

(19)



REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer: **AT 407 646 B**

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1185/97  
(22) Anmeldetag: 10.07.1997  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.09.2000  
(45) Ausgabetag: 25.05.2001

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **C22C 1/10**

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 0571210A1 US 3929471A

(73) Patentinhaber:  
EISENWERK SULZAU-WERFEN, R. & E.  
WEINBERGER AG  
A-5451 TENNECK, SALZBURG (AT).

(72) Erfinder:  
FEISTRITZER BERNHARD DIPL.ING.  
TENNECK, SALZBURG (AT).  
SCHRÖDER KARL HEINRICH DR.ING.  
ST. MARTIN, SALZBURG (AT).  
WINDHAGER MICHAEL DR.  
ST. GALLEN, STEIERMARK (AT).

(54) BAUTEIL AUS EINEM VERSCHLEISSFESTEN, SCHMELZMETALLURGISCH HERGESTELLTEN WERKSTOFF

**AT 407 646 B**

(57) Die Erfindung betrifft einen Bauteil, Werkzeugkörper oder dergleichen aus einem verschleißfesten Werkstoff, bestehend aus einer metallischen Matrix und in diese eingelagerte metallische Verbindungen sowie einem Verfahren zu deren Herstellung.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß im Bauteil eine heterogene Verteilung der Verbindung(en) vorliegt und im beanspruchten Bereich des Teiles im Gefüge anteilmäßig zumindest 10 Vol.-% durch Verbindungen, deren metallischer Teil aus mindestens einem Element aus den Gruppen IV A und V A des Periodensystemes besteht, gebildet ist und die Verbindungen im Vergleich mit der Matrix eine unterschiedliche Dichte aufweisen.

Die Erfindung betrifft einen Bauteil, Werkzeugkörper oder dergleichen aus einem verschleißfesten, schmelzmetallurgisch hergestellten Werkstoff mit einem Mikrogefüge bestehend aus einer metallischen Matrix und in dieser eingelagert Körner bzw. Partikel aus zumindest einer metallischen Verbindung und zwar aus Karbid und/oder Nitrid und/oder Karbonitrid und/oder Borid und/oder Oxid. Weiters umfaßt die Erfindung ein Verfahren zur schmelzmetallurgischen Herstellung eines Werkstoffes für auf Verschleiß beanspruchte Bauteile, Werkzeugkörper und dergleichen, dessen Mikrogefüge eine metallische Matrix und in diese eingelagerte Körner bzw. Partikel aus zumindest einer metallischen Verbindung aufweist. Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Vorrichtung zur Herstellung von Bauteilen, Werkzeugkörpern und dergleichen mit hohen Anteilen von metallischen Verbindungen in einer metallischen Matrix des Werkstoffes sowie einer Verwendung der Vorrichtung zur Herstellung von Walzen.

Metallische Verbindungen, das sind Verbindungen zwischen mindestens einem metallischen und zumindest einem nichtmetallischen Element, besitzen zumeist eine große Härte, gegebenenfalls über 2000 HV sowie einen hohen Schmelzpunkt, gegebenenfalls über 3000 °C und können deshalb mit steigenden Anteilen in einer Matrix die Verschleißfestigkeit des derart aufgebauten Werkstoffes verbessern. Sintertechnisch sind höchste Gehalte an Verbindungen, den sogenannten Hartstoffen, im Material einstellbar. Die unter Einsatz derartiger Hartstoffpulver gefertigten Sinterkörper, die vorteilhaft als Schneidplättchen als Verschleißteile mit höchsten Beanspruchungen und dergleichen Werkzeugkomponenten Verwendung finden, sind jedoch in ihren Abmessungen begrenzt, bedingen eine aufwendige Herstellung und besitzen hohe Materialsprödigkeit.

Verbindungen von metallischen mit nichtmetallischen Elementen in einer metallischen Matrix können auch einerseits schmelzmetallurgisch durch Ausscheidung aus einer Schmelze gebildet werden, wenn beim Legieren und/oder Abkühlen und Erstarren einer legierten Metallschmelze in dieser das Löslichkeitsprodukt von zwei zueinander affinen Elementen einen für diese charakteristischen Wert überschreitet und sogenannte primär ausgeschiedene metallische Verbindungen entstehen, die eingelagert werden und letztlich wiederum die Verschleißfestigkeit des Werkstoffes verbessern. Andererseits sind durch Wärmebehandlungsvorgänge feine Ausscheidungen von Verbindungen erstellbar, welche jedoch vorwiegend eine Erhöhung der Matrixhärte bewirken.

