

Metallografische Präparation von Pulvermetallen

Application Notes

Neben Gießen und dem mechanischen und spanabhebenden Formen ist die Pulvermetallurgie (P/M) ein wichtiges Verfahren zur Herstellung von Metallteilen. Dabei können unerwünschte Eigenschaften von Metallen aus herkömmlich hergestellten Blöcken stark reduziert werden. Durch Kombinationen von verschiedenen Metallpulvern, oder durch Mischungen von Metallpulvern mit Nichtmetall-Pulvern, können dagegen erwünschte Eigenschaften von Metallen erzielt werden, die sich normalerweise nicht leicht miteinander legieren lassen.

Der Prozess der Pulverherstellung, des Formpressens und anschließenden Sinterns ist teