



(10) **DE 11 2009 002 204 T5** 2011.07.07

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2010/036569**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2009 002 204.9**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2009/057425**  
(86) PCT-Anmeldetag: **18.09.2009**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **01.04.2010**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **07.07.2011**

(51) Int Cl.: **E21B 10/36** (2006.01)  
**C22C 29/02** (2006.01)  
**C23C 16/00** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**61/099,906**                      **24.09.2008**      **US**

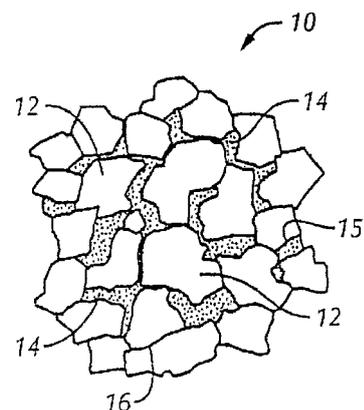
(71) Anmelder:  
**Smith International, Inc., Tex., Houston, US**

(74) Vertreter:  
**Diehl & Partner GbR, 80333, München, DE**

(72) Erfinder:  
**Keshavan, Madapusi K., Tex., The Woodlands,  
US; Liang, Dah-Ben, Tex., The Woodlands, US**

(54) Bezeichnung: **Neuartiges Hartmetall für eine Verwendung bei Erdöl- und Gasbohrungen**

(57) Hauptanspruch: Untertagebohrmeißel, der umfasst:  
eine Vielzahl von Schneidelementen, die auf eine Schneid-  
struktur montiert sind, wobei mindestens eines der Vielzahl  
von Schneidelementen ein verschleißfestes Material um-  
fasst, wobei das verschleißfeste Material grobe Körner um-  
fasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind,  
wobei die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Na-  
noteilchen umfasst.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die hierin offenbarten Ausführungen betreffen im Großen und Ganzen Hartmetallverbundwerkstoffe, die in Bohrmeißeln eingesetzt werden.

## Technischer Hintergrund

**[0002]** Konventionelle Bohrsysteme, die in der Erdöl- und Gassowie Bergbauindustrie eingesetzt werden, um Bohrlöcher durch Erdformationen zu bohren, schließen eine Bohranlage ein, die für das Drehen eines sich nach unten erstreckenden Bohrgestänges in ein Bohrloch benutzt wird. Ein Bohrmeißel ist typischerweise mit dem distalen Ende des Bohrgestänges verbunden und so konstruiert, dass er die Erdformation auf seinem Weg aufricht, wenn er unter einer angewandten Last gedreht wird. Typischerweise wird Bohrspülung oder Luft durch das Bohrrohr und den Bohrmeißel gepumpt, um Bohrklein vom Meißel während des Bohrens weg und bis zu einem Ringspalt zu bewegen, der zwischen dem Bohrgestänge und der Wand des Bohrloches gebildet wird.

**[0003]** Die für ein Bohren von Bohrlöchern durch Erdformationen eingesetzten Bohrmeißel werden im Großen und Ganzen innerhalb einer von zwei breiten Kategorien von Meißelkonstruktionen hergestellt. Die Bohrmeißel in der ersten Kategorie sind im Großen und Ganzen als "Meißel mit feststehenden Schneiden" oder "Blattmeißel" bekannt, die im Allgemeinen einen aus Stahl oder einem anderen hochfesten Grundmaterial (z. B. Wolframkarbid) hergestellten Meißelkörper und eine Vielzahl von in ausgewählten Positionen um den Meißelkörper angeordneten Schneidelementen einschließen. Die Schneidelemente sind typischerweise mit einer Diamant- oder einer anderen ultraharten Schneidschicht ausgebildet, die auf einem Substrat aus Wolframkarbid angeordnet ist.

**[0004]** Auf die Bohrmeißel der zweiten Kategorie bezieht man sich typischerweise als "Rollenmeißel", die einen Meißelkörper mit einem oder mehr Rollenkonen einschließen, der drehbar am Meißelkörper montiert ist. Der Meißelkörper wird typischerweise aus Stahl oder einem anderen hochfesten Material hergestellt. Die Rollenkonen werden typischerweise ebenfalls aus Stahl oder einem anderen hochfesten Material hergestellt und schließen eine Vielzahl von in ausgewählten Positionen um den Konus angeordneten Schneidelementen ein. Die Schneidelemente können aus dem gleichen Grundmaterial wie der Konus hergestellt werden. Auf diese Meißel bezieht man sich typischerweise als "gefräste Zahnmeißel". Weitere Rollenmeißel schließen "Einsatz"-Schneidelemente ein,

die in den Löchern eine Presspassung (einen Festsitz) aufweisen, die in die Rollenkonen geformt und/oder maschinell eingearbeitet wurden. Die Einsätze können aus beispielsweise Wolframkarbid, natürlichem oder synthetischem Diamant, Bornitrid oder irgendeinem oder einer Kombination von harten oder superharten Materialien hergestellt werden.

**[0005]** Die meisten Schneidelemente enthalten ein Substrat aus Wolframkarbid, ein hartes Material, durchmischt mit einer Bindemittelkomponente, vorzugsweise Kobalt, das sich mit den Wolframkarbidteilchen verbindet. Wenn es beim Bohren von Erdformationen eingesetzt wird, ist der primäre Kontakt zwischen dem Schneidelement aus Wolframkarbid und der zu bohrenden Erdformation das äußere Ende des Schneidelementes. Ein Bruch oder Verschleiß der Einsätze begrenzt unter anderen Faktoren die Langlebigkeit eines Bohrmeißels. Die bei einem Bohrmeißel eingesetzten Einsätze unterliegen im Großen und Ganzen hohen Verschleißbelastungen durch einen Kontakt mit der Wand eines Bohrloches ebenso wie hohen Beanspruchungen infolge von Biege- und Stoßbelastungen durch einen Kontakt mit dem Boden eines Bohrloches. Die hohen Verschleißbelastungen können ebenfalls eine thermische Ermüdung in den Einsätzen hervorrufen, wodurch Oberflächenrisse in den Einsätzen ausgelöst werden. Diese Risse werden durch einen mechanischen Ermüdungsvorgang weiter ausgebreitet, der durch die zyklischen Biegebeanspruchungen und/oder Stoßbelastungen hervorgerufen wird, die bei den Einsätzen zur Anwendung kommen. Ermüdungsrisse können zum Abplatzen, einem Bruch und zum Versagen der Einsätze führen. Schneidelemente aus Wolframkarbid können ebenfalls durch einen übermäßigen Verschleiß infolge ihrer Weichheit versagen.

**[0006]** Viele unterschiedliche Arten von Wolframkarbiden sind bekannt, basierend auf ihren unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen und der physikalischen Struktur. Von den verschiedenen Arten des Wolframkarbids, das im Allgemeinen in Bohrmeißeln verwendet wird, wird Wolframkarbidhartmetall (ebenfalls als gesintertes Wolframkarbid bekannt) typischerweise in Schneidelementen für Bohrmeißel verwendet. Wolframkarbidhartmetall betrifft ein Material, das durch Mischen von Wolframkarbidteilchen, typischerweise Monowolframkarbid, und Teilchen von Kobalt oder einem anderen Metall aus der Eisengruppe und Sintern der Mischung hergestellt wird. Bei einem typischen Verfahren zur Herstellung von Wolframkarbidhartmetall werden kleine Wolframkarbidteilchen und Kobaltteilchen mit einer kleinen Menge von organischem Wachs kräftig gemischt, das als ein temporäres Bindemittel dient. Ein organisches Lösungsmittel kann verwendet werden, um ein gleichmäßiges Mischen zu begünstigen. Die Mischung kann danach zu festen Körpern gepresst werden, worauf man sich oftmals als ungesinterte Form-

linge bezieht. Derartige ungesinterte Formlinge werden danach in einem Vakuumofen erhitzt, um zuerst das Wachs zu verdampfen, und danach bis zu einer Temperatur in der Nähe des Schmelzpunktes von Kobalt (oder dergleichen), um ein Miteinanderverbinden der Wolframkarbidteilchen mittels der metallischen Phase zu verursachen.

**[0007]** Im Großen und Ganzen werden die Arten des Wolframkarbidhartmetalls hauptsächlich hinsichtlich von zwei Faktoren betrachtet, die die Lebensdauer eines Wolframkarbideinsatzes beeinflussen: die Verschleißfestigkeit und die Zähigkeit. Im Ergebnis dessen weisen die konventionellen Arten von Wolframkarbid, die für die Schneidelemente der Untertagebohrwerkzeuge eingesetzt werden, einen Kobaltgehalt von 6 bis 16 Gew.-% und eine "relative" Teilchengrößenanzahl des Wolframkarbids von 3 bis 6 auf (was einer mittleren Korngröße des Wolframkarbids von weniger als 3,0 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) gleichzusetzen ist, gemessen nach der ASTM E-112 Methode). Diese konventionellen Arten zeigen typischerweise eine Rockwell A-Härte von zwischen 85 und 91 Ra, eine Bruchzähigkeit unterhalb 17 ksi (in)<sup>0,5</sup> (gemessen nach der ASTM B-771 Methode) und eine Verschleißzahl zwischen 1,8 und 5,0 (gemessen nach der ASTM B-611 Methode). Diese Arten werden insbesondere in breitem Umfang für Einsätze verwendet, die die Innenreihen auf Rollenmeißeln bilden.