Die wichtigsten Werkstoffe mit hoher Schneidhaltigkeit sowie Verschleißfestigkeit stellen die ledeburitischen Stähle, insbesondere die Schnellarbeitsstähle dar. Bauteile oder Schneid- und Umformwerkzeuge aus diesen Stählen, in welchen gefügemäßig in einer metallischen Matrix mit hoher Härte Karbide bzw. Karbidkörner in einem Ausmaß von mindestens 5 Vol.-% und üblicherweise weniger als 25 Vol.-% vorliegen, sind seit langem in Verwendung und bilden in diesem Sektor den Stand der Technik. Beispielsweise werden Schnellstahllegierungen mit üblichen Zusammensetzungen zumeist schmelzmetallurgisch hergestellt und beinhalten neben Kohlenstoff mit Konzentrationen bis ca. 1,5 Gew.-%, die für ein Erreichen der gewünschten Materialeigenschaften wichtigen karbidbildenden metallischen Elemente Chrom, Molybdän und/oder Wolfram sowie Vanadin, gegebenenfalls in geringen Mengen Titan und/oder Niob und in manchen Fällen zur Verbesserung der Matrixzähigkeit Kobalt.

Bei einer Erstellung des Schnellstahl - Werkstoffes sind die Konzentration der jeweiligen metallischen Legierungselemente und die des Kohlenstoffes in der Schmelze hinsichtlich deren Aktivität und Affinität zueinander genau abzustimmen, um einerseits zur Steigerung der Verschleißfestigkeit einen möglichst hohen Karbidanteil bei geringer Karbidkorngröße im erstarrten Teil oder Vormaterial zu erreichen und um andererseits mit diesem hohen Karbidanteil noch eine ausreichende Warmumformbarkeit des Material sicher zu stellen.

Aus der US-3 929 471 A ist beispielsweise ein Schnellstahl mit hohem Verschleißwiderstand bekannt, welcher ein Gefüge aus einer Eisenmatrix mit eingelagerten primären Vanadin-Niob-Mischkarbiden aufweist. Eine Vanadin-Niob-Mischkarbidform wird gewählt, weil sich dadurch diese metallische Verbindung mit gleicher Dichte, wie diese die Schmelze besitzt, ausbildet.

Zur weiteren Erhöhung des Verschleißwiderstandes von Bauteilen, insbesondere von Sendzimir-Arbeitswalzen, wurde gemäß der US-3 929 518 A vorgeschlagen, bei Vanadin- und Niobgehalten von bis 12,0 % bzw. bis 10,0 % hohe Kohlenstoffgehalte von bis 6,3 % im Stahl vorzusehen, um neben einem hohen Vanadin-Niob-Mischkarbidanteil größere Mengen an Zementit, also Eisenkarbid, in der Matrix zu erhalten. Dabei kann auch zur Erhöhung der Festigkeit und Härte das Matrixmetall mit den für Schnellstahl üblichen Elementen legiert sein.

Um geringe Karbidkorngrößen im Matrixmetall eines Werkstoffes sicherzustellen, wurde schon angeregt (US-4 717 537 A), eine Vorlegierung mit hohem Karbidanteil herzustellen und diese Vorlegierung der Schmelze, die für die Herstellung des Bauteiles verwendet wird, zuzusetzen.

Aus der WO-94/11541 A1 ist ein weiterer Weg zur Herstellung von karbidhaltigen Werkstoffen bekannt geworden, wobei feste Karbidteilchen in eine Schmelze eingebracht und dieses Gemisch erstarren gelassen wird. Vorzugsweise weisen der homogenen Verteilung wegen die legierten Karbidteilchen die gleiche Dichte wie die Schmelze auf und sind, um die Benetzbarkeit in dieser zu verbessern, oberflächenbeschichtet.

Eine Herstellung von Werkzeugkörpern, deren Zentral- und Oberflächenbereich unterschiedliche Eigenschaften aufweisen sollen, zum Beispiel Kaltwalzen, soll gemäß US 4 484 959 A derart vorgenommen werden, daß auf einen niedrig legierten Baustahlkern eine Hartschicht aus Schnellstahl, vorzugsweise mit den Legierungselementen Kohlenstoff, Chrom und Wolfram oder Chrom und Wolfram, aufgebracht wird, wobei eine pulvermetallurgische Aufbringung durch Schweißen, insbesondere mit Plasmalichtbogen oder Laserbrenner, erfolgt.

Weiters ist eine Verbundwalze aus der DE-4 019 845 A1 bekannt, welche eine vorzugsweise durch einen Elektroschlacke-Aufschweißprozeß erstellte äußere Lage bzw. Arbeitslage mit Druckspannungen aufweist.

