

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 83105070.3

51 Int. Cl.³: **C 22 C 1/04**
B 22 F 9/22, F 42 B 13/06

22 Anmeldetag: 21.05.83

30 Priorität: 16.07.82 DE 3226648

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.01.84 Patentblatt 84/4

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: **DORNIER SYSTEM GmbH**
Postfach 1360
D-7990 Friedrichshafen(DE)

72 Erfinder: **Kock, Wulf, Dr.**
Azenbergstrasse 7
D-7778 Markdorf 3(DE)

72 Erfinder: **Schmidberger, Rainer, Dr.**
Reussenbachstrasse 33
D-7778 Markdorf(DE)

72 Erfinder: **Wagner, Wolfgang**
Rosenstrasse 1a
D-7987 Weingarten(DE)

74 Vertreter: **Landsmann, Ralf, Dipl.-Ing.**
Kleeweg 3
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

54 **Wolframlegierungspulver.**

57 Heterogenes Wolframlegierungspulver zur Herstellung von Sinterteilen mit porenfreiem Gefüge, insbesondere von Wuchtgeschossen. Das Pulver enthält neben Wolfram eine Binderphase aus Nickel, Kobalt und Eisen und besteht aus 10 - 50 µm grossen Partikeln, wobei die Partikel eine schwammartige Struktur besitzen, die gebildet wird von Wolframkörnern < 1 µm, die ihrerseits umhüllt und zusammengehalten wird von einer dünnen Schicht einer homogenen Ni-Co-Fe-Binderphase (Matrix). Weiterhin werden Herstellungsverfahren angegeben.

Fig 1



DORNIER SYSTEM GMBH
7990 Friedrichshafen

Reg. S 428 EU

Wolframlegierungspulver

Die Erfindung betrifft ein heterogenes Wolframlegierungspulver, welches neben Wolfram eine Binderphase aus Nickel,
5 Kobalt und Eisen enthält, Verfahren zur Herstellung des Pulvers und seine Verwendung zur Herstellung von Wuchtgeschossen.

Für hochbeanspruchte Metallteile, insbesondere Wuchtgeschosse, werden Werkstoffe hoher Dichte benötigt. Neben
10 den Edelmetallen Gold und Platin erfüllen noch Uran und Wolfram die Anforderungen nach hoher Dichte. Das einzige Metall, das bei hoher Dichte zu einem vertretbaren Preis gehandelt wird, ist Wolfram. Als reines Metall ist Wolfram
15 jedoch schwierig zu verarbeiten, da es sehr spröde ist. Als Wuchtgeschoss ist es schlecht geeignet, da es die auftretenden Zug- und Druckbelastungen nicht aushält. Wuchtgeschosse sind Vollzylinder aus Metall, deren Länge den Kaliber bei weitem übersteigt. Beim Auftreffen eines
20 Wuchtgeschosses auf eine schrägstehende Panzerplatte verkippt das Wuchtgeschoss. In dem relativ langen Körper treten hohe Biegemomente auf, die häufig zu Bruch des Geschosses und damit zur relativen Wirkungslosigkeit führen.

Darum kommen für einen Einsatz als Konstruktionswerkstoff für so hoch beanspruchte Bauteile nur Verbundmaterialien in Frage, die das Wolfram in einer duktilen Binderlegierung eingebettet enthalten. Um bei hoher Dichte hohe Festigkeit und Zähigkeit zu erreichen, ist ein Gefügebau erforderlich, der das Wolfram in Form feiner einzelner Partikel enthält, die allseitig von einer sehr dünnen Schicht eines duktilen Bindermetalls umschlossen sind. Das Gefüge darf keine Poren aufweisen. Die mechanischen Eigenschaften (Zugfestigkeit, Bruchdehnung) der Teile sind umso vorteilhafter, je feinkörniger das Gefüge ist.