**[0008]** Für ein WC/Co-System wird typischerweise beobachtet, dass die Verschleißfestigkeit größer wird, während die Korngröße des Wolframkarbids oder der Kobaltgehalt geringer wird. Andererseits steigt die Bruchzähigkeit bei größeren Körnern des Wolframkarbids und größeren Prozentanteilen an Kobalt an. Daher tendieren die Bruchzähigkeit und die Verschleißfestigkeit (d. h., die Härte) zu einer umgekehrten Beziehung: während die Korngröße kleiner oder der Kobaltgehalt geringer wird, um die Verschleißfestigkeit eines Prüflings zu verbessern, wird seine Bruchzähigkeit kleiner werden und umgekehrt.

**[0009]** Infolge dieser Umkehrbeziehung zwischen Bruchzähigkeit und Verschleißfestigkeit werden die Korngröße des Wolframkarbids und der Kobaltgehalt so ausgewählt, dass eine gewünschte Verschleißfestigkeit und Zähigkeit erhalten werden. Beispielsweise kommen ein höherer Kobaltgehalt und größere WC-Körner zum Einsatz, wenn eine höhere Zähigkeit gefordert wird, wohingegen ein geringerer Kobaltgehalt und kleinere WC-Körner zum Einsatz kommen, wenn eine bessere Verschleißfestigkeit gewünscht wird. Die Umkehrbeziehung zwischen Zähigkeit und Verschleiß für Karbidverbundwerkstoffe mit variierender Teilchengröße und Kobaltgehalt wird in [Fig. 1](#) gezeigt.

**[0010]** Reihengaugeneinsätze werden oftmals ausgewählt, um eine höhere Verschleißzahl als bei In-

nenreiheneinsätzen zu erhalten, weil man im Großen und Ganzen glaubt, dass Gaugeneinsätze eine höhere Verschleißfestigkeit infolge des hohen Grades des Kontaktes mit der Bohrlochwand erfordern, der sie während des Bohrens begegnen. Im Ergebnis dessen wird die Zähigkeit der Gaugeneinsätze typischerweise geopfert, um eine Verschleißfestigkeit zu gewinnen. Diese Praxis setzt jedoch fälschlicherweise voraus, dass das mittels der Gaugeneinsätze zu bohrende Gestein im Großen und Ganzen bei jeder Anwendung die gleichen Eigenschaften aufweist. Bei vielen Anwendungen ist das nicht der Fall, und diese Praxis führte zum Bruch der Gaugeneinsätze, wobei die Innenreihen noch unbeschädigt blieben.

**[0011]** Wenn beispielsweise weichere Formationen gebohrt werden, wie beispielsweise Karbonate, ist die Verschleißfestigkeit der Einsätze nicht ein größeres Problem, weil diese Formationen nicht sehr abrasiv sind. Es wurde eher ermittelt, dass die Beständigkeit gegen thermische Ermüdung und die Wärmerissbildung die Hauptsorgen waren, die zu einer vorzeitigen Rissbildung und zum Bruch der Einsätze führen. Dazu kommt es, weil die Wolframkarbideinsätze eines Rollenmeißels hohen Verschleißbelastungen durch den Kontakt mit der Wand eines Bohrloches ebenso wie hohen Beanspruchungen infolge von Biege- und Stoßbelastungen durch den Kontakt mit dem Boden des Bohrloches ausgesetzt sind. Diese hohen Verschleißbelastungen können zu einer thermischen Ermüdung der Einsätze führen, was wiederum zur Einleitung von Oberflächenrissen (worauf man sich als Wärmerissbildung bezieht) bei den Einsätzen führt. Diese Oberflächenrisse werden dann mittels eines mechanischen Ermüdungsvorganges ausgebreitet, der durch die zyklischen Biegebeanspruchungen und/oder Stoßbelastungen verursacht wird, die während des Bohrens bei den Einsätzen zur Anwendung kommen. Das Ergebnis ist ein Abplatzen, ein Bruch und/oder ein Versagen der Einsätze, wodurch die Nutzlebensdauer des Bohrmeißels verkürzt wird.

**[0012]** Insbesondere bei Rollenbohrmeißeln unterliegen die Einsätze, die die Ecke eines Bohrlochbodens schneiden, oftmals dem höchsten Ausmaß der thermischen Ermüdung infolge der Wärmeerzeugung in den Einsätzen durch eine starke Reibungsbelastungskomponente, die während des Eingriffes der Einsätze in die Wand des Bohrloches und des Gleitens in ihre unterste Zerkleinerungsposition erzeugt wird. Während sich der Konus dreht, ziehen sich die Einsätze von der Wand des Bohrloches zurück und werden schnell mittels der zirkulierenden Bohrspülung abgekühlt. Dieser sich wiederholende Erwärmungs- und Abkühlungszyklus kann zur Einleitung von Oberflächenrissen in den Einsätzen (d. h., einer Wärmerissbildung) führen. Diese Risse breiten sich danach durch den Körper des Einsatzes aus, während der Einsatz wiederholt auf die Wand des

Bohrloches auftrifft und sich hohe Spannungen entwickeln.

**[0013]** Die Zeit, die für das Fortschreiten von der Wärmerissbildung bis zum Abplatzen und eventuell bis zum Bruch der Einsätze erforderlich ist, hängt von mehreren Faktoren ab, einschließlich der Art der Formation, der Drehzahl des Meißels und dem am Meißel angewandten Gewicht. Bei vielen Anwendungen, insbesondere jenen, die höhere Drehzahlen und/oder höhere Gewichte am Meißel einschließen, sind die thermische Ermüdung und die Wärmerissbildung bei den Einsätzen Probleme, die nicht angemessen angesprochen wurden. Folglich wurde ermittelt, dass Einsätze aus Standardarten des Wolframkarbids häufig bei diesen Anwendungen versagen.

**[0014]** Um dabei zu helfen, die durch eine thermische Ermüdung und Wärmerissbildung verursachten Ausfälle von Einsätzen zu verringern, wurden Karbidarten mit gröberer Körnung für Schneidelemente von Bohrmeißeln vorgeschlagen. Beispiele für vorgeschlagene Arten werden weiter im U.S. Patent Nr. 6197084, U.S. Patent Nr. 6655478, U.S. Patent Nr. 7017677, U.S. Patent Nr. 7036614, U.S. Patent Nr. 7128773 und der U.S. Veröffentlichung Nr. 2004/0140133 A1 beschrieben, die alle an den Erwerber der vorliegenden Erfindung abgetreten wurden, und auf die man sich hierin bezieht. Diese Arten umfassen grobe Karbidkörner mit einer mittleren Korngröße von mehr als 3,0 µm und einem Bindemittelgehalt von 6 bis 16 Gew.-%. Es wurde ermittelt, dass die aus diesen Verbundwerkstoffen hergestellten Einsätze eine höhere Bruchzähigkeit und eine angemessene Verschleißfestigkeit bei vielen Bohranwendungen zeigen. Es zeigte sich, dass diese Einsätze zu einer verbesserten Leistung und/oder Langlebigkeit führen, wenn man mit den aus konventionellen Karbidarten hergestellten Einsätzen vergleicht. Insbesondere wurden Verbundwerkstoffe mit einer gröbereren Körnung als besonders nützlich bei der Verringerung der Ausfälle des Karbids bei Gaugen infolge der Wärmerissbildung ermittelt. Eine hohe Verschleißfestigkeit wird jedoch geopfert.

**[0015]** Dementsprechend besteht eine fortgesetzte Notwendigkeit zur Verbesserung bei den Materialien, die sowohl eine erhöhte Zähigkeit als auch Verschleißfestigkeit aufweisen.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0016]** In einem Aspekt betreffen die hierin offenbarten Ausführungen einen Untertagebohrmeißel, der eine Vielzahl von Schneidelementen einschließt, die auf eine Schneidstruktur montiert sind, wobei mindestens eines der Vielzahl von Schneidelementen ein verschleißfestes Material umfasst, wobei das verschleißfeste Material grobe Körner umfasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind, wobei

die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Nanoteilchen umfasst.

**[0017]** In einem weiteren Aspekt betreffen die hierin offenbarten Ausführungen einen Bohrmeißel, der einschließt: einen Meißelkörper mit einer Vielzahl von sich daraus radial erstreckenden Flügeln; und eine Vielzahl von an der Vielzahl der Flügel montierten Schneidelementen, wobei der Meißelkörper grobe Karbidkörner umfasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind, wobei die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Nanoteilchen umfasst.

**[0018]** In einem weiteren Aspekt betreffen die hierin offenbarten Ausführungen einen Bohrmeißel, der einschließt: einen Meißelkörper mit einer Vielzahl von sich daraus radial erstreckenden Flügeln; eine Vielzahl von an der Vielzahl der Flügel montierten Schneidelementen; und eine auf mindestens einem Teil des Meißelkörpers angeordnete Hartschicht, wobei die Hartschicht grobe Karbidkörner umfasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind, wobei die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Nanoteilchen umfasst.