Alle Bauteile, Werkzeugkörper oder dergleichen Anlagen- sowie Maschinenkomponenten aus einem verschleißfesten, schmelzmetallurgisch hergestellten Werkstoff mit eingelagerten Körnern oder Partikeln aus zumindest einer metallischen Verbindung haben die Nachteile gemeinsam, daß einerseits in den auf Verschleiß beanspruchten Bereichen die Konzentration von Hartstoffteilchen in der Matrix aus Herstellungsgründen begrenzt ist und andererseits dem unterschiedlichen mechanischen Anforderungsprofil an den Bauteil nicht im ausreichenden Maße entsprochen werden kann. Dies ist auch dadurch begründet, daß getrachtet wird, legierungstechnisch die Dichte der Verbindung an die Dichte des Matrixmetalles anzugleichen bzw. anzupassen, um durchwegs eine homogene Verteilung der Verbindungen im Werkstoff einzustellen. Für Bauteile und Werkzeugkörper kann diese homogene Struktur im Hinblick auf deren örtliche Beanspruchung oft wenig zielführend sein. Beispielsweise soll eine Walze oder ein Rohr in den oberflächlich auf Verschleiß beanspruchten Bereichen eine hohe Konzentration von Hartstoffteilchen im Werkstoff aufweisen, wogegen in den die Biege- oder Torsionsspannungen aufnehmenden Segmenten der Anteil an Hartstoffpartikeln gering zu halten ist.

Um dem verschiedenartigen Anforderungsprofil Rechnung zu tragen, aber auch aus wirtschaftlichen Gründen werden in besonderen Verformungsanlagen Verbundwalzen eingesetzt. Eine Herstellung derartiger Walzen erfolgt zumeist mittels eines Schleudergießverfahrens oder eines Verbundgießverfahrens.

Aus verfahrenstechnischen bzw. Herstellgründen ist eine hohe, bestimmte Werte überschreitende Konzentration von Körnern bzw. Partikeln aus metallischen Verbindungen in Metallschmelzen nachteilig. Einerseits ist die Gießbarkeit der Schmelze mit steigendem Festpartikelanteil beeinträchtigt, wodurch Herstellungsprobleme für das Vormaterial oder die Bauteile entstehen, andererseits können, des sinkenden Löslichkeitsproduktes wegen, beim Abkühlen auf Erstarrungstemperatur die primär ausgeschiedenen metallischen Verbindungen oder Verbindungsteile weiter wachsen oder aneinander ankrystallisieren, was zu Inhomogenitäten bzw. zu Stellen besonderer Sprödigkeit im Material führt.

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen und stellt sich die Aufgabe, die Nachteile des gattungsgemäßen Standes der Technik zu beseitigen und verbesserte Bauteile, Werkzeugkörper und dergleichen sowie ein vorteilhaftes Verfahren mit einer Vorrichtung zu deren Herstellung anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß im Bauteil eine heterogene Verteilung der Verbindung(en) vorliegt und daß zumindest in dem (den) auf Verschleiß beanspruchten Bereich(en) des Teiles oder Körpers der Werkstoff bzw. dessen Gefüge anteilmäßig zumindest zu 10 Vol.-%, vorzugsweise zumindest zu 15 Vol.-%, insbesondere zu über 22 Vol.-% durch eine oder mehrere Verbindung(en), deren metallischer Teil aus mindestens einem Element aus den Gruppen IV A und V A des Periodensystems besteht, gebildet ist und die Verbindung(en) im Vergleich mit der Matrix eine unterschiedliche Dichte aufweist (aufweisen).

Die durch die Erfindung erzielten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, daß die metallischen Elemente aus den Gruppen IV A und V A des Periodensystems mit Nichtmetallen harte und

hochschmelzende Verbindungen bilden können, welche bei Gehalten über 10 Vol.-% die Verschleißfestigkeit eines Werkstoffes sprunghaft erhöhen. Diese Metalle haben weiters eine hohe Affinität gegenüber Kohlenstoff, Stickstoff, Bor und Sauerstoff, so daß deren Verbindungen auch in einer Schmelze bzw. Matrix, welche eine niedrige Konzentration obiger nichtmetallischer Elemente aufweist, hohe Beständigkeit besitzen. Dadurch kann die Matrixzusammensetzung weitgehend unabhängig gewählt und den übrigen Anforderungen an das Teil angepaßt werden. Besonders wichtig ist dabei, daß die Metallkomponente der Verbindung aus mehreren Elementen legierungstechnisch gebildet werden kann und dadurch die Dichte der Verbindungen einstellbar ist. Auch die Konfiguration der Teilchen ist legierungstechnisch, wie gefunden wurde, über deren Atomstruktur beeinflussbar, wodurch die Packung der Partikel in der Matrix und damit die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes verbessert werden können.

Besonders vorteilhaft ist, wenn der Dichteunterschied zwischen Verbindung(en) und Matrix mindestens  $21 \text{ kg/m}^3$ , vorzugsweise mindestens  $61 \text{ kg/m}^3$ , insbesondere mindestens  $101 \text{ kg/m}^3$  beträgt, weil dadurch gute Verschleißigenschaften in den Arbeitszonen des Teiles mit hoher Homogenität erreichbar sind. Dabei ist es weiters günstig, wenn der Anteil an Körnern bzw. Partikeln der Verbindung(en) im Bereich der Verschleißbeanspruchung des Bauteiles erhöht ist.