Bekannt ist aus F.Eisenkolb, Fortschritte der Pulvermetallurgie, 1963 Band II Seite 439 der Zusatz von in Wolfram löslichen Elementen, wie z.B. Re, die die Duktilität des Wolframs an sich erhöhen. Auf den Seiten 430 bis 433 werden Eigenschaften homogener Wolframlegierungen und die Möglichkeit des Festphasensinterns für homogene Wolframlegierungen angegeben. Homogene Wolframlegierungen eignen sich wegen ihrer geringen Duktilität nicht zur Herstellung von Wuchtgeschossen.

Bekannt ist die Herstellung von Bauteilen aus heterogenen Wolframlegierungen durch Flüssigphasensintern. Eine Pulver-

mischung von Wolframpulver und pulverförmigen Legierungskomponenten wird gepresst und anschliessend gesintert. Um ein porenfreies Gefüge zu erzielen, wird die Technik des Flüssigphasensinterns angewandt. Die Sinter-
5 temperatur wird dabei so hoch gewählt, dass die Binderlegierung schmelzflüssig ist. Dabei laufen im wesentlichen drei Prozesse ab:

1. Die Binderlegierung bildet sich aus den Pulvern der
10 einzelnen Legierungskomponenten.
2. Die schmelzflüssige Binderlegierung umhüllt die Wolfrankörner.
3. Der Körper verdichtet sich bis zur vollständigen Porenfreiheit.

15

Im gesinterten Zustand sind die Wolfrankörner immer grösser als die Pulverpartikel im Ausgangspulver. Das Auftreten einer schmelzflüssigen Phase beim Sinterprozess hat immer eine zusätzliche Vergrösserung der Wolfram-
20 körner zur Folge, die durch An- und Umlöseprozesse zwischen Wolfram und flüssiger Matrix ermöglicht wird. Das Phänomen der Kornvergrösserung von festen Ausscheidungen im Kontakt mit Flüssigkeiten ist grundsätzlicher Natur und unter dem Begriff der Ostwaldreifung bekannt.

Flüssigphasengesinterte Wolframlegierungen weisen typischerweise ein Gefüge aus kugeligen Wolframteilchen auf, die jeweils in einem Spektrum von etwa 10 - 60 μm großen Partikeln vorliegen, die in einer Binderlegierung eingebettet sind. Die Festigkeit und die Bruchdehnung werden aber jeweils durch die grössten vorhandenen Partikel (hier ca. 60 μm) begrenzt. Häufig ist zu beobachten, dass grosse Körner zusammengewachsen sind. Werkstoffe mit derartig grobkörnigem Gefüge weisen eine nicht ausreichende Festigkeit und nur eine geringe Verformbarkeit auf.

Auch durch die Wahl feinerer Ausgangspulver sind keine erheblich feineren Gefüge zu erzielen, da die für die Ostwaldreifung verantwortlichen treibenden Kräfte (Verringerung der freien Oberflächenenergie) mit steigender spezifischer Oberfläche der Partikel ansteigen. Auch durch isostatisches Heißpressen ist beim derzeitigen Stand der Technik eine wesentliche Verfeinerung des Gefüges nicht zu erzielen, da dabei ebenfalls eine flüssige Phase benötigt wird, um die Legierungsbildung der Bindermetalle und eine porenfreie Umschliessung der Wolframkörner durch die Binderlegierung zu ermöglichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Legierungspulver zur Herstellung von Sinterteilen, insbesondere von Wuchtgeschossen, zu schaffen, die neben hohem spezifischen Gewicht eine hohe Zugfestigkeit ($> 1200 \text{ N/mm}^2$) und Bruchdehnung ($> 20 \%$) aufweisen.

Gelöst wird diese Aufgabe von einem Legierungspulver mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen.

Ausführungen der Erfindung und Herstellungsverfahren sind Gegenstände von Unteransprüchen.

