(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Oktober 2002 (10.10.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/079535 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: C23C 4/10

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/02323

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. März 2002 (04.03.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 10 448.0 5. März 2001 (05.03.2001) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, 80636 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BERGER, Lutz-Michael** [DE/DE]; Cunnersdorfer Str. 12 a, 01189 Dresden Dresden (DE). **THIELE, Sven** [DE/DE]; Saubachweg 1, 09599 Freiberg (DE). **NEBELUNG, Manfred** [DE/DE]; Prellerstrasse 4, 01309 Dresden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:
— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: COATING POWDER BASED ON CHEMICALLY MODIFIED TITANIUM SUBOXIDES

(54) Bezeichnung: BESCHICHTUNGSPULVER AUF DER BASIS VON CHEMISCH MODIFIZIERTEN TITANSUBOXIDEN

(57) Abstract: The invention relates to a coating powder based on chemically modified titanium suboxides, for using in various coating techniques. By means of certain coating methods, the inventive coating powder can be applied to various components. The layers produced by the inventive coating powder are especially characterised by high electroconductivity, good solid lubricating properties and resistance to wear. For these reasons, there are possibilities of use for components coated with said layers, especially as functional layers for fuel cells in electrochemical installations, in the car industry, in mechanical engineering and in other economic activities. The inventive coating powder based on titanium suboxides having a defined defect structure is characterised in that it is modified by at least one metallic alloying element and described by general formula $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Beschichtungspulver auf der Basis von chemisch modifizierten Suboxiden des Titans für die Anwendung in verschiedenen Beschichtungstechnologien. Mittels dieser Beschichtungsverfahren kann das erfindungsgemäße Beschichtungspulver auf verschiedene Bauteile aufgetragen werden. Die aus dem erfindungsgemäßen Beschichtungspulver hergestellten Schichten zeichnen sich besonders durch hohe elektrische Leitfähigkeit, gute Festkörperschmiereigenschaften und Verschleißbeständigkeit aus. Aus diesen Gründen liegen für die mit diesen Schichten beschichteten Bauteile Anwendungsmöglichkeiten insbesondere als funktionelle Schicht für Brennstoffzellen in elektrochemischen Anlagen, im Fahrzeugbau, Maschinenbau und anderen Wirtschaftzweigen. Das Beschichtungspulver auf der Basis von Titansuboxiden mit definierter Defektstruktur ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass das Pulver durch wenigstens ein metallisches Legierungselement modifiziert ist und durch die allgemeine Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ beschrieben wird.

WO 02/079535 A2

Beschichtungspulver auf der Basis von chemisch modifizierten Titansuboxiden

Die Erfindung betrifft Beschichtungspulver auf der Basis von chemisch modifizierten Suboxiden des Titans mit der allgemeinen Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ für die Anwendung in verschiedenen Beschichtungstechnologien (wie beispielsweise den unterschiedlichen Varianten des thermischen Spritzens, wie zum Beispiel Plasmaspritzen, Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF) und Detonationsspritzen, sowie weiteren Verfahren wie Beschichten mittels Laser). Mittels der genannten Beschichtungsverfahren kann das erfindungsgemäße Beschichtungspulver auf verschiedene Bauteile aufgetragen werden. Die Schichten zeichnen sich neben einer hohen Verschleiß-, Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit durch hohe elektrische Leitfähigkeit und Festkörperschmierstoff-eigenschaften aus. Aus diesen Gründen leiten sich für die mit dem erfindungsgemäßen Pulver beschichteten Bauteile Anwendungsmöglichkeiten als funktionelle Schicht für Brennstoffzellen, in elektrochemischen Anlagen, im Fahrzeugbau, Maschinenbau, und anderen Wirtschaftszweigen ab.

Beschichtungspulver auf der Basis von Titansuboxiden werden neben einer ausführlichen Darstellung des Standes der Technik in DE 100 00 979 (um unnötige Wiederholungen zu vermeiden wird an dieser Stelle lediglich auf diese Darstellung verwiesen) beschrieben. Diese Pulver sind dadurch gekennzeichnet, dass n in der Formel Ti_nO_{2n-1} durch einen engen Bereich von n ± 2 oder enger aufweist und die Beschichtungspulverteilchen eine Korngröße im Bereich 10-90 µm aufweisen. In Beschichtungsexperimenten wurde jedoch gefunden, dass die aus diesem Pulver gespritzten Schichten zwar ein Sauerstoffdefizit im Vergleich zu TiO_2 aufwiesen aber eine störende teilweise Oxidation während des Beschichtungsprozesses unvermeidlich ist. Darüber hinaus ließen sich die für die Titansuboxide der Formel Ti_nO_{2n-1} typischen Planardefekte (Magnéli-Phasen) jedoch nicht