Um bei hoher Verschleißfestigkeit gute mechanische Eigenschaften in der beanspruchten Zone des Teiles oder Werkzeuges zu erreichen, kann es von Vorteil sein, wenn der mittlere Durchmesser der Körner bzw. Partikel der Verbindung(en) in der Matrix geringer als  $200 \mu\text{m}$ , vorzugsweise geringer als  $50 \mu\text{m}$ , insbesondere unter  $20 \mu\text{m}$ , ist.

Wenn die Matrix durch eine Eisenbasislegierung gebildet ist, können, legierungstechnisch weitgehend unabhängig von den metallischen Verbindungen, bevorzugte Voraussetzungen für ein thermisches Vergüten des Teiles geschaffen werden. Somit sind auch hohe Matrixhärten erreichbar, was den Einsatzbereich von erfindungsgemäßen Teilen wesentlich erweitert.

Wenn die Matrix aus einer Nickelbasis oder Kobaltbasis gebildet ist, sind besondere Korrosionsvorteile und hohe Warmfestigkeitswerte des Werkstoffes erreichbar.

Die verfahrenstechnische Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, daß in eine Metallschmelze Körner bzw. Partikel aus mindestens einer Verbindung, deren metallischer Teil aus mindestens einem Element aus den Gruppen IV A und V A des Periodensystems besteht und im Vergleich mit der Schmelze eine unterschiedliche Dichte besitzt, eingebracht oder in dieser durch Reaktion gebildet und in Teilbereichen konzentriert werden, mit anteilmäßig zumindest 10 Vol.-% mindestens einer Verbindung, worauf die Schmelze erstarren gelassen wird. Die dadurch erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin begründet, daß feine eigenständige Körner eingebracht oder gebildet und gegebenenfalls auf Grund des Dichteunterschiedes in der Schmelze ungleich verteilt werden, ohne daß der hohen Affinität dieser Metalle zu Kohlenstoff, Stickstoff, Bor und Sauerstoff wegen, zum Beispiel durch eine Abkühlung von hohen Temperaturen, infolge der sinkenden Löslichkeit grobe Partikel, welche letztlich die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes nachteilig beeinflussen können, entstehen.

Besonders günstig für die Gebrauchseigenschaften des Erzeugnisses ist dabei, wenn eine örtliche Konzentration der Körner bzw. Partikel der metallischen Verbindung(en) in der Schmelze in den auf Verschleiß beanspruchten Bereichen der Teile bzw. Körper durch den Unterschied in deren Dichte bzw. durch eine Schwerkraftsteigerung bewirkt wird.

Dadurch ist die Möglichkeit geschaffen, in einem, aus einer Schmelze erstarrten Gegenstand nur in Bereichen mit hauptsächlich abrasiver Belastung hohe Hartstoffanteile einzustellen, wohingegen im restlichen Gegenstandsvolumen eine äußerst niedrige Verbindungskonzentration in der Matrix gegeben ist und der Übergang keinerlei Bruchgefahr darstellt.

Dabei hat es sich als besonders günstig herausgestellt, wenn legierungstechnisch die Dichte der Körner bzw. Partikel im Hinblick auf die Dichte der die Matrix bildenden Schmelze derart eingestellt wird, daß diese durch die Wirkung der Schwerkraft oder Zentrifugalbeschleunigung in jenen Bereichen des Bauteiles oder Werkzeugkörpers konzentriert werden, welche letztlich insbesondere auf Verschleiß beansprucht sind.

Wenn, wie weiters vorteilhaft vorgesehen, eine Konzentration der Teilchen bzw. Partikel in der Schmelze durch eine Zentrifugalbeschleunigung erfolgt, sind auf besonders einfache Weise hohe Anteile an Hartstoffpartikel in der Matrix erreichbar. Auch bei geringen Dichteunterschieden von Schmelze und Hartstoffteilchen kann durch eine technisch leicht zu bewerkstellende hohe

Zentrifugalbeschleunigung eine rasche Teilchenbewegung bewirkt werden. Eine möglichst rasche Teilchenanreicherung gegebenenfalls mit gegenseitiger Abstützung derselben ist im Hinblick auf den Erstarrungsfortschritt der Restschmelze wichtig.