Die erfindungsgemäße Legierung weist nach dem Sintern ohne zusätzliche thermomechanische Nachbehandlung folgende Eigenschaften auf:

10

Zugfestigkeit $> 1200 \text{ N/mm}^2$ bei gleichzeitiger Bruchdehnung $> 25 \%$. Der Stand der Technik kennt Zugfestigkeiten von 1200 N/mm^2 bei lediglich $8 - 10 \%$ Bruchdehnung oder Zugfestigkeiten von 900 N/mm^2 bei 25% Bruchdehnung.

15

Das gleichzeitige Vorliegen von extremer Zugfestigkeit bei extremer Bruchdehnung ist bisher nicht bekannt und weist die erfindungsgemässen Wolfram-Sinterteile als ideale Werkstoffe für Wuchtgeschosse aus. Sowohl die hohen Druck- und Zugbelastungen beim Beschleunigen im Rohr als auch die hohen Biegemomente und Druckkräfte im Geschoss beim Auftreffen auf eine Panzerung werden von dem Material unbeschadet überstanden. Die hervorragenden Eigenschaften prädestinieren die erfindungsgemässen Sinterteile auch für andere Aufgaben in Wissenschaft und Technik, in denen höchste Anforderungen an die Festigkeit und Zähigkeit gestellt werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungen ergeben sich aus den Figuren, die nachfolgend beschrieben werden.

Es zeigen:

- 5 Fig. 1 erfindungsgemässe Pulverpartikel,
Fig. 2 erfindungsgemässes Sintermetall,
Fig. 3 Sintermetall aus dem Stand der Technik,
Fig. 4 eine Anordnung zur Herstellung des erfindungs-
gemässen Legierungspulvers.

10

Fig. 1 zeigt das erfindungsgemässe Wolframlegierungspulver in tausendfacher Vergrösserung. Es besteht aus Partikeln mit annähernd kugeligem Gestalt (grosse Kugel rechts der Bildmitte). Der Durchmesser beträgt 10 - 50 μ m. Die
15 Kugeln weisen eine schwammartige Struktur auf. Die Schwammstruktur wird aufgebaut aus Wolframkörnern von etwa 1 μ m Durchmesser, die von einem dünnen Überzug aus Bindermetall bedeckt und zusammengehalten sind. Dadurch ist bereits diejenige Verteilung von Wolfram und Bindermetall vorge-
20 geben, die für das fertige Werkstück kennzeichnend ist.

Im Gegensatz zu den nach dem Stand der Technik verwendeten Pulvermischungen aus W, Ni, Co und Fe-Pulver ist das erfindungsgemässe Pulver also fertig legiert und die
25 Binderlegierung umschliesst bereits die W-Körner in Form eines Überzuges. Damit müssen bei der Herstellung dichter

Sinterkörper die beiden Prozesse Bildung der Binderlegierung und Umhüllung der Wolframkörner nicht mehr unter Zuhilfenahme einer schmelzflüssigen Phase durchgeführt werden. Das Pulver kann in der festen Phase zu dichten
5 Körnern versintert werden.

Die Schwammstruktur der Pulverpartikel ist locker aufgebaut, so dass das Pulver unter 3 kbar Pressdruck auf etwa 50 % der theoretischen Dichte eines Kompaktums verdichtet
10 werden kann. Diese hohe Grunddichte in Verbindung mit der grossen spezifischen Oberfläche von grössenordnungsmässig $1 \text{ m}^2/\text{g}$ ermöglicht das druckfreie Dichtsintern der Presslinge unter Vermeidung von flüssigen Phasen.

15 Fig. 2 zeigt ein Schliffbild einer erfindungsgemässen gesinterten Legierung in 600-facher Vergrösserung.

Fig. 3 zeigt zum Vergleich eine gemäss dem Stand der Technik hergestellte, also flüssigphasengesinterte Legie-
20 rung in 600-facher Vergrösserung.