auf die thermisch gespritzten Schichten übertragen (Berger L.-M., Thiele S., Nebelung M., Storz O., Gasthuber H., Spray Powders and Coatings on the Basis of Titanium Suboxides; in: Thermal Spray 2001: New Surfaces for a New Millennium; Proceedings of the International Thermal Spray Conference, 28-30 May 2001, Singapore, Ed.: C.C.Berndt, K.A.Khor, E.F.Lugscheider; Materials Park/Ohio: ASM International, 2001, p. 291-300).

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Beschichtungspulver auf der Basis von Suboxiden des Titans mit der Struktur von Magnéli-Phasen zu beschreiben, die sich durch Oxidationsbeständigkeit auszeichnen, und bei denen die Planardefektstruktur der Magnéli-Phasen unabhängig von der Beschichtungstechnologie, in die Schichten übertragen werden kann.

Es ist somit Aufgabe der Erfindung ein Beschichtungspulver der genannten Art anzugeben, aus dem Schichten herstellbar sind, die sich durch überlegene elektrische, Festkörperschmierstoff- und Verschleißschutzeigenschaften auszeichnen.

Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben mit dem Beschichtungspulver gemäss einem oder mehreren der Ansprüche von 1 bis 14 gelöst.

Unabhängig von ihrer Herstellung ist es allen erfindungsgemäßen Beschichtungspulvern gemeinsam, dass diese durch wenigstens ein metallisches Legierungselemente modifiziert sind, und mit der allgemeinen Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ beschrieben werden können. Vorteilhafterweise enthalten die Beschichtungspulver ein oder mehrere weitere Legierungselemente, die einzelne Phasen der allgemeinen Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ stabilisieren oder inert sind.

Titansuboxide mit planaren Defektstrukturen (Magnéli-Phasen mit der allgemeinen Formel Ti_nO_{2n-1}) können auch als homologe Serie durch die Formel x TiO_2*Ti_2O_3 beschrieben werden. Sie lassen sich neben den in DE 100 00 979 genannten Verfahren auch durch eine Festkörperreaktion aus Ausgangsmischungen unterschiedlicher Molverhältnisse von TiO_2 und Ti_2O_3 leicht synthetisieren. Ti_2O_3 kann in dieser Reaktion durch eine Vielzahl von anderen dreiwertigen Metalloxiden ersetzt werden. Nach dem gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik existieren jedoch nur wenige dreiwertige Metalloxide bei denen

die Reaktionsprodukte die Struktur von Magnéli-Phasen aufweisen. Hierbei handelt es sich insbesondere um Cr_2O_3 und V_2O_3.

Durch Festkörperreaktion von Ausgangsmischungen unterschiedlicher Molverhältnisse von TiO_2 und Cr_2O_3 lassen sich modifizierte Titansuboxide mit der Struktur von Magnéli-Phasen, die durch die allgemeine Formel $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$ beschrieben werden, mit $n \geq 4$ einfach herstellen. Reine Titansuboxide mit der Struktur von Magnéli-Phasen, die durch Reaktion von TiO_2 und Ti_2O_3 entstehen, bilden sich nur, wenn die Reaktion in inerter Atmosphäre, zum Beispiel in Argon, durchgeführt wird. Im Gegensatz dazu bilden sich Magnéli-Phasen der Struktur $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$ mit $n \geq 4$ an Luft. Dies bedeutet, dass diese Phasen oxidationsbeständig sind und somit einen gravierenden Nachteil der reinen Titansuboxide mit der Struktur von Magnéli-Phasen nicht aufweisen. Die Phase $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$ mit $n=3$ ($TiCr_2O_5$) bildet sich nur, wenn sie durch weitere Legierungselemente, wie z.B. Aluminium, stabilisiert wird. Weitere Legierungselemente können auf alle Phasen $Ti_{n-2}Cr_nO_{2n-1}$ stabilisierend wirken.

Auch durch die Verwendung von Vanadium lassen sich modifizierte Titansuboxide mit der Struktur von Magnéli-Phasen, die durch die allgemeine Formel $Ti_{n-2}V_2O_{2n-1}$ mit $n \geq 3$ beschrieben werden, zum Beispiel nach den in US 5,049,537 genannten Verfahren einfach herstellen. Jedoch erfordert die Toxizität von V_2O_3 und Vanadiumoxiden anderer Wertigkeit des Vanadiums erhöhte Vorsichtsmaßnahmen bei der Synthese der Magnéli-Phasen, der Herstellung der Beschichtungspulver und deren Verarbeitung durch thermisches Spritzen.