**[0019]** Bei einer noch weiteren Ausführung betreffen die hierin offenbarten Ausführungen einen Bohrmeißel, der einschließt: einen Meißelkörper; mindestens einen Rollenkonus, der drehbar am Meißelkörper montiert ist; eine Vielzahl von auf dem mindestens einen Rollenkonus angeordnete Schneidelemente; und eine auf mindestens einem Teil von einem der mindestens einen Rolle und der Vielzahl der Schneidelemente angeordnete Hartschicht, wobei die Hartschicht grobe Karbidkörner umfasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind, wobei die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Nanoteilchen umfasst.

**[0020]** Weitere Aspekte und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung und den als Anhang beigefügten Patentansprüchen ersichtlich.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0021]** Es zeigen:

**[0022]** [Fig. 1](#) eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen der Bruchzähigkeit und der Verschleißfestigkeit zeigt;

**[0023]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung einer WC/Co-Mikrostruktur;

**[0024]** [Fig. 3](#) eine schematische perspektivische Seitenansicht eines Einsatzes, der einen Verbundwerkstoff der vorliegenden Offenbarung umfasst;

[0025] **Fig. 4** eine perspektivische Seitenansicht eines Rollenbohrmeißels, der eine Anzahl der Einsätze aus **Fig. 3** umfasst;

[0026] **Fig. 5** eine perspektivische Seitenansicht eines Schlagbohrmeißels oder Hammermeißels, der eine Anzahl von Einsätzen einschließt, die einen Verbundwerkstoff der vorliegenden Offenbarung umfassen;

[0027] **Fig. 6** eine schematische perspektivische Seitenansicht eines Scherschneidwerkzeuges, das einen Verbundwerkstoff der vorliegenden Offenbarung umfasst;

[0028] **Fig. 7** eine perspektivische Seitenansicht eines Blattmeißels, der eine Anzahl der Scherschneidwerkzeuge aus **Fig. 6** umfasst;

[0029] **Fig. 8** eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen der Bruchzähigkeit und der Verschleißfestigkeit für Karbidarten der vorliegenden Offenbarung zeigt, verglichen mit den konventionellen Karbidarten nach dem Stand der Technik;

[0030] **Fig. 9** eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen der Härte und der Verschleißfestigkeit für Karbidarten der vorliegenden Offenbarung zeigt, verglichen mit den konventionellen Karbidarten nach dem Stand der Technik.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0031] Die hierin offenbarten Ausführungen betreffen im Großen und Ganzen die Anwendung der Nanodotierung, um Verbesserungen bei der Verschleißfestigkeit eines Karbidmaterials mit einer bestimmten Zähigkeit und Härte zu bewirken. Bei speziellen Ausführungen betrifft die vorliegende Offenbarung die Nanodotierung von Karbidmaterialien, die aus grobkörnigen Karbiden hergestellt wurden. Grobkörnige Karbide können als Karbidarten mit mittleren Karbidkorngrößen von mehr als 3 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) und einem Bindemittelgehalt von 6 bis 20 Gew.-% definiert werden. Während sich die Verwendung von grobkörnigen Karbiden konventionell für eine Steigerung der Bruchzähigkeit bewährt hat, geht das im Allgemeinen auf Kosten der Verschleißfestigkeit. Die Ausführungen der vorliegenden Offenbarung können jedoch wesentliche Verbesserungen der Verschleißfestigkeit gestatten, während die Bruchzähigkeit aufrechterhalten wird, was zu einer Karbidart führt, die sowohl eine verbesserte Bruchzähigkeit als auch Verschleißfestigkeit im Gegensatz zur fundierten Umkehrbeziehung zwischen der Verschleißfestigkeit und der Bruchzähigkeit besitzt.

[0032] **Fig. 2** veranschaulicht die Mikrostruktur eines Wolframkarbidhartmetalls entsprechend der vorliegenden Offenbarung. Wie in **Fig. 1** gezeigt wird,

schließt das Wolframkarbidhartmetall **10** Wolframkarbidkörner **12** ein, die miteinander mittels einer Metallbindemittel-Matrix-Phase **14** verbunden sind. Wie gezeigt wird, können die Wolframkarbidkörner mit anderen Körnern des Wolframkarbids verbunden werden, wodurch eine Wolframkarbid/Wolframkarbid-Grenzfläche erhalten wird, und/oder sie können mit der Metallphase verbunden werden, wodurch eine Wolframkarbid/Metall-Grenzfläche erhalten wird. Die einzigartigen Eigenschaften des Wolframkarbidhartmetalls ergeben sich aus dieser Kombination eines starren Karbidnetzes mit einer zäheren Metallunterstruktur. In Übereinstimmung mit Ausführungen der vorliegenden Offenbarung kann die Bindemittel-Matrix-Phase **14** darin dispergierte Nanodotierungsmittel oder Nanoteilchen einschließen. Der Begriff "Nanodotierungsmittel" oder "Nanoteilchen" betrifft verschiedene Materialien mit mindestens einer Dimension, wie beispielsweise Länge oder Durchmesser, zwischen 1 und 100 Nanometer.

[0033] Derartige Nanoteilchen können in der Matrixphase durch Hinzufügen derartiger Teilchen zum Bindemittel vor der Bildung (Sinterung) des Karbidverbundwerkstoffes und/oder durch Ausfällung von Intermetallen während der Sinterung dispergiert werden. Die Arten von Nanoteilchen, die in der Bindemittel-Matrix-Phase vorgefunden werden können, können verschiedene Verstärkungsteilchen aus Karbid, Nitriden, Boriden und/oder Karbonitriden des W, Ta, Nb, Ti, V, Cr, Mo, B und Zr ebenso wie Intermetalle einschließen, die mit Ni, Co und Fe gebildet werden. Außerdem können die Nanoteilchen bei speziellen Ausführungen  $\theta$ -Phasen-Teilchen sein.

[0034] Alternativ können die Nanoteilchen Diamant- oder kubische Bornitridteilchen einschließen. Derartige Teilchen können im Bindemittel in einer Menge von bis zu 40 Vol.-% des Bindemittels vorhanden sein, aber vorzugsweise zwischen 1 bis 10 Vol.-%.

[0035] Um das Auftreten der Auflösung und/oder des Kornwachstums der Nanoteilchen über den "Nano"-Größenbereich hinaus zu verringern, können die dem Bindemittel zugesetzten Nanoteilchen eine Oberflächenfunktionalisierung oder eine darauf vorhandene Beschichtung aufweisen. Bei einer speziellen Ausführung kann eine derartige Funktionalisierung eine ultradünne konforme Beschichtung einschließen. Wie es hierin verwendet wird, betrifft "ultradünn" eine Dicke von weniger als 100 nm. Bei einer speziellen Ausführung kann die ultradünne Beschichtung eine Dicke aufweisen, die im Bereich von etwa 0,1 bis etwa 50 nm liegt, bei einer weiteren Ausführung von etwa 0,5 bis 35 nm und bei einer noch weiteren Ausführung von etwa 1 bis 10 nm. "Konform" betrifft eine relativ gleichmäßige Dicke über die Oberfläche des Teilchens, so dass die Oberflächenform eines beschichteten Teilchens im Wesentlichen gleich der des unbeschichteten Teilchens ist. Die Verwen-

derung von derartigen beschichteten Materialien wird in der U.S. Patentveröffentlichung Nr. 2008-0073127 beschrieben werden, die an den jetzigen Erwerber abgetreten wird, und worauf man sich hierin in ihrer Gesamtheit bezieht.