Das erfindungsgemässe Wolframlegierungspulver wird durch Pressen kompaktiert und anschliessend vorzugsweise in Wasserstoff in der festen Phase gesintert. Bereits bei
25 einer Sintertemperatur von 900°C erreicht die Sinterdichte über 95 % der theoretischen Dichte. Mit Sinter-

temperaturen zwischen 1200° C und 1300° C lassen sich porenfreie Sinterkörper herstellen.

Das Gefüge der festphasengesinterten Presslinge der Fig. 2 weist im Gegensatz zu den flüssigphasengesinterten Teilen der Fig. 3 keine kugeligen Wolframkörner auf, sondern eine nahezu raumerfüllende Anordnung polygoner Wolframkörner, zwischen denen in dünner Schicht das Matrixmetall verteilt ist. Das Sintergefüge der Fig. 2 ist wesentlich feinkörniger als das durch Flüssigphasensintern erreichte Gefüge der Fig. 3. Wie aus Fig. 2 zu entnehmen ist, beträgt der Durchmesser der Wolframkörner 2 - 5 μ m und die Korngrößenverteilung ist sehr schmalbandig. Beim Aufbringen gerichteter Kräfte lässt sich ein zeiliges Gefüge erzielen (nicht gezeigt), in dem die Wolframkörner über etwa 200 % verformt sind. Das feinkörnige und homogene Gefüge ist die Ursache für die überlegenen mechanischen Eigenschaften der aus den erfindungsgemässen Pulvern hergestellten Sinterteile.

20

Fig. 4 zeigt eine Anordnung zur Herstellung des erfindungsgemässen Wolframpulvers mit Zerstäuberdüse 1, Verdampferteil 2, Separator 3, Reduktionsteil 4, Wasserstoffeintritt 5 und Austrageorgan 6, sowie zwei Behältern 7 und 8 für Kondensat und Abgas.

25

Das erfindungsgemäße Pulver wird wie folgt hergestellt:
Eine gemeinsame Lösung eines Wolframsalzes und der Salze
der Matrixmetalle - Beispiele zur Lösungsbereitung werden
weiter unten angegeben - wird durch die Zerstäubereinheit
5 1 versprüht und gelangt als Aerosol in den 800° C heißen
Verdampferteil 2. Es entstehen feine Partikel, die aus
den homogen ineinander verteilten Salzen (oder anderen
Verbindungen) der Legierungskomponenten bestehen.

10 Im Separator 3 werden die festen und die gasförmigen Pro-
dukte des Verdampfungsprozesses getrennt. Kondensat und
Abgas gelangen in die Behälter 7 und 8. Im Reduktions-
teil 4 fällt der im Separator 3 gewonnene Feststoffanteil
(hauptsächlich Oxide) einem langsam aufsteigenden Wasser-
15 stoffstrom entgegen und wird bei einer Temperatur von
950° C bis 1200° C zum Metall reduziert. Am Wasserstoff-
eintritt 5 kann die Geschwindigkeit der Gasströmung ge-
regelt werden. Das fertig reduzierte Pulver verlässt
den Reduktionsteil 4 durch das Austrageorgan 6. Die Salz-
20 bzw. Oxidherstellung und die nachfolgende Reduktion kön-
nen auch nacheinander in zwei getrennten Apparaturen
durchgeführt werden.

Entscheidend für die hohe Sinteraktivität des Pulvers,
25 die allein ein Festphasensintern ermöglicht, sind die
Feinheit der Zerstäubung bei der Pulverherstellung, die
Konzentration und Zusammensetzung der gemeinsamen Lösung

sowie die schonende Reduktion der Salz- bzw. Oxidpartikel, bei der ein Zusammenwachsen der Salz- oder der Metallpartikel vermieden werden muss.