Es können die mechanischen Eigenschaften, insbesondere die Zähigkeit, der hoch auf Abrasion beanspruchten Bauteil- oder Werkzeugzonen verbessert werden, wenn die Teilchen der metallischen Verbindung(en) mit einem Korndurchmesser bzw. einer Korngröße von höchstens 200 µm in die Schmelze eingebracht oder gebildet werden, wobei vorteilhaft ist, wenn ein Anteil der Verbindungsteilchen in der insbesondere auf Verschleiß beanspruchten Zone des Körpers oder Bauteiles von zumindest 15 Vol.-%, insbesondere von mehr als 22 Vol.-% eingestellt wird.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von rotationssymmetrischen Bauteilen, Werkzeugkörpern und dergleichen Anlagekomponenten nach dem Schleudergußverfahren in einer Kokille ist dadurch gekennzeichnet, daß die Kokille(n) mit einer derartigen Geschwindigkeit rotierbar ist(sind), daß die darinnen befindliche oder in diese eingebrachte, gegebenenfalls legierte Metallschmelze, enthaltend Körner oder Teilchen einer Verbindung von Kohlenstoff und/oder Stickstoff und/oder Kohlenstoff und Stickstoff und/oder Bor und/oder Sauerstoff, mit einem oder mehreren Elementen aus den Gruppen IV A und V A des Periodensystems mit im Vergleich mit der Metallschmelze unterschiedlicher Dichte einer derartigen Radialbeschleunigung aussetzbar sind, daß eine Desintegration und folglich eine Konzentration von Verbindungsteilchen von mindestens 10 Vol.-% in den für eine hohe Verschleißbeanspruchung vorgesehenen Bau- oder Werkzeugteilen erfolgt.

Durch eine derartige Vorrichtung ist es möglich, die Teilchen der metallischen Verbindung, wenn diese schwerer sind als die Matrixschmelze, außen, bzw. wenn diese leichter sind, innen zu konzentrieren. Es kann somit in vorteilhafter Weise der Bauteil oder Werkzeugkörper an dessen örtliche Verschleißbeanspruchung angepaßt werden.

Besonders günstig ist die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens für eine Herstellung von Walzenkörpern mit besonders verschleißfestem Arbeitsbereich. Derartige Walzen mit hoher Hartstoffkonzentration im Bereich der Ballenoberfläche können vorteilhaft sowohl für ein Verformen von metallischen Werkstoffen, vorzugsweise bei erhöhter Temperatur, als auch zum Zerkleinern von Gestein wie lava-, granit-, kalk- oder wertstoffhaltigem Gestein eingesetzt werden.

Verbundwalzen, die vorteilhaft in einer Rotationsvorrichtung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden, sind nicht nur in ihren Gebrauchseigenschaften wesentlich verbessert, sondern es besteht auch überragende wirtschaftliche Nutzbarkeit derartig gefertigter Werkzeugkörper.

Weiters ist, wie sich zeigte, eine erfindungsgemäße Herstellung eines Rohrkörpers bzw. Rohres mit verschleißfesten inneren und/oder äußeren Oberflächenbereichen durch eine Hartstoffanreicherung möglich, wobei derartige Rohre zum Transport oder im Einsatz bei abrasiven Schlämmen günstig verwendbar sind.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich jeweils einen Ausführungsweg darstellenden Beispielen erläutert:

Anhand von Gefügebildern, in welchen die metallischen Verbindungen bzw. Hartstoffpartikel hell und die metallische Matrix dunkel erscheinen, werden Ergebnisse von Vorversuchen dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen Übergang in einen Bereich mit hoher Konzentration von Verbindungsteilchen

Fig. 2 gerundete Metallkarbidteilchen

Fig. 3 Größere, primär aus einer Schmelze ausgeschiedene und feinere, sekundär durch eine Wärmebehandlung ausgeschiedene Karbide in einer metallischen Matrix

#### Vorversuche

Einer beruhigten und in Bewegung gehaltenen Eisenschmelze mit 20 Gew.-% Niob wurden ca. 3 Gew.-% Kohlenstoff zulegiert. Die Schmelze und die in dieser gebildeten Niobkarbid-Verbindungen wurden einer Beschleunigung von 86-facher Erdbeschleunigung ausgesetzt und erstarren gelassen.

In einem Querschnitt eines Probekörpers war - wie in Fig. 1 dargestellt - eine Konzentration von Niobkarbiden im Außenbereich des Versuchsringes mit einem Ausmaß von 39 Vol.-%

gegeben, wohingegen der abgegrenzte Innenbereich lediglich geringe Karbidgehalte aufwies.

Weil aus Gründen der Gitterstruktur von Niobkarbid diese scharfkantig und vorzugsweise in bestimmte Richtungen orientiert gebildet wird, wurde durch Zulegieren von Vanadin im gegebenen Fall von 1,9 Vol.-% die Konfiguration der Körner in Richtung Kugelform geändert, was größere Packungsdichten in einer Matrix ermöglicht. Derartig erstellte Karbidkörner zeigt Fig. 2.