**[0036]** In Abhängigkeit von der gewünschten Anwendung des Karbidverbundwerkstoffes und der Art der zu beschichtenden Nanoteilchen kann die Zusammensetzung der Beschichtungen variieren. Derartige Beschichtungen können ein sinterbares Material einschließen, einschließlich beispielsweise von Metallen, Metalllegierungen, keramischen Materialien und Kerametallen. Beispielsweise können Beschichtungen, die für eine Verwendung bei Nanoteilchen der vorliegenden Offenbarung geeignet sein können, Metalle und binäre Materialien einschließen, d. h., Materialien in der Form von  $Q_xR_y$ , wobei Q und R verschiedene Atome verkörpern und x und y Zahlen sind, die ein elektrostatisch neutrales Material widerspiegeln. Unter den geeigneten binären Materialien befinden sich verschiedene anorganische keramische Materialien, einschließlich Oxide, Nitride, Carbide, Sulfide, Fluoride und deren Kombinationen. Beispiele für Oxide, die eine Verwendung bei der vorliegenden Offenbarung finden können, schließen jene ein, wie beispielsweise  $CoO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $Ta_2O_5$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $ZrO_2$ ,  $HfO_2$ ,  $SnO_2$ ,  $ZnO$ ,  $La_2O_3$ ,  $Y_2O_3$ ,  $CeO_2$ ,  $Sc_2O_3$ ,  $Er_2O_3$ ,  $V_2O_5$ ,  $SiO_2$ ,  $In_2O_3$  und dergleichen. Beispiele für Nitride, die eine Anwendung bei der vorliegenden Offenbarung finden können, schließen jene ein, wie beispielsweise  $Si_3N_4$ ,  $AlN$ ,  $TaN$ ,  $NbN$ ,  $TiN$ ,  $MoN$ ,  $ZrN$ ,  $HfN$ ,  $GaN$  und dergleichen. Beispiele für Carbide, die eine Anwendung bei der vorliegenden Offenbarung finden können, schließen jene ein, wie beispielsweise  $SiC$ ,  $WC$  und dergleichen. Beispiele für Sulfide, die eine Anwendung bei der vorliegenden Offenbarung finden können, schließen jene ein, wie beispielsweise  $ZnS$ ,  $SrS$ ,  $CaS$ ,  $PbS$  und dergleichen. Beispiele für Fluoride, die eine Anwendung bei der vorliegenden Offenbarung finden können, schließen jene ein, wie beispielsweise  $CaF_2$ ,  $SrF_2$ ,  $ZnF_2$  und dergleichen. Darunter schließen die geeigneten Metallbeschichtungen Pt, Ru, Ir, Pd, Cu, Fe, Co, Ni, W und dergleichen ein. Weitere Arten von Materialien, die eingesetzt werden können, um eine ultradünne konforme Beschichtung zu bilden, schließen jene ein, die im U.S. Patent Nr. 6613383 beschrieben werden, worauf man sich hierin in seiner Gesamtheit bezieht. Beschichtungen, die für eine Anwendung bei der vorliegenden Offenbarung geeignet sind, können ebenfalls Mischstrukturen einschließen, wie beispielsweise  $TiAlN$ ,  $Ti_3AlN$ ,  $ATO$  ( $AlTiO$ ), dotierte Metalle enthaltende Beschichtungen, wie beispielsweise  $ZnO:Al$ ,  $ZnS:Mn$ ,  $SrS:Ce$ ,  $Al_2O_3:Er$ ,  $ZrO_2:Y$ , die ebenfalls weitere Seltenerdmetalle ( $Ce^{3+}$ ,  $Tb^{3+}$ , usw.) für das Dotieren oder Codotieren einschließen können, oder Nanolamine, wie beispielsweise  $HfO_2/Ta_2O_5$ ,  $TiO_2/Ta_2O_5$ ,  $TiO_2/Al_2O_3$ ,  $ZnS/Al_2O_3$  und dergleichen. Außerdem können weitere anorganische Species,

wie beispielsweise anorganische Polymere, für Beschichtungen der vorliegenden Offenbarung geeignet sein, einschließlich von anorganischen Polymeren, wie beispielsweise Polysilane, Polysiloxane, Polystannane, Polyphosphazen, Polysulfide und Hybridpolymere eines gepfropften anorganischen und organischen Polymers.

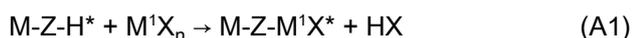
**[0037]** Bei einer speziellen Ausführung kann die Beschichtung selbst ein Reagens oder Katalysator sein, das als ein Sinterhilfsmittel bei der Herstellung eines Kerametallverbundwerkstoffes funktioniert. Daher kann die ultradünne Beschichtung eine große Oberfläche des Katalysators oder reaktionsfähigen Materials liefern und/oder ein Mittel für das feine Dispergieren der beschichteten Nanoteilchen zur Verfügung stellen. Beispielsweise können die Nanoteilchen der vorliegenden Offenbarung mit einem Material beschichtet werden, wie beispielsweise Aluminiumoxid, das als ein Sinterhilfsmittel funktionieren kann, und das ebenfalls ein  $\theta$ -Phasen-Ausscheidungshärten zeigen kann.

**[0038]** Bei einer speziellen Ausführung kann die ultradünne konforme Beschichtung der vorliegenden Offenbarung auf Nanoteilchen mittels atomschichtgesteuerter Wachstumsverfahren oder der Atomschichtabscheidung (ALD) aufgebracht werden. Die ALD-Abscheidung von Beschichtungen wird beispielsweise im U.S. Patent Nr. 6913827 beschrieben, worauf man sich hierin in seiner Gesamtheit bezieht. ALD-Verfahren nutzen die selbstbegrenzende Oberflächenchemie zur Steuerung der Abscheidung. Unter geeigneten Bedingungen kann die Abscheidung auf eine kleine Anzahl von funktionellen Gruppen auf der Oberfläche begrenzt werden, d. h., annähernd eine Monoschicht oder  $\sim 1 \times 10^{15}$  Species pro  $cm^2$ . Die ALD gestattet die Abscheidung von Beschichtungen von bis zu einer Dicke von etwa 0,3 nm pro Reaktionszyklus und stellt daher ein Mittel zur Steuerung der Dicke für extrem feine Dicken zur Verfügung. Bei diesen Verfahren kann die Beschichtung in einer Reihe von zwei oder mehr selbstbegrenzten Reaktionen gebildet werden, die in den meisten Fällen wiederholt werden können, um nachfolgend zusätzliche Schichten des Beschichtungsmaterials abzuscheiden, bis eine gewünschte Beschichtungsdicke erreicht ist. In den meisten Fällen kann die erste dieser Reaktionen eine bestimmte funktionelle Gruppe auf der Oberfläche des Teilchens einschließen, wie beispielsweise eine M-H-, M-O-H- oder M-N-H-Gruppe, worin M ein Atom eines Metalls oder eines Halbmetalls verkörpert. Die einzelnen Reaktionen können separat und unter Bedingungen derart durchgeführt werden, dass alle überschüssigen Reagenzien und Reaktionsprodukte entfernt werden, bevor die nachfolgende Reaktion abgeschlossen ist. Die Teilchen können wahlweise vor dem Einleiten der Reaktionsfolge behandelt werden, um flüchtige Materialien zu entfernen, die auf der Oberfläche der teilchenförmigen Materialien ab-

sorbiert sein könnten. Das kann leicht vorgenommen werden, indem die Teilchen erhöhten Temperaturen und/oder einem Vakuum ausgesetzt werden.

**[0039]** Zusätzlich kann in bestimmten Fällen eine Vorstufenreaktion durchgeführt werden, um wünschenswerte funktionelle Gruppen auf der Oberfläche der Nanoteilchen einzuführen, um eine Reaktionsfolge beim Erzeugen einer ultradünnen Beschichtung zu erleichtern. Beispiele für derartige funktionelle Gruppen schließen Hydroxylgruppen, Aminogruppen und Metall-Wasserstoff-Bindungen ein, die als eine Stelle für eine weitere Reaktion dienen können, um die Bildung einer ultradünnen Beschichtung zu gestatten. Eine Funktionalisierung kann mittels Oberflächenbehandlungen zustande gebracht werden, die beispielsweise eine Wasserplasmabehandlung, Ozonbehandlung, Ammoniakbehandlung und Wasserstoffbehandlung einschließen.

**[0040]** Oxidbeschichtungen können auf Teilchen ausgeführt werden, die auf der Oberfläche befindliche Hydroxyl- oder Amin(M-N-H)gruppen aufweisen, indem eine binäre (AB) Reaktionsfolge wie folgt zur Anwendung gebracht wird. Das Sternchen (\*) zeigt das Atom an, das sich auf der Oberfläche des Teilchens oder der Beschichtung befindet, und Z verkörpert Sauerstoff oder Stickstoff. M<sup>1</sup> ist ein Atom eines Metalls (oder eines Halbmetalls, wie beispielsweise Silizium), speziell eins mit einer Valenz von 3 oder 4, und X ist eine ersetzbare nucleophile Gruppe. Die nachfolgend gezeigten Reaktionen sind nicht im Gleichgewicht und nur dazu beabsichtigt, die Reaktionen auf der Oberfläche der Teilchen zu zeigen (d. h., nicht Inter- oder Intralagenreaktionen).



**[0041]** Bei der Reaktion A1 kommt das Reagens M<sup>1</sup>X<sub>n</sub> mit einer oder mehreren M-Z-H-Gruppen auf der Oberfläche des Teilchens zur Reaktion, um eine "neue" Oberflächengruppe zu schaffen, die die Form -M<sup>1</sup>X aufweist. M<sub>1</sub> wird an das Teilchen mittels eines oder mehrerer Z-Atome gebunden. Die -M<sup>1</sup>X-Gruppe verkörpert eine Stelle, die mit Wasser bei der Reaktion B1 zur Reaktion kommen kann, um eine oder mehrere Hydroxylgruppen zu regenerieren. Die bei der Reaktion B1 gebildeten Gruppen können als funktionelle Gruppen dienen, mittels der die Reaktionen A1 und B1 wiederholt werden können, wobei jedes Mal eine neue Schicht von M<sup>1</sup>-Atomen hinzugefügt wird. Das atomschichtgesteuerte Wachstum und zusätzliche binäre Reaktionen werden detaillierter im U.S. Patent Nr. 6613383 beschrieben, worauf man sich hierin in seiner Gesamtheit bezieht.

**[0042]** Ein konventionelles Verfahren zur Aufbringung der ultradünnen konformen Beschichtung auf

das teilchenförmige Material ist die Bildung einer Wirbelschicht aus den Teilchen und danach das Führen verschiedener Reagenzien der Reihe nach durch die Wirbelschicht unter Reaktionsbedingungen. Verfahren zur Fluidisierung von teilchenförmigem Material sind gut bekannt und werden beispielsweise in "Nanocoating Individual Cohesive Boron Nitride Particles in a Fluidized Bed Reactor" (Nanobeschichtung einzelner kohäsiver Bornitridteilchen in einem Wirbelschichtreaktor) von Jeffrey R. Wank und Mitarbeitern, Powder Technology 142 (2004) S. 59–69, beschrieben.