5 Bis zu einer Salzkonzentration, die 600 g aufgelöstem Metall pro Liter Lösung entspricht, ist eine Zerstäubung ausreichend, die ein mittleres Tropfenspektrum von 30 bis 50 μ m erzeugt. Die aus der Lösung entstehenden Feststoffpartikel haben eine dem Tropfenspektrum vergleichbare
10 Grössenverteilung. Wichtig ist bereits an dieser Stelle die Schwammstruktur der Feststoffpartikel, die im nachfolgenden Reduktionsschritt kurze Diffusionswege und damit kurze Reaktionszeiten erlaubt. Auf diese Weise ist eine Reduktion der Partikel im freien Fall möglich, bei
15 der ein Zusammenwachsen der Salz- oder Metallpartikel unterbleibt.

Bei den Versuchen hat sich als Lösungsmittel Wasser bewährt. Bei dessen Verwendung fielen die obengenannten
20 Feststoffpartikel als Oxidmischungen an. Als Reduktionsmittel kam in diesen Fällen Wasserstoff zur Anwendung. Die Lösungsbereitung kann auf zwei Wegen erfolgen:

Entweder man arbeitet in schwach saurem Medium bei einem
25 pH $>$ 3 unter Verwendung von Ammoniummetawolframat als löslicher Wolframverbindung oder man bereitet eine ammoniakalische Lösung von Wolframsäure, deren Anhydrid oder einem

ihrer Salze und verhindert die Fällung der Kationen der Matrixmetalle durch Komplexieren entweder mit Ammoniak oder mit den üblichen organischen Komplexbildnern wie z.B. EDTA. Die Verwendung kolloidaler Wolframverbindungen, z.B. in der Form von H_2WO_4 aq, WO_3 oder Ammoniumparawolframat, führte nach kurzer Zeit zu Störungen bei der Lösungszerstäubung.

Im Falle eisenhaltiger Lösungen muss beim Komplexieren mit Ammoniak von Salzen des zweiwertigen Eisens ausgegangen und Luftzutritt sorgfältig ausgeschlossen werden. Auch bei der Verwendung von Ammoniummetawolframat stört dreiwertiges Eisen, da es in den üblichen Konzentrationen den pH der Lösung auf Werte um 1 einstellt, so dass nach etwa 1 h Aufbewahrung ein Niederschlag ausfällt, der ein Zerstäuben der Lösung verhindert. Lösungen, die Eisen (II)-Ionen enthalten, bleiben nach dem Filtrieren über Blaubandfilter länger als 24 h bei Raumtemperatur klar.

Es folgen Beispiele zur Lösungsherstellung, zur Pulverherstellung und zur Sinterung:

1. Beispiel zur Lösungsherstellung

In ein 800 ml Becherglas werden 117,3 g WO_3 eingewogen und mit ca. 300 ml Wasser aufgeschlämmt. Es wird 3 h bei Siedehitze gerührt, bis die Farbe des Bodenkörpers von gelb nach weiß umgeschlagen ist. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur wird mit 100 ml 33%iger NH_3 -Lösung versetzt und schwach er-

wärmt. Nach 30 bis 40 Minuten wird die fast klare Lösung über ein Faltenfilter filtriert.

In ein 250 ml Becherglas werden 24,3 g $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 6,0 g $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 5,06 g $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ und 45 g EDTA eingewogen und mit 80 ml Wasser aufgerührt. In die Suspension werden langsam 30 - 40 ml 33%ige NH_3 -Lösung eingetropft, so dass eine dunkelviolette Lösung entsteht, die mit dem Filtrat der Wolframlösung vereinigt wird.

10 2. Beispiel zur Lösungsherstellung

Wie im Beispiel 1 wird eine Lösung von 113,5 g WO_3 in Ammoniak-Lösung hergestellt und über einen Faltenfilter in einen Tropftrichter filtriert. In einen 3-Hals-Kolben mit zwei Tropftrichtern, Gaseinleitungsrohr, Gasaustritt mit Waschflasche und Ansaugrohr für die Lösung werden 39,6 g $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 3,6 g $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ und 2,2 g CoCl_2 eingewogen. Der erste Tropftrichter ist mit 450 ml der filtrierten WO_3 -Lösung gefüllt, der zweite Tropftrichter enthält 100 ml halbkonzentrierte Ammoniaklösung.