Es ist weiterhin von Vorteil, wenn n in der Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ einen Bereich von $n \pm 2$ umfasst. Bei erhöhten Anforderungen an das Material kann unter Einhaltung engerer technologischer Parametergrenzen bei der Herstellung ein engerer Bereich von $n \pm 1$ realisiert werden. Bei $n < 5$ ist es möglich, dass im Beschichtungspulver nur Phasen vorliegen, die einem diskreten Wert für n entsprechen. Dies bedeutet, dass das Beschichtungspulver einphasig vorliegt, wenn für n nur eine Phase bekannt ist. Wenn für ein diskretes n mehrere Phasen bekannt sind, können diese nebeneinander vorliegen. Durch die immer kleineren Unterschiede in den Sauerstoffgehalten mit steigendem n

können die Beschichtungspulver mit $n \geq 5$ so hergestellt werden, dass neben der angestrebten Phase n noch eine zweite Phase n+1 oder n-1 vorliegt.

Es ist von Vorteil, wenn das Beschichtungspulver eine Korngröße im Bereich 10 – 90 µm aufweist. Bei speziellen Anforderungen kann das Beschichtungspulver auch einen Korngrößenbereich 10-45 µm aufweisen.

Die erfindungsgemäßen Beschichtungspulver können bezüglich ihrer Porosität und ihrer Morphologie unterschiedliche Eigenschaften aufweisen und die Herstellung kann prinzipiell auf unterschiedlichen Wegen erfolgen. Die bevorzugte Variante besteht darin, dass die Synthese über eine Festkörperreaktion von homogenen Ausgangsmischungen feindisperser Titandioxidpulver und dreiwertiger Metalloxidpulver, insbesondere Cr_2O_3 und V_2O_3, unterschiedlicher Molverhältnisse erfolgt. Die homogenen Ausgangsmischungen können die weiteren Legierungselemente, z.B. in der Form von Oxiden, enthalten. Es gibt jedoch noch eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten der Dotierung, Metallpulver oder sich zu Oxiden zersetzende Verbindungen der Legierungselement können ebenfalls eingesetzt werden. Nach der Festkörperreaktion kann eine zusätzliche Reduktion mit einem festen oder gasförmigen Reduktionsmittel erfolgen. Auf diesen unterschiedlichen Synthesewegen lassen sich feindisperse Pulver entsprechend der Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$, vorzugsweise $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$ und $Ti_{n-2}V_2O_{2n-1}$, herstellen, die vorteilhafterweise eine Korngröße <5 µm besitzen. Nach der Synthese kann das Suboxid $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ gegebenenfalls durch Mahlprozesse aufbereitet und die Korngröße verringert werden.

Die Herstellung des Beschichtungspulvers aus dem synthetisierten Pulvern der Zusammensetzung $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ erfolgt vorzugsweise durch Agglomerieren, Sintern und Fraktionieren nach den in DE 100 00 979 beschriebenen Verfahrensschritten, ohne dabei die Phasenzusammensetzung zu verändern. Sprühtrocknung ist das bevorzugte Verfahren für das Agglomerieren. In einer Verfahrensvariante können die Ausgangsoxide TiO_2 und Cr_2O_3 im benötigten Verhältnis zusammen sprühgetrocknet werden und durch Reaktionssintern werden die entsprechenden Magnéli-Phasen in dem gesinterten Beschichtungspulver erhalten. Eine weitere Möglichkeit der Herstellung besteht darin, aus vorher synthetisierten Pulvern die endgültige Phasenzusammensetzung während der

Sinterung des Beschichtungspulvers einzustellen. Das erfolgt beispielweise durch Veränderung der Sintertemperatur gegenüber der Synthesetemperatur. Beim Sintern verändert sich die Korngröße der primären Einzelpartikel nicht oder nur wenig. Die Korngröße der zusammengesinterten Einzelpartikel in den Beschichtungspulverteilchen beträgt vorzugsweise <5 µm. Üblicherweise liegen nicht mehr als 15% der gesinterten Beschichtungspulverteilchen unterhalb des angestrebten Partikelgrößenbereiches, dieser Wert kann bei Notwendigkeit durch wiederholtes Fraktionieren stark herabgesetzt werden. Vorteilhafterweise zeichnen sich diese Beschichtungspulver neben der Existenz nur einer Phase oder eines engen Bereiches von n in $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ in der Phasenzusammensetzung unter anderem durch eine kugelige Morphologie und eine Porosität größer 3%, vorzugsweise größer 10%, aus.