**[0043]** Wenn es gewünscht wird, können mehrere Schichten von ultradünnen Beschichtungen auf dem teilchenförmigen Material abgeschieden werden. Beispielsweise kann eine dazwischenliegende ultradünne Schicht aufgebracht werden, um eine Oberfläche bereitzustellen, auf der eine gewünschte Außenschicht leichter aufgebracht werden kann. Wo mehrere Schichten der Beschichtung gewünscht werden, können die mehreren Schichten identische Zusammensetzungen aufweisen, oder die mehreren Schichten können in der Zusammensetzung variieren. Es liegt speziell im Bereich der vorliegenden Offenbarung, dass die mehreren Schichten Kombinationen irgendwelcher der vorangehend beschriebenen Beschichtungszusammensetzungen einschließen können, wie beispielsweise Metall-auf-Metall, Metall-auf-Oxid und Oxid-auf-Oxid. Eine Fachkraft würde erkennen, dass in Abhängigkeit von den Zusammensetzungen der aufgetragenen Beschichtung während jeglicher nachfolgender Sinterbedingungen die Beschichtung eine Anzahl von Umwandlungen erfahren kann. Beispielsweise kann eine ALD-Beschicht von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> nach dem Sintern zur Reaktion kommen und eine Aluminiumtitanat-Beschichtung bilden. Außerdem würde eine Fachkraft erkennen, dass keine Beschränkung hinsichtlich der Kombination oder der Anzahl der Schichten existiert, die auf dem teilchenförmigen Material der vorliegenden Offenbarung vorgesehen werden kann. Es liegt ebenfalls speziell im Bereich der vorliegenden Offenbarung, dass eine nachfolgende Beschichtungsschicht mittels eines Verfahrens außer der ALD, wie beispielsweise einer CVD oder PVD, auf einer ALD-abgeschiedenen Beschichtung abgeschieden werden kann.

**[0044]** Alternativ kann eine Beschichtung bei Anwendung der Atomschichtabscheidungsverfahren aufgebracht werden, wie sie vorangehend beschrieben werden, und die Beschichtung kann einer oder mehreren Reaktionen unterworfen werden, um eine modifizierte Beschichtung zu bilden. Diese Verfahrensweise kann beispielsweise für das Erzeugen von ultradünnen Beschichtungen der verschiedenen Arten zur Anwendung gebracht werden, die nicht für eine Abscheidung bei Anwendung von Atomschichtabscheidungsverfahren zugänglich sind. Beispielsweise können verschiedene Arten von ultradünnen

Oxidbeschichtungen bei Anwendung der vorangehend beschriebenen Atomschichtabscheidungsverfahren hergestellt werden, und sie können danach aufgekohlt werden, um das Oxid in das entsprechende Karbid umzuwandeln.

**[0045]** Die Integration der Nanoteilchen in den Verbundkörper kann ein jenen Fachkräften bekanntes Mittel einschließen. Wie sie hierin zur Anwendung kommt, betrifft die Integration ein Mittel für das Hinzufügen der Nanoteilchen zu einer Komponente des Verbundkörpers, so dass die Nanoteilchen eine Komponente des geformten Verbundkörpers sind, d. h., mittels Dispersion oder anderen Formen der Einverleibung der Nanostrukturen, wie sie jenen Fachkräften bekannt sind. Bei bestimmten Ausführungen können die Nanoteilchen in einer derartigen Weise integriert werden, dass eine im Großen und Ganzen gleichmäßige Dispersion von Nanoteilchen durch den geformten Verbundkörper erreicht wird.

**[0046]** Beispielsweise kann bei einer Ausführung das Mischen der Nanoteilchen mit einer Karbidteilchenphase oder Bindemittelteilchenphase mittels eines geeigneten Nassmischverfahrens zustande gebracht werden, das eine Dispersion der Nanoteilchen im Bindemittelpulver liefert wird. Typischerweise kann eine homogene Dispersion mit minimaler Agglomeration und Klumpenbildung beispielsweise mittels der folgenden Schritte hergestellt werden: Dispergieren der Komponenten, einzeln oder als eine Mischung, in einem Mischmedium, wie beispielsweise einem Alkohol mit niedriger relativer Molekülmasse (z. B. Ethanol), mit einer Ultraschallsonde; Mischen der Dispersionen der Komponenten, die einzeln dispergiert sind; und Verdampfen des Lösungsmittels in einem Ultraschallbad. Außerdem können die Mischmedien wahlweise eine oberflächenaktive Substanz enthalten, wie sie jenen Fachkräften bekannt ist, die außerdem die Dispersion der Nanoteilchen in der Bindemittelteilchenphase begünstigen kann. Während man sich auf das Nassmischen der Nanoteilchen mit Bindemittelteilchen bezieht, würde eine Fachkraft außerdem erkennen, dass die Nanoteilchen alternativ mit der Karbidpulverphase gemischt werden können.

**[0047]** Außerdem kann das Trockenmischen oder Mischen mit weiteren flüchtigen Medien ebenfalls zur Anwendung gebracht werden. Das mechanische Mischen kann durch Kugelmahlen in konventionellen Rotationsmahlanlagen durchgeführt werden, die die Pulvermischung mit Unterstützung der sich umherbewegenden Kugeln mischen. Die Größen der Kugeln, die Anzahl der Kugeln, die pro Volumeneinheit des Pulvers zum Einsatz kommen, die Drehzahl der Mahl-anlage, die Temperatur, bei der das Mahlen durchgeführt wird, und die Zeitdauer, über die sich das Mahlen fortsetzt, können alle in breitem Umfang variieren. Die besten Ergebnisse können im Großen und Gan-

zen mit einer Mahlzeit erreicht werden, die sich von etwa 4 Stunden bis zu etwa 50 Stunden bewegt.

**[0048]** Der Grad des Mischens kann ebenfalls durch das "Füllverhältnis" beeinflusst werden, das das Verhältnis der Masse der Kugeln zur Masse des Pulvers ist. Ein Füllverhältnis von etwa 5 bis zu etwa 20 wird im Großen und Ganzen ein angemessenes Mischen bewirken. Das Mahlen kann bei den Pulvern durchgeführt werden, während sie im flüssigen Suspensionsmittel aufgeschlämmt sind, worauf man sich vorangehend bezieht.

**[0049]** Alternativ würde eine Fachkraft erkennen, dass andere Mittel zur Anwendung gebracht werden können, um Nanoteilchen in die Verbundwerkstoffe der vorliegenden Offenbarung zu integrieren oder einzubauen, wie beispielsweise die gleichzeitige Aufdampfung (bei der das Nanostrukturmaterial und die Teilchenphase sublimiert, in der Dampfphase gemischt und danach auf einem Substrat kondensiert werden), die Spritzbeschichtung von Teilchen (entweder Karbid- oder Bindemittelteilchen) (wie beispielsweise die, die in der U.S. Patentveröffentlichung Nr. 20030012951 beschrieben wird, auf die man sich hierin in ihrer Gesamtheit bezieht), die Infiltration mittels des elektromagnetischen Schwebens (wie beispielsweise die, die in der U.S. Patentveröffentlichung Nr. 2004/0206470 beschrieben wird, auf die man sich hierin in ihrer Gesamtheit bezieht), die Extrudierung, eine entweder starke oder normale Scherung (wie beispielsweise die, die in der U.S. Patentveröffentlichung Nr. 20040029706 beschrieben wird, auf die man sich hierin in ihrer Gesamtheit bezieht) oder die Infiltration einer Vorform (wie beispielsweise die, die im U.S. Patent Nr. 6934600 beschrieben wird).

**[0050]** Die Hartteilchenkarbidphase (im Makromaßstab) kann Karbidteilchen mit mittleren Karbidkorngrößen von mehr als 3 Mikrometer einschließen. Bei anderen Teilchenausführungen können sich die Karbide im Bereich von etwa 4 bis 9 Mikrometer bewegen, und bei einer noch weiteren Ausführung bei mehr als etwa 5 Mikrometer. Außerdem würde eine Fachkraft erkennen, dass mehrere Arten von Karbidteilchen existieren, einschließlich von gegossenem, zementiertem und makrokristallinem Karbid. Jedes beliebige derartige Teilchen kann eingesetzt werden (in Abhängigkeit von der gewünschten Anwendung), aber bei einer speziellen Ausführung kann das makrokristalline Wolframkarbid speziell für eine Verwendung bei der Herstellung von Schneidelementen geeignet sein. Während sich der Bindemittelgehalt im Großen und Ganzen von 6 bis 20 Gew.-% bewegen kann, und um eine hohe Bruchzähigkeit zu erreichen, kann außerdem ein Bindemittelgehalt von mindestens 10 Gew.-% zur Anwendung gebracht werden.