20 Der 3-Hals-Kolben und der Gasraum über den Lösungen in den Tropftrichtern wird 20 min mit Stickstoff gespült. Dann wird unter Rühren die Ammoniaklösung zu den Salzen im Kolben getropft. Nach Beendigung der Zugabe wird die WO_3 -Lösung aus dem zweiten Tropftrichter zur Salzlösung gegeben. Über das
25 Ansaugrohr kann die Lösung unter Luftausschluss dem nachstehend beschriebenen Verfahren zur Metallpulverherstellung zugeführt werden.

3. Beispiel zur Lösungsherstellung

126 g WO_3 werden wie im Beispiel 1 in Ammoniaklösung aufgelöst. Nach der Filtration beträgt das Volumen etwa 900 ml. In ein 2000 ml Becherglas werden 393 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ eingewogen und bei $50^\circ C$ in 500 ml Wasser aufgelöst. Zur Lösung werden langsam 500 ml 33%ige NH_3 -Lösung gegeben. Anschließend werden die Wolframat- und die Kupferlösung vereinigt. Längeres Stehen in der Kälte ist zu vermeiden.

10 4. Beispiel zur Lösungsherstellung

Es werden 800 ml H_2O vorgelegt. 485,3 g Ammoniummetawolframat werden unter kräftigem Rühren langsam zugeschüttet. Es wird weitergerührt bis eine klare Lösung entstanden ist. Zur Wolframat-Lösung werden 28,5 g $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ in 500 ml H_2O unter starkem Rühren langsam zugegeben. Es ist wichtig, dass die Anwesenheit von dreiwertigem Eisen weitgehend ausgeschlossen wird, da sonst innerhalb kurzer Zeit ein gelb-weißer Niederschlag ausfällt. Zur so bereiteten Eisen-Wolfram-Lösung werden anschliessend 118,9 g $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ und 39,5 g $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, gelöst im Gesamtvolumen von 500 ml, zugefügt.

Ein Beispiel zur Pulverherstellung

In einem typischen Experiment werden in der oben beschriebenen Anlage 2 l Lösung pro h versprüht. Der Wasserstoffstrom beträgt 400 Normliter pro h. Die Ausbeute liegt oberhalb 80%. Das Pulver enthält weniger als 20 ppm SiO_2 , und je nach Lösungsherstellung zwischen 0 und 900 ppm Kohlenstoff sowie

500 ppm Stickstoff. Die Pulverpartikel haben Kugelform. Ihr Durchmesser beträgt im Mittel 20 - 30 μm . Die Struktur der Partikel ist schwammartig.

5 Ein Beispiel zur Sinterung

Das Pulver der Zusammensetzung 90% W, 6% Ni, 2% Fe, 2% Co (in Gewichtsprozenten) besitzt nach der Herstellung eine Schüttdichte von $0,85 \text{ g/cm}^3$. Es wird durch axiales oder isostatisches Kaltpressen bei einem Druck von 3 kbar zu 10 Probekörpern verdichtet, deren Gründichte etwa $8,5 \text{ g/cm}^3$ beträgt. Aufgrund der schwammartigen Struktur der Pulver, die eine gute Verzahnung der Partikel nach dem Pressen bewirkt, lassen sich auch ohne Zusätze von Bindemitteln Preßlinge mit hoher Grünfestigkeit herstellen.

15 Der Preßling wird in trockenem, strömenden Wasserstoff bei 1300°C 4 Stunden gesintert und anschliessend in Vakuum von ca. 10^{-2} mbar bei 1050°C 0,5 Stunden entgast.

Der entstandene Sinterkörper ist absolut porenfrei und weist ein feinkörniges Sintergefüge mit W-Körnern von 2 - 5 μm Durchmesser auf, die von einer dünnen Haut aus Binderlegierung umgeben sind.