Die Porosität der Beschichtungspulver wird durch Quecksilberporosimetrie bestimmt. Bei der Berechnung der Porosität wird das intrudierte Volumen bei einem Druck, der einem Porendurchmesser > 1 µm entspricht, nicht berücksichtigt, da dieses Quecksilber in die Hohlräume zwischen die einzelnen Beschichtungspulverteilchen gedrückt wird. Durch die Porosität und die feinen Einzelpartikel sind diese Beschichtungspulver auch durch spezifische Oberflächen > 1 m^2/g gekennzeichnet.

Eine weitere Möglichkeit der Herstellung der erfindungsgemäßen Beschichtungspulver besteht darin, dass die Synthese von $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ direkt bei der Beschichtungspulverherstellung bei anderen Verfahren, z.B. Schmelzen und Brechen oder Sintern und Brechen realisiert wird. Diese Beschichtungspulver können leicht mit einem gasförmigen Reduktionsmittel weiter reduziert werden. Dabei bleibt die Morphologie, Korngröße und die Korngrößenverteilung des Ausgangspulvers im wesentlichen erhalten. So können diese Beschichtungspulver auch eine andere, z.B. eine kantige, Morphologie besitzen und eine Porosität <10%, vorzugsweise < 5%, aufweisen.

Alle erfindungsgemäßen Beschichtungspulver können mit verschiedenen Oberflächentechnologien zu Schichten verarbeitet werde. Besonders geeignet sind sie für die Verfahrensgruppe des thermischen Spritzens, wie zum Beispiel Plasmaspritzen, Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF) und Detonationsspritzen, sowie

Beschichtungsverfahren mittels Laser und Hybridverfahren. In den Schichten sind gegenüber dem Beschichtungspulver keine oder nur geringe Veränderungen in der chemischen und der Phasenzusammensetzung nachweisbar. Insbesondere bei der Verwendung von $Ti_{n-2}Cr_2O_{2n-1}$ kommt es zu keinen Oxidationsprozessen und damit zu Veränderungen der chemischen und Phasenzusammensetzung. Die Struktur der Magnéli-Phasen kann aus dem Beschichtungspulver in die Schicht übertragen werden.

Die Schichten werden vorzugsweise als elektrisch leitfähige keramische Schichten eingesetzt, die gleichzeitig eine hohe mechanische Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit aufweisen. Daneben können sie auch als Festkörperschmierstoff- und reine Verschleißschutzschichten eingesetzt werden. Wenn die Schichten durch die Wahl geeigneter Beschichtungsparameter porös hergestellt werden, eignen sie sich auch für den Einsatz als Elektrodenschichten.

Das erfindungsgemäße Beschichtungspulver soll im nachfolgenden Ausführungsbeispiel näher beschrieben werden.

Ausführungsbeispiel

2 mol eines feindispersen Titandioxidpulvers und 1 mol eines feindispersen Chromoxidpulvers Cr_2O_3 werden durch Mischmahlung in einer Kugelmühle innig miteinander vermischt, durch Pressen verdichtet und in einem Ofen unter Luft bei 1380°C (Haltezeit 4 h) zur vollständigen Umsetzung gebracht. Dabei entsteht ein einphasiges $Ti_2Cr_2O_7$, oder anders ausgedrückt $2TiO_2 \cdot Cr_2O_3$. Das Pulver wird durch Aufmahlen in einer Planetenkugelmühle in einen feindispersen Zustand mit einer mittleren Korngröße von 3,9 µm versetzt. Anschließend wird dieses Pulver in Wasser dispergiert und in einer Kugelmühle 16 h gemahlen. Dabei wurde die Suspension gleichzeitig mit 1,5 Mass.-% eines angepassten Binders aus Polyvinylalkohol und Polyethylenglykol versetzt und anschließend durch Sprühtrocknung Granalien in einer kugeligen Form hergestellt. Das Entbindern und die Sinterung der Granalien zum Beschichtungspulver erfolgen in einer einstufigen Temperung in flachen Graphittiegeln unter Argon mit einer

Aufheizgeschwindigkeit von 5 K/min bis 600°C und 10 K/min bis zur Sintertemperatur von 1300°C mit einer isothermen Haltezeit von 30 min. Die gesinterten Pulver wurden einer schonenden Mahlung unterzogen. Die Abtrennung der Fraktion > 45 µm erfolgte durch Sieben, die der Fraktion < 10 µm durch Windsichten. Der Feinanteil des Pulver kleiner < 10 µm nach der Fraktionierung betrug 4 %.