**[0051]** Die Verbundkörper der vorliegenden Offenbarung können nach einer Anzahl von unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden, beispielsweise mittels verschiedener Sinterverfahren, einschließlich des isostatischen Heißpressens (HIP) und der Vakuumsinterung. Das isostatische Heißpressen, wie es im Fachgebiet bekannt ist, wird beispielsweise im U.S. Patent Nr. 5290507 beschrieben, auf das man sich hierin in seiner Gesamtheit bezieht. Das isostatische Pressen wird im Großen und Ganzen angewandt, um Pulvermetallteile mit nahezu reinen Größen und Formen von verschiedenartiger Komplexität herzustellen. Die isostatische Heißbearbeitung wird in einer gasförmigen Atmosphäre (inertes Argon oder Helium) durchgeführt, die innerhalb eines Druckbehälters vorhanden ist. Typischerweise werden die gasförmige Atmosphäre ebenso wie das zu pressende Pulver mittels eines Ofens innerhalb des Behälters erhitzt. Die üblichen Druckniveaus für das isostatische Heißpressen können sich bis zu 45000 psi bei Temperaturen bis zu 3000°C erstrecken. Für Wolframkarbidverbundwerkstoffe schließen die typischen Bearbeitungsbedingungen Temperaturen im Bereich von 1200–1450°C und Drücke im Bereich von 800–1500 psi ein. Beim isostatischen Heißverfahren wird das heiß zu verdichtende Pulver in einem hermetisch abgedichteten Behälter angeordnet, der sich bei erhöhten Temperaturen plastisch verformt. Vor der Abdichtung wird der Behälter leergepumpt, was eine thermische Entgasungsstufe einschließen kann, um restliche Gase in der Pulvermasse zu eliminieren, die zu einer unerwünschten Porosität, starken inneren Spannungen, aufgelösten Fremdstoffen und/oder einer Oxidbildung führen kann.

**[0052]** Das Vakuumsintern, wie es in der Technik bekannt ist, wird beispielsweise im U.S. Patent Nr. 4407775 beschrieben, auf das man sich hierin in seiner Gesamtheit bezieht. Das zu verdichtende Pulver wird in eine offene Form oder Behälter zur Verdichtung eingefüllt. Das Pulver wird danach durch Sintern in einem Vakuum verdichtet. Geeignete Drücke für das Vakuumsintern betragen etwa  $10^{-3}$  psi oder weniger. Die Sintertemperaturen müssen unterhalb der Solidustemperatur des Pulvers bleiben, um ein Schmelzen des Pulvers zu vermeiden. Außerdem würde eine Fachkraft erkennen, dass andere Verfahren zur Anwendung gebracht werden können, wie beispielsweise das Sintern in der Festkörper- oder Flüssigkeitsphase, pneumatische isostatische Schmieden, Funkenplasmasintern, Mikrowellensintern, Gasphasensintern, isostatisches Heißpressen, Inertgassintern und Heißpressen.

**[0053]** Die Verbundkörper der vorliegenden Offenbarung können bei einer Anzahl von unterschiedlichen Anwendungen eingesetzt werden, wie beispielsweise Werkzeuge für das Bohren, einschließlich beispielsweise der Verbundkörper für Bohrmeißel (und deren Teile), wo die mechanischen Eigen-

schaften einer hohen Bruchzähigkeit, Verschleißfestigkeit und Härte in starkem Maß gewünscht werden. Speziell kann der Verbundkörper verwendet werden, um Meißelkörper und/oder andere Verschleiß- und Schneidteile in derartigen Untertageschneidwerkzeugen herzustellen, wie beispielsweise Rollenmeißel, Schlagbohr- oder Hammermeißel und Blattmeißel.

**[0054]** In Abhängigkeit von der Art des teilchenförmigen Materials, das zur Bildung des Verbundwerkstoffes verwendet wird, können die verschiedenen Verbundwerkstoffe eingesetzt werden, um eine Verschleißfläche bei derartigen Anwendungen in der Form eines oder mehrerer Schneidelemente, eine verschleißfeste Beschichtung auf einem Meißelkörper herzustellen, oder sie können eingesetzt werden, um ein Meißelkörperteil selbst herzustellen.

**[0055]** [Fig. 3](#) veranschaulicht beispielsweise einen Bohrmeißeleinsatz **24**, der aus einem Verbundwerkstoff der vorliegenden Offenbarung hergestellt wird. Mit Bezugnahme auf [Fig. 4](#) kann ein derartiger Einsatz **24** bei einem Rollenbohrmeißel **26** eingesetzt werden, der einen Körper **28** mit drei Schenkeln **30** und einen Schneidkonus **32** aufweist, der an einem unteren Ende eines jeden Schenkels montiert ist. Ein jeder Rollenmeißeleinsatz **24** kann entsprechend einem der vorangehend beschriebenen Verfahren hergestellt werden. Die Einsätze **24** sind in den Oberflächen des Schneidkonus **32** für ein Übertragen der Last auf eine zu bohrende Gesteinsformation vorhanden. Obgleich es nicht gezeigt wird, kann ein Rollenmeißel zusätzlich ebenfalls mit einer verschleißfesten Beschichtung auf mindestens einem Abschnitt seiner Oberfläche versehen werden (worauf man sich häufig als eine Hartschicht bezieht), die ebenfalls aus den Verbundwerkstoffen der vorliegenden Offenbarung hergestellt werden kann.

**[0056]** Mit Bezugnahme auf [Fig. 5](#) können die aus den Verbundwerkstoffen der vorliegenden Offenbarung hergestellten Einsätze **24** ebenfalls bei einem Schlagbohr- oder Hammermeißel **34** zum Einsatz kommen, der einen hohlen Stahlkörper **36** mit einem Gewindestift **38** an einem Ende des Körpers für das Montieren des Meißels auf ein Bohrgestänge (nicht gezeigt) für das Bohren von Erdölbohrlöchern und dergleichen aufweist. Eine Vielzahl der Einsätze **24** wird in der Oberfläche eines Kopfes **40** des Körpers **36** für ein Übertragen der Last auf die zu bohrende unterirdische Formation bereitgestellt.

**[0057]** Mit Bezugnahme auf [Fig. 6](#) können die Verbundwerkstoffe der vorliegenden Offenbarung ebenfalls eingesetzt werden, um Scherschneidwerkzeuge **42** herzustellen, die beispielsweise bei einem Blattmeißel für das Bohren von unterirdischen Formationen zur Anwendung kommen. Genauer gesagt, Verbundwerkstoffe können eingesetzt werden, um eine gesinterte Oberflächenschicht auf einem Schneid-

werkzeug oder einem Substrat **44** zu bilden. Mit Bezugnahme auf **Fig. 7** weist ein Blattmeißel **48** eine Vielzahl von derartigen Scherschneidwerkzeugen **42** auf, die jeweils an Flügeln **50** befestigt sind, die sich von einem Kopf **52** des Blattmeißels aus für ein Schneiden gegen die zu bohrende unterirdische Formation erstrecken. Bei einer speziellen Ausführung schließen die Schneidwerkzeuge **42** ein Karbidsubstrat (nicht gezeigt), das mit verstärkenden Nanostrukturen ausgebildet ist, wie es hierin offenbart wird, und eine daran befestigte Diamantschneidfläche ein (nicht gezeigt). Eine Fachkraft würde erkennen, dass bei verschiedenen Ausführungen andere Arten von Schneidelementen (wie beispielsweise die in **Fig. 3** gezeigten Einsätze **24**), die aus den Verbundwerkstoffen der vorliegenden Offenbarung hergestellt werden, ebenfalls im Blattmeißel **48** eingesetzt werden können.

**[0058]** Das Einfügen von Nanoteilchen in die Bindemittel-Matrix-Phase, wie es hierin offenbart wird, kann eine Verschiebung der resultierenden Materialeigenschaften bewirken. Beispielsweise, wie in **Fig. 8** und **Fig. 9** gezeigt wird, kann sich bei einer bestimmten Karbidart (beispielsweise 812 und 916) die Verschleißfestigkeit der gleichen Karbidart (aber mit Nanodotierung, 812D und 916D) im Wesentlichen vergrößern, ohne dass eine wesentliche Veränderung der Bruchzähigkeit und Härte gezeigt wird. Daher kann eine derartige Verschiebung gestatten, dass dotierte Karbidarten bei Anwendungen eingesetzt werden, die eine größere Verschleißfestigkeit erfordern, als die konventionellen groben Karbidarten bieten können. Beispielsweise werden bei den Innenreihen des Rollenmeißels typischerweise konventionelle Arten, wie beispielsweise 510, usw., infolge ihrer Verschleißfestigkeitseigenschaften eingesetzt. Die Substitution derartiger konventioneller Arten für dotierte Karbide der vorliegenden Offenbarung kann die gleiche (oder eine ähnliche) Verschleißfestigkeit wie die konventionelle kleinere Teilchenart gestatten, aber mit der Bruchzähigkeit einer gröberen Karbidart. Umgekehrt kann die Substitution einer konventionellen groben Art die gleiche (oder eine ähnliche) Bruchzähigkeit gestatten, aber mit der Verschleißfestigkeit einer feineren Karbidart. Daher können die Karbidarten, die in Übereinstimmung mit den Ausführungen der vorliegenden Offenbarung hergestellt wurden, das gleichzeitige Erreichen der höheren Einsatzzähigkeit (und einer Fähigkeit, einem Bruch zu widerstehen, nachdem sich thermische Ermüdungsrisse gebildet haben) und Verschleißfestigkeit bewirken.