Nach einer Vergütung mittels einer auf eine härtbare Legierung der Matrix abgestimmten Wärmebehandlung können in dieser neben den primär ausgeschiedenen Karbiden auch feine, sogenannte sekundäre Karbide ausgebildet sein, wie dies aus Fig. 3 im Bereich einer Übergangszone der Teilchenkonzentration ersichtlich ist.

#### Beispiel 1:

In eine Schmelze in einem Induktionsofen mit einer Zusammensetzung in Gew.-% von C = 0,95, Si = 0,50, Mn = 0,80, Al = 0,03, Rest Eisen und Begleitelemente wurde Niobkarbidpulver mittels einer Lanze unter Verwendung von Argon eingeblasen, wobei eine Temperatur von 1580 °C im wesentlichen konstant gehalten wurde. Die Niobkarbidpulverteilchen hatten einen mittleren Durchmesser von 60 µm. Nach einem Abgießen des Stahles in eine Pfanne und einem Einbringen desselben in eine Schleudergußkokille wurde die Schmelze einer Zentrifugalbeschleunigung von 60 mal der Erdbeschleunigung ausgesetzt und erstarren gelassen. Eine Untersuchung des Schleudergußrohrs ergab, daß im Bereich der Außenoberfläche eine Niobkarbidkonzentration von 42 % in einer Stahlmatrix, welche im wesentlichen die gleichen Legierungsgehalte wie eingangs eingestellt aufwies, vorlag, wobei ein gleicher mittlerer Karbidkorndurchmesser von 60 µm der Hartstoffpackung gegeben war. In Richtung zur Innenoberfläche des Rohres war nach der Schicht mit weitgehend gleich hoher Teilchenkonzentration ein steiler Abfall des Karbidgehaltes in der Matrix festzustellen, wobei der Bereich des Rohrkörpers an der Innenoberfläche keine wesentlichen Karbidanteile aufwies.

#### Beispiel 2:

Eine Schmelze mit, in Gew.-%, 0,02 C, 0,85 Si, 0,35 Mn, 0,80 Cr, 0,96 % Ni, 2,1 Mo, 12,2 % V wurde in einem Induktionsofen bei einer Temperatur von 1595 °C durch übliche Aufkohlungsmittel auf einen Gesamt-Kohlenstoffgehalt von 2,85 Gew.-% aufgekocht. Anschließend erfolgte eine Herstellung von Gußrohren nach dem Schleudergußverfahren mit einer Zentrifugalbeschleunigung von 95 mal der Erdbeschleunigung. Die Gußrohre, die nach der Herstellung einer Wärmebehandlung unterworfen wurden, hatten im Bereich der Innenoberfläche eine Konzentration von Vanadinkarbiden im Ausmaß von 39 Vol.-% in einer zähen Matrix, wobei die Matrix an der Rohraußenoberfläche im wesentlichen karbidfrei vorlag. Die Rohre wurden für den Abtransport von granulierter Schlacke in einem Kupferschmelzwerk eingesetzt, wobei deren Haltbarkeit bis zum bodenseitigen Durchscheuern im Vergleich zu karbidfreien Rohren das Zwölfwache betrug.

#### Beispiel 3:

In eine Schmelze mit einer Zusammensetzung von 2,85 % C, 0,45 % Si, 0,53 % Mn, 5,2 % Cr, 3,1 % Mo, 1,8 % W, 4,3 % Co, 0,08 % Al, Rest Eisen und Begleitelemente wurde mittels eines Drahteinspulverfahrens Ferroniob mit einem Tantalgehalt von 12 Gew.-% und Ferrovanadin in einem Verhältnis von 100 zu 6 eingebracht. Mit dieser derartig behandelten Schmelze erfolgte nach dem Schleudergußverfahren die Herstellung der Arbeitszone einer Verbundwalze für eine Blecherzeugung. Nach einer Bearbeitung und einer Wärmebehandlung des Walzenkörpers erfolgte eine Untersuchung von vorgesehenen Probenbereichen, wobei in der oberflächennahen Zone der Walze feine Niob-Tantal-Vanadin-Karbide in homogener Verteilung in der Matrix vorlagen. Diese, im Vergleich mit der Matrix schwereren, Mischkarbide waren durch die legierungstechnische Maßnahme gerundet ausgebildet und bildeten im wesentlichen eine sogenannte Kugelpackung. Mit derartigen Walzen war es möglich, die Leistung um ein Vielfaches zu steigern.

#### Beispiel 4:

Quetschplatten wurden im Sandgußverfahren mit leicht exothermem Formstoff mit einer Legierung der Arbeitszone von 3,81 % C, 0,40 % Si, 0,82 % Mn, 14,2 % Cr, 0,8 % Mo, 18,2 % Nb + Ta, 1,4 % V, Rest Eisen und Begleitelemente bei Ausrichtung der Arbeitsfläche nach unten

hergestellt, durch Schleifen bearbeitet und thermisch vergütet. Ein praktischer Einsatz dieser Platten erfolgte sowohl bei einer Zerkleinerung von Lava und Kalkgestein als auch bei einer Gesteinsaufbereitung im Quarzbergbau. Durch eine homogene und bis zu 46 Vol.-% und höher reichende Karbidmenge in feiner Konfiguration in einer härtbaren Matrix im Bereich der Arbeitsfläche konnte die Haltbarkeit derartiger Brecherkomponenten wesentlich gesteigert werden.