DORNIER SYSTEM GMBH
7990 Friedrichshafen

Reg. S 428 EU

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Heterogenes Legierungspulver, welches neben Wolfram
eine Binderphase aus Nickel, Kobalt und Eisen enthält,
5 dadurch gekennzeichnet, dass das Pulver aus 10 - 50 μm
grossen Partikeln besteht, wobei die Partikel eine
schwammartige Struktur besitzen, die gebildet wird von
Wolframkörnern $< 1 \mu\text{m}$, die ihrerseits umhüllt und zu-
sammgehalten werden von einer dünnen Schicht einer
10 homogenen Ni-Co-Fe-Binderphase (Matrix).

2. Legierungspulver nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, dass Eisen, Kobalt und Nickel als Bindermaterialien
im Gewichtsverhältnis 1:1:3 vorliegen.

- 15 3. Legierungspulver nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch
gekennzeichnet, dass der Wolframgehalt zwischen 80 und
95 Gewichtsprozent, vorzugsweise 90 Gewichtsprozent,
beträgt.

4. Legierungspulver nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Elemente der Binderphase eines oder mehrere Metalle aus der Gruppe Ni, Cu, Ag, Fe, Co, Mo oder Re verwendet werden.
- 5
5. Verfahren zur Herstellung eines Legierungspulvers nach den Ansprüchen 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine wässrige Lösung mit $\text{pH} > 3$, die Wolfram in Form von Ammoniummetawolframat $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot \text{XH}_2\text{O}$ und, falls Eisen Legierungsbestandteil ist, dieses ausschließlich in Form eines Eisen (II)-Salzes enthält, zu einem Aerosol vernebelt wird, dessen mittlerer Tropfendurchmesser $< 50 \mu\text{m}$ ist, dass dieses Aerosol bei 800°C in der Verdampfungszone eines gasdichten Reaktors zu Dampf und schwammartigen Mischoxidpartikeln von 10 - 50 μm mittlerem Durchmesser umgewandelt wird, dass bei $\sim 400^\circ \text{C}$ eine Abtrennung der Oxidpartikel von den gasförmigen Produkten des Verdampfungsprozesses erfolgt und dass die Mischoxidpartikel anschliessend im freien Fall durch einen aufwärtsgerichteten Wasserstoffstrom bei Temperaturen zwischen 950°C und 1200°C zu schwammartigen Metallpartikeln von etwa 10 - 50 μm mittlerem Durchmesser reduziert werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellung der Mischoxidpartikel und deren Reduktion in zwei getrennten Verfahrensschritten erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass Wolfram als ammoniakalische Lösung der Wolframsäure oder ihres Anhydrids oder eines ihrer Salze eingebracht wird, die Salze der Matrixmetalle in Form ihrer Amminkomplexe vorliegen, wobei die Lösung in Gegenwart von Eisen, das als zweiwertiges Ion vorliegen muss, unter striktem Luftausschluss gehandhabt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bindermetalle in Form organischer Komplexe, vorzugsweise des Ethylendiamminotetraessigsäurekomplexes, und eventuell vorhandenes Eisen als Fe^{3+} vorliegen und Luftausschluss nicht erforderlich ist.
9. Verwendung des Legierungspulvers der Ansprüche 1 bis 4 zum Herstellen von Sinterteilen, insbesondere von Wuchtgeschossen, wobei durch an sich bekannte Verfahren des Festphasensinterns Teile erzeugt werden, deren Gefüge porenfrei ist und aus polygonen Wolfram-Körnern mit einem mittleren Durchmesser $< 5 \mu m$ besteht, die nahezu raumerfüllend angeordnet sind und zwischen denen sich in dünner Schicht die Binderlegierung befindet.

