellt hat.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zu verwendende Gußteil im Schalenhartgußverfahren, gegebenenfalls unter Verwendung von Kühlleisen, gegossen ist.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, 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.

15. Verfahren zur Herstellung von Gußteilen mit ledeburitischen Randzonenbereichen, gekennzeichnet 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.

16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gußeisenlegierung verwendet wird, die als Legierungsbestandteile die Elemente Chrom, Vanadin und Wolfram einzeln oder in Kombination enthält, 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.

17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gußeisenlegierung verwendet wird, die als Legierungsbestandteile die Elemente Bor, Titan, Tellur und Wismut einzeln oder in Kombination enthält, wobei der Anteil des einzelnen der Elemente 0,01 bis 0,2 Gew. % beträgt.

18. Verfahren nach einem oder mehreren der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gußeisenlegierung verwendet wird, die als Legierungsbestandteile Kupfer, Nickel und Molybdän einzeln oder in Kombination enthält 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.

19. Verschleißfeste Gußteile aus einer Gußeisenlegierung mit ledeburitischen Randzonen oder Oberflächenbereichen, gekennzeichnet durch eine überwiegend bainitische Matrix des Ledeburit, in der Fe_3C und/oder Mischkarbide eingebettet sind.

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

21. Gußteile nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Gußteile Bereiche mit Graphitausscheidungen umfassen, welche vorzugsweise lamellar, vermikular und/oder kugelig ausgebildet sind.

22. Gußteile nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung einzeln oder in Kombination Chrom, Vanadin und Wolfram mit Gehalten von jeweils 0,1 bis 5 Gew. %, in der Kombination in der Summe bis maximal 10 Gew. % enthält.

23. Gußteile nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung einzeln oder in Kombination Bor, Titan, Tellur und Wismut mit Gehalten von 0,01 bis 0,2 Gew. % umfaßt.

24. Gußteile nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung einzeln oder in Kombination Kupfer, Nickel und Molybdän mit Gehalten von 0,1 bis 8 Gew. %, in der Kombination mit einer Summe der Gehalte bis zu 15 Gew. %, umfaßt.

25. Gußteile nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß sie gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11 wärmebehandelt sind.

26. Gußteile nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß sie durch direktes, gesteuertes Abkühlen nach dem Gießen hergestellt sind, wobei die zeitabhängige Phasen-Umwandlungscharakteristik der verwendeten Gußlegierungen vorzugsweise durch Komponenten wie Nickel, Kupfer, Molybdän und/oder Wolfram zu längeren Umwandlungszeiten hin eingestellt ist.

27. Gußteile nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Bauteile für die Ventilsteuerung von Verbrennungsmotoren, insbesondere Nockenwellen und deren Gegenläufer, wie z.B. Hebel oder Stößel, ausgebildet sind.