#### Beispiel 5:

In einer Nickelbasislegierung vom Typ Hastelloy N erfolgte eine Einbringung von Titan-Vanadin-Karbonitriden. Aus dieser Legierung wurden für die Nuklearindustrie Schleudergußrohre mit hoher innerer Verschleißbeanspruchung hergestellt. Eine Erprobung der Rohre, welche im Bereich der Innenoberfläche hohe Anteile an einer Ti-V-Verbindung aufwiesen und die Feststellung des wesentlich verminderten Verschleißverhaltens führte, zu einer Erweiterung des Inspektionszeitraumes um das 3-fache.

Weitere Untersuchungen an Erzeugnissen mit Karbiden, Nitriden, Boriden und Oxiden der Elemente aus den Gruppen IV A und V A des Periodensystems zeigten eine vorteilhafte Wirkung dieser im Vergleich mit der Matrix unterschiedliche Dichte aufweisenden und daher kompaktierbaren Verbindungen auf das Verschleißverhalten von Bauteilen und Werkzeugkörpern.

### PATENTANSPRÜCHE:

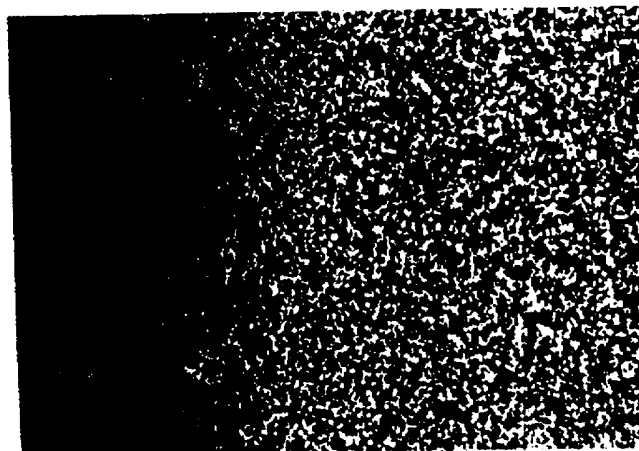
1. Bauteil, Werkzeugkörper oder dergleichen aus einem verschleißfesten, schmelzmetallurgisch hergestellten Werkstoff mit einem Mikrogefüge, bestehend aus einer metallischen Matrix und in dieser eingelagert Körner bzw. Partikel aus zumindest einer metallischen Verbindung und zwar aus Karbid und/oder Nitrid und/oder Karbonitrid und/oder Borid und/oder Oxid, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Bauteil eine heterogene Verteilung der Verbindung(en) vorliegt und daß zumindest in dem(den) auf Verschleiß beanspruchten Bereich(en) des Teiles oder Körpers der Werkstoff bzw. dessen Gefüge anteilmäßig zumindest zu 10 Vol.-%, vorzugsweise zumindest zu 15 Vol.-%, insbesondere zu über 22 Vol.-% durch eine oder mehrere Verbindung(en), deren metallischer Teil aus mindestens einem Element aus den Gruppen IV A und V A des Periodensystems besteht, gebildet ist und die Verbindung(en) im Vergleich mit der Matrix eine unterschiedliche Dichte aufweist(aufweisen).
2. Bauteil, Werkzeugkörper oder dergleichen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dichteunterschied zwischen Verbindung(en) und Matrix mindestens  $21 \text{ kg/m}^3$ , vorzugsweise mindestens  $61 \text{ kg/m}^3$ , insbesondere mindestens  $101 \text{ kg/m}^3$ , beträgt.
3. Bauteil, Werkzeugkörper oder dergleichen nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der mittlere Durchmesser der Körner bzw. Partikel der Verbindung(en) in der Matrix geringer als  $200 \text{ }\mu\text{m}$ , vorzugsweise geringer als  $50 \text{ }\mu\text{m}$ , insbesondere unter  $20 \text{ }\mu\text{m}$ , ist.
4. Bauteil, Werkzeugkörper oder dergleichen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Matrix durch eine Eisenbasislegierung gebildet ist.
5. Bauteil, Werkzeugkörper oder dergleichen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Matrix durch eine Nickelbasis- oder Kobaltbasislegierung gebildet ist.
6. Verfahren zur schmelzmetallurgischen Herstellung eines Werkstoffes für auf Verschleiß beanspruchte Bauteile, Werkzeugkörper oder dergleichen, dessen Mikrogefüge eine metallische Matrix und in diese eingelagerte Körner bzw. Partikel aus zumindest einer metallischen Verbindung und zwar aus Karbid und/oder Nitrid und/oder Karbonitrid und/oder Borid und/oder Oxid aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in eine Metallschmelze Körner bzw. Partikel aus mindestens einer Verbindung, deren metallischer Teil aus mindestens einem Element aus den Gruppen IV A und V A des Periodensystems besteht und im Vergleich mit der Schmelze eine unterschiedliche Dichte besitzt, eingebracht oder in dieser durch Reaktion gebildet und in Teilbereichen konzentriert werden, worauf die Schmelze mit anteilmäßig zumindest 10 Vol.-% mindestens einer Verbindung