Durch Röntgenphasenanalyse wurde nachgewiesen, dass sich die Phasenzusammensetzung des Beschichtungspulvers gegenüber dem feindispersen Ausgangspulver nicht verändert hat. Die Korngrößenverteilung der Beschichtungspulverpartikel wurde mit Hilfe eines Laserbeugungsmeßgerätes mittels Trockendispergierung gemessen. Die Messung ergab die granulometrischen Kennwerte d_{10} von 15 µm, d_{50} von 28 µm und d_{90} von 43 µm. Die innere offene Porosität des Beschichtungspulvers wurde mit Hilfe der Quecksilberporosimetrie mit 11% bestimmt. Bei der Berechnung der Porosität wurde das intrudierte Volumen bei einem Druck, der einem Porendurchmesser > 1 µm entspricht, nicht berücksichtigt, da dieses Quecksilber in die Hohlräume zwischen die einzelnen Beschichtungspulverteilchen gedrückt wird. Die spezifische Oberfläche des Pulvers betrug 1,55 m²/g.

Das Beschichtungspulver wurde anschließend durch atmosphärisches Plasmaspritzen (APS) unter Verwendung eines Argon/Wasserstoff-Plasmas mit einer Leistung von 42 kW bei Gasflüssen von Ar 45 l/min und H_2 10 l/min (jeweils unter Standardbedingungen) auf ein unmittelbar vor dem Spritzen durch Sandstrahlen aufgerauhtes Stahlsubstrat aufgebracht. Der Spritzabstand betrug 110 mm und die Pulverförderrate 35 g/min. Dabei wurde eine Schichtdicke von rund 300 µm erzielt. Durch eine Röntgenphasenanalyse wurden in der gespritzten Schicht $Ti_2Cr_2O_7$ nachgewiesen.

Beschichtungspulver auf der Basis von chemisch modifizierten Titansuboxiden

Patentansprüche

1. Beschichtungspulver auf der Basis von chemisch modifizierten Titansuboxiden mit definierter Defektstruktur, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pulver durch wenigstens ein metallisches Legierungselement modifiziert ist und durch die allgemeine Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ beschrieben wird.

2. Beschichtungspulver nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein oder mehrere weitere Legierungselemente enthalten sind.

3. Beschichtungspulver nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste metallische Legierungselement Chrom ist und die Zusammensetzung des Pulver durch die allgemeine Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ mit $n \geq 4$ beschrieben wird.

4. Beschichtungspulver nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste metallische Legierungselement Chrom ist und die Zusammensetzung des Pulvers durch die allgemeine Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ mit $n \geq 3$ beschrieben wird, wobei die Zusammensetzung durch ein weiteres metallisches Legierungselement stabilisiert wird.

5. Beschichtungspulver nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste metallische Legierungselement Vanadium ist und die Zusammensetzung des Pulver durch die allgemeine Formel $Ti_{n-2}Me_2O_{2n-1}$ mit $n \geq 3$ beschrieben wird.

6. Beschichtungspulver nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** n einen Bereich n ± 2 umfasst.

7. Beschichtungspulver nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** n einen Bereich n ± 1 umfasst.

8. Beschichtungspulver nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** nur eine Phase nachweisbar ist, die einem diskreten Wert für n entsprechen, wenn $n < 5$ ist.

9. Beschichtungspulver nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Phasen nachweisbar sind, wenn $n \geq 5$ ist.

10. Beschichtungspulver nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses eine Korngröße im Bereich 10-90 µm aufweist.

11. Beschichtungspulver nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses eine Korngröße im Bereich 10-45 µm aufweist.

12. Beschichtungspulver nach einem oder mehreren der Ansprüche von 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungspulver eine kugelige Morphologie besitzt, eine offene Porosität größer 3% aufweist, und aus zusammengesinterten Einzelpartikeln des Korngrößenbereiches < 5 µm besteht.

13. Beschichtungspulver nach den Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die offene Porosität des aus zusammengesinterten Einzelpartikeln bestehenden Beschichtungspulvers, größer 10% ist.

14. Beschichtungspulver nach einem oder mehreren der Ansprüche von 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungspulver eine kantige Morphologie besitzt und eine offene Porosität kleiner 10% aufweist.