**[0059]** Beispielhafte Materialeigenschaften können irgendwelche der folgenden einschließen: Verschleißzahlen, die sich von etwa 2 bis zu etwa 4 bewegen; Härtewerte, die sich von etwa 83 bis 89 Rockwell A bewegen; und Bruchzähigkeitswerte von mindestens 18 ksi (in)<sup>0.5</sup> und mindestens 21 ksi (in)<sup>0.5</sup> bei anderen Ausführungen. Außerdem, wie es vor-

angehend diskutiert wird, während konventionell die Zähigkeit auf Kosten der Verschleißfestigkeit erreicht wird und umgekehrt, können Verbesserungen bei beiden Eigenschaften in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung erreicht werden. Wie es in **Fig. 8** gezeigt wird, kann daher bei einer Karbidmaterialart mit einer Bruchzähigkeit von etwa 20 ksi (in)<sup>0.5</sup> das Material eine Verschleißzahl von mindestens etwa 2 aufweisen. Außerdem kann bei einer Bruchzähigkeit von etwa 17,5 ksi (in)<sup>0.5</sup> eine Verschleißzahl von mindestens etwa 3,5 erreicht werden. Eine Fachkraft würde erkennen, dass diese Werte für die Eigenschaften der Karbide der vorliegenden Offenbarung demonstrativ sind, d. h., dass höhere Verschleißzahlen für eine bestimmte Karbidart mit einer bestimmten Bruchzähigkeit als bei der konventionellen äquivalenten Art erreicht werden können. Daher wird erwartet, dass andere Kombinationen der Bruchzähigkeit und des Verschleißes dem gleichen Trend folgen. Bei speziellen Ausführungen kann diese Verbesserung der Verschleißfestigkeit jedoch für gröbere Arten (eine mittlere Karbidteilchengröße von mehr als 4 µm) besonders groß sein, verglichen mit den feineren Arten (eine mittlere Karbidteilchengröße von kleiner als 4 µm) (d. h., eine Verbesserung der Verschleißzahlen von 40–80% oder mehr, verglichen mit einer Verbesserung von 10%). Zusätzlich kann im Ergebnis der Nanoteilchen der magnetische Sättigungswert der Materialien abgesenkt werden (auf weniger als 80%), weil die Matrixphase wahrscheinlich den Metallgehalt, beispielsweise W, bei einem verminderten C-Gehalt erhöht. Derartige magnetische Sättigungswerte können zu einer besseren Bindung des Karbids an einer Diamantschicht führen, wie beispielsweise in einem PDC-Schneidwerkzeug.

**[0060]** Im Großen und Ganzen enthalten hierin beschriebene Ausführungen einen definierten Kobaltgehalt und eine mittlere Karbidteilchengröße. Weil in einer Kobaltmatrix angeordnetes Wolframkarbid für ein verschleißfestes Material repräsentativ ist, wurde die vorliegende Anmeldung soweit mit Bezugnahme auf ein WC/Co-System erklärt. Es sollte jedoch verstanden werden, dass Ausführungen der Erfindung nicht auf ein WC/Co-System begrenzt sind. Bei anderen Ausführungen können andere geeignete Materialien für die grobkörnigen Hartphasenteilchen eingesetzt werden, einschließlich Übergangsmetallboride, Übergangsmetallkarbide und Übergangsmetallnitride. Beispielsweise werden Karbide, Boride oder Nitride, die aus feuerfesten Metallen hergestellt werden, einschließlich Wolfram (W), Titan (Ti), Molybdän (Mo), Niob (Nb), Vanadium (V), Hafnium (Hf), Tantal (Ta), Chrom (Cr), speziell innerhalb des Bereiches der vorliegenden Erfindung in Betracht gezogen. Gleichermaßen können bei anderen Ausführungen andere geeignete Bindemittel eingesetzt werden, einschließlich Kobalt (Co), Nickel (Ni), Eisen (Fe) und deren Legierungen.

**[0061]** Ausführungen der vorliegenden Offenbarung liefern daher vorteilhafterweise einen zähen, verschleißfesten Einsatz für eine Verwendung in Rollenmeißeln. Im Ergebnis dessen halten Meißel länger, die in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung hergestellt werden, was weniger Roundtrips bedeutet, um den Meißel auszuwechseln, wodurch der Umfang der Anlagenstillstandszeit verringert wird, was zu einer bedeutenden Kosteneinsparung führt. Im Großen und Ganzen werden diese Vorteile durch Auswählen der geeigneten Karbidkorngröße und des Kobaltgehaltes realisiert.

**[0062]** Während die Erfindung mit Bezugnahme auf eine begrenzte Anzahl von Ausführungen beschrieben wurde, werden jene Fachkräfte, die einen Nutzen aus dieser Offenbarung ziehen, erkennen, dass weitere Ausführungen abgeleitet werden können, die nicht vom Bereich der Erfindung abweichen, wie er hierin offenbart wird. Dementsprechend sollte der Bereich der Erfindung nur durch die als Anhang beigefügten Patentansprüche begrenzt werden.

#### ZUSAMMENFASSUNG

**[0063]** Es wird ein Untertagebohrmeißel offenbart, der eine Vielzahl von Schneidelementen einschließt, die auf eine Schneidstruktur montiert sind, wobei mindestens eines der Vielzahl von Schneidelementen ein verschleißfestes Material umfasst, wobei das verschleißfeste Material grobe Körner umfasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind, wobei die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Nanoteilchen umfasst.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 6197084 [0014]
- US 6655478 [0014]
- US 7017677 [0014]
- US 7036614 [0014]
- US 7128773 [0014]
- US 2004/0140133 A1 [0014]
- US 2008-0073127 [0035]
- US 6613383 [0036, 0041]
- US 6913827 [0038]
- US 20030012951 [0049]
- US 2004/0206470 [0049]
- US 20040029706 [0049]
- US 6934600 [0049]
- US 5290507 [0051]
- US 4407775 [0052]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- ASTM E-112 [0007]
- ASTM B-771 [0007]
- ASTM B-611 [0007]
- "Nanocoating Individual Cohesive Boron Nitride Particles in a Fluidized Bed Reactor" (Nanobeschichtung einzelner kohäsiver Bornitridteilchen in einem Wirbelschichtreaktor) von Jeffrey R. Wank und Mitarbeitern, Powder Technology 142 (2004) S. 59–69 [0042]

**Patentansprüche**

1. Untertagebohrmeißel, der umfasst:  
eine Vielzahl von Schneidelementen, die auf eine Schneidstruktur montiert sind, wobei mindestens eines der Vielzahl von Schneidelementen ein verschleißfestes Material umfasst, wobei das verschleißfeste Material grobe Körner umfasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind, wobei die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Nanoteilchen umfasst.
2. Bohrmeißel nach Anspruch 1, bei dem die groben Körner eine mittlere Korngröße im Bereich von 4 bis 9  $\mu\text{m}$  aufweisen.
3. Bohrmeißel nach Anspruch 2, bei dem die groben Körner eine mittlere Korngröße von mehr als 5  $\mu\text{m}$  aufweisen.
4. Bohrmeißel nach Anspruch 1, bei dem die Nanoteilchen Teilchen mit einer funktionalisierten Beschichtung darauf umfassen.
5. Bohrmeißel nach Anspruch 1, bei dem die funktionalisierte Beschichtung mittels Atomschichtabscheidung aufgebracht ist.
6. Bohrmeißel nach Anspruch 1, bei dem die Nanoteilchen intermetallische Fällungen umfassen, die während der Herstellung des Schneidelementes gebildet werden.
7. Bohrmeißel nach Anspruch 5, bei dem die Nanoteilchen  $\text{Co}_2\text{W}_4\text{C}$  umfassen.
8. Bohrmeißel nach Anspruch 1, bei dem das verschleißfeste Material eine Verschleißzahl von mindestens etwa 2 umfasst.
9. Bohrmeißel nach Anspruch 8, bei dem das verschleißfeste Material eine Verschleißzahl von mindestens etwa 3 umfasst.
10. Bohrmeißel nach Anspruch 1, bei dem das verschleißfeste Material eine Bruchzähigkeit von mindestens etwa 18 ksi (in)<sup>0,5</sup> aufweist.
11. Bohrmeißel nach Anspruch 10, bei dem das verschleißfeste Material eine Bruchzähigkeit von mindestens etwa 20 ksi (in)<sup>0,5</sup> aufweist.
12. Bohrmeißel nach Anspruch 8, bei dem das verschleißfeste Material dadurch gekennzeichnet ist, dass es eine Verschleißzahl von mindestens etwa 2 bei einer Bruchzähigkeit von etwa 20 ksi (in)<sup>0,5</sup> aufweist.
13. Bohrmeißel nach Anspruch 9, bei dem das verschleißfeste Material dadurch gekennzeichnet ist,

dass es eine Verschleißzahl von mindestens etwa 3,5 bei einer Bruchzähigkeit von etwa 17,5 ksi (in)<sup>0,5</sup> aufweist.