erstarren gelassen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Konzentration der Körner bzw. Partikel der metallischen Verbindung(en) in der Schmelze in den auf Verschleiß beanspruchten Bereichen der Teile bzw. Körper durch den Unterschied in deren Dichte bzw. durch eine Schwerkraftseigerung bewirkt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß legierungstechnisch die Dichte der Körner bzw. Partikel im Hinblick auf die Dichte der die Matrix bildende Schmelze derart eingestellt wird, daß diese durch die Wirkung der Schwerkraft oder Beschleunigung in jenen Bereichen des Bauteils oder Werkzeugkörpers konzentriert werden, welche letztlich insbesondere auf Verschleiß beansprucht sind.
9. Verfahren nach Anspruch 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Konzentration der Teilchen bzw. Partikel in der Schmelze durch eine Zentrifugalbeschleunigung erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilchen der metallischen Verbindung(en) mit einem Korndurchmesser bzw. einer Korngröße von höchstens 200 µm in die Schmelze eingebracht werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Anteil der Verbindungsteilchen in der insbesondere auf Verschleiß beanspruchten Zone des Körpers oder Bauteiles von zumindest 15 Vol.-%, insbesondere von mehr als 22 Vol.-% eingestellt wird.
12. Vorrichtung zur Herstellung von rotationssymmetrischen Bauteilen, Werkzeugkörpern und dergleichen Anlagenkomponenten nach dem Schleudergußverfahren in einer Kokille mit hohem Anteil von metallischen Verbindungen in einer Matrix, insbesondere gemäß den Ansprüchen 1 bis 5 sowie zur Durchführung des Verfahrens gemäß den Ansprüchen 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kokille(n) mit einer derartigen Geschwindigkeit rotierbar ist(sind), daß die darinnen befindliche oder in diese eingebrachte, gegebenenfalls legierte Metallschmelze, enthaltend Körner oder Teilchen einer Verbindung von Kohlenstoff und/oder Stickstoff und/oder Kohlenstoff und Stickstoff und/oder Bor und/oder Sauerstoff, mit einem oder mehreren Elementen aus den Gruppen IV A und V A des Periodensystems mit im Vergleich mit der Metallschmelze unterschiedlicher Dichte einer derartigen Radialbeschleunigung aussetzbar sind, daß eine Desintegration und folglich eine Konzentration von Verbindungsteilchen von mindestens 10 Vol.-% in den für eine hohe Verschleißbeanspruchung vorgesehenen Bau oder- Werkzeugteilen erfolgt.
13. Verwendung einer Vorrichtung gemäß Anspruch 12 sowie insbesondere eines Verfahrens gemäß den Ansprüchen 6 bis 11 zur Herstellung von Walzen, insbesondere von Verbundwalzen, mit besonders verschleißfestem Arbeitsbereich für ein Verformen von metallischen Werkstoffen bei Raumtemperatur und vorzugsweise erhöhter Temperatur.
14. Verwendung einer Vorrichtung gemäß Anspruch 12 sowie insbesondere eines Verfahrens gemäß den Ansprüchen 6 bis 11 zur Herstellung eines Rohrkörpers bzw. eines Rohres mit verschleißfestem inneren und/oder äußeren Oberflächenbereich.

## HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

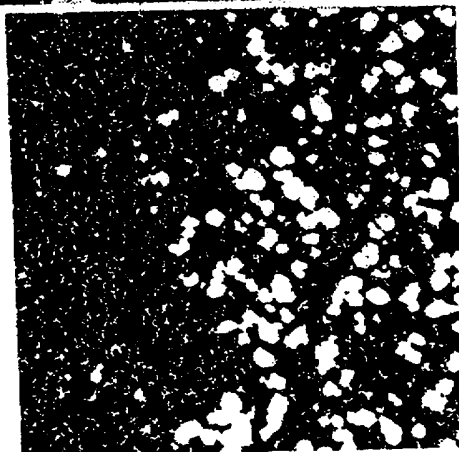




*Fig. 1*



*Fig. 2*



*Fig. 3*