Fig. 1

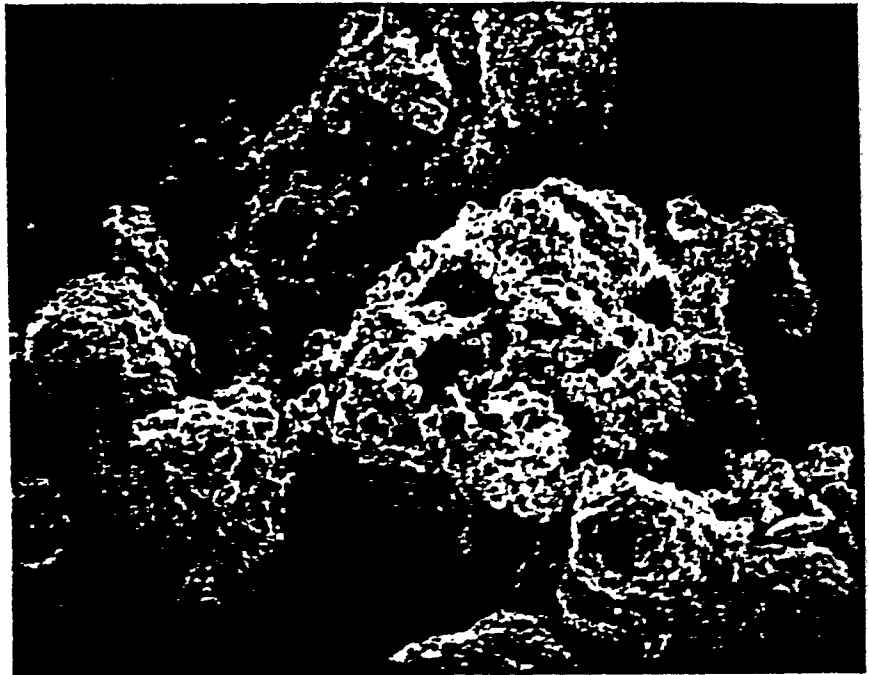


Fig. 2

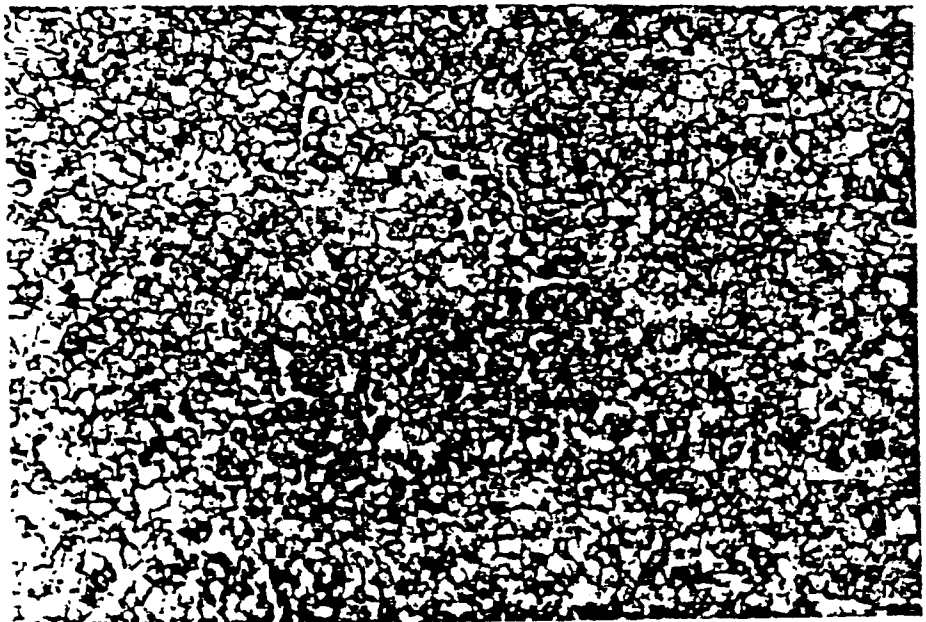


Fig. 3



Fig. 4