14. Bohrmeißel nach Anspruch 1, bei dem die Vielzahl der Schneidelemente auf einer Vielzahl von Flügeln montiert ist, die sich radial von einem Meißelkörper aus erstrecken.

15. Bohrmeißel nach Anspruch 1, bei dem die Vielzahl der Schneidelemente in einer Vielzahl von Rollenkonen montiert ist, die drehbar an einem Meißelkörper montiert sind.

16. Bohrmeißel, umfassend:  
einen Meißelkörper mit einer Vielzahl von Flügeln, die sich radial von dem Meißelkörper weg erstrecken; und  
eine Vielzahl von Schneidelementen, die an der Vielzahl von Flügeln montiert sind,  
wobei der Meißelkörper grobe Karbidkörner umfasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind, wobei die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Nanoteilchen umfasst.

17. Bohrmeißel, umfassend:  
einen Meißelkörper mit einer Vielzahl von Flügeln, die sich radial von dem Meißelkörper weg erstrecken;  
eine Vielzahl von Schneidelementen, die an der Vielzahl von Flügeln montiert sind; und  
eine Hartschicht, die auf mindestens einem Abschnitt des Meißelkörpers angeordnet ist, wobei die Hartschicht grobe Karbidkörner umfasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind, wobei die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Nanoteilchen umfasst.

18. Bohrmeißel, umfassend:  
einen Meißelkörper;  
mindestens einen Rollenkonus, der drehbar am Meißelkörper montiert ist;  
eine Vielzahl von Schneidelementen, die auf dem mindestens einen Rollenkonus angeordnet sind; und  
eine Hartschicht, die auf mindestens einem Teil von einer der mindestens einen Rolle und der Vielzahl der Schneidelemente angeordnet ist, wobei die Hartschicht grobe Karbidkörner umfasst, die in einer Bindemittel-Matrix-Phase angeordnet sind, wobei die Bindemittel-Matrix-Phase darin dispergierte Nanoteilchen umfasst.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

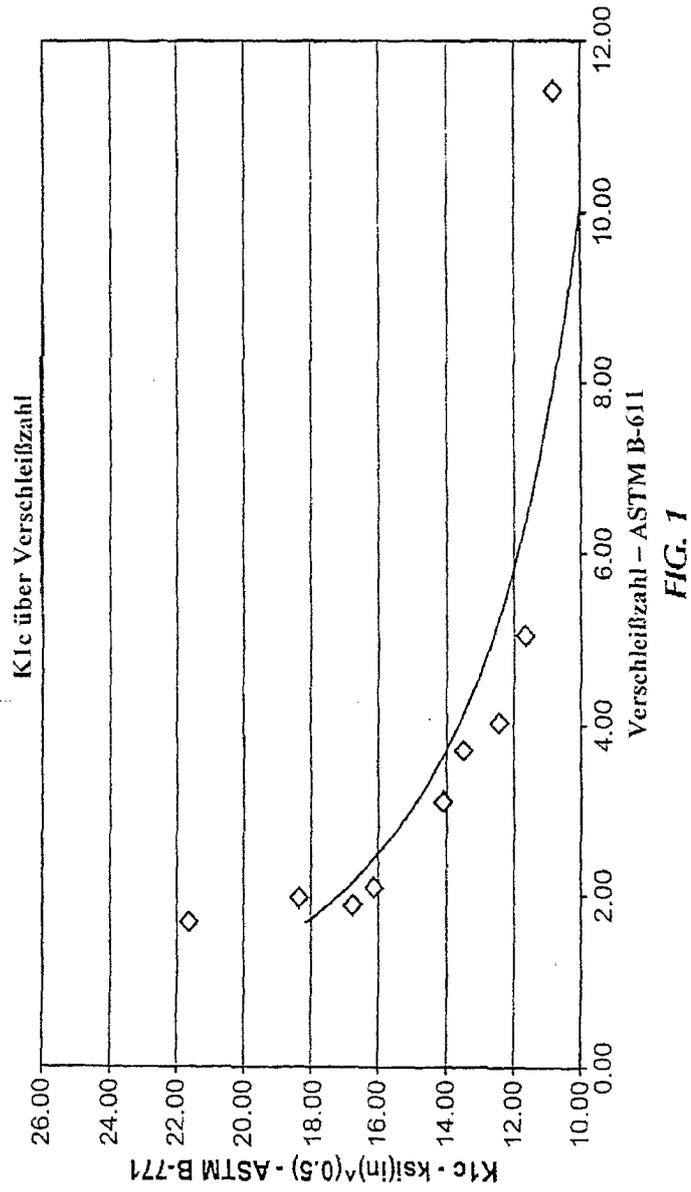


FIG. 1

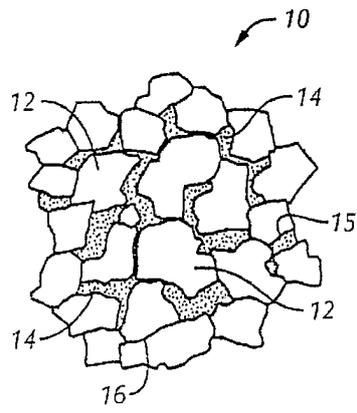


FIG. 2

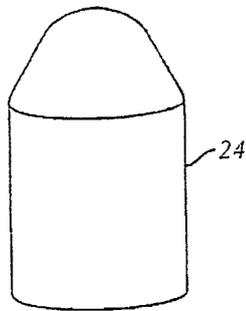
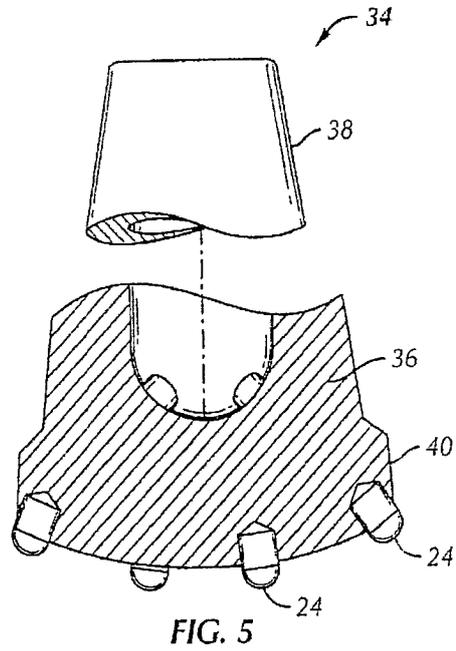
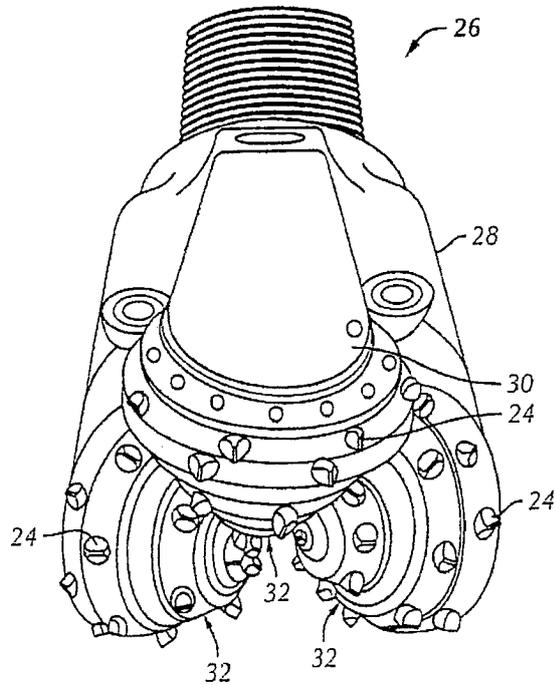


FIG. 3



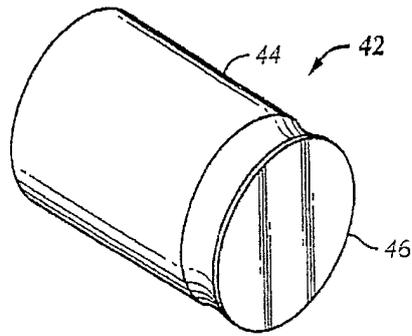


FIG. 6

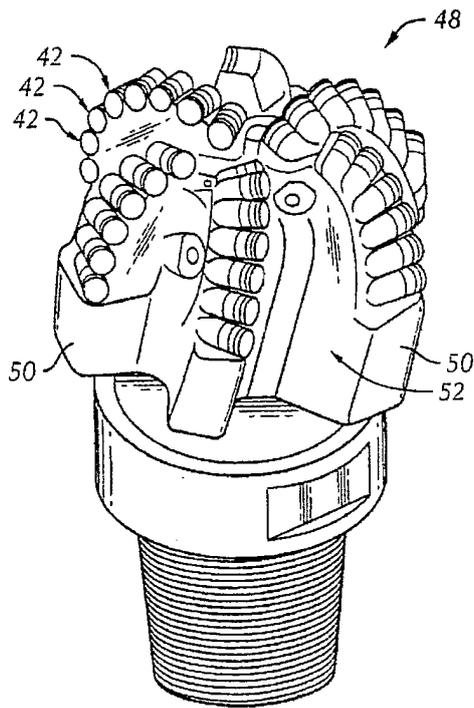


FIG. 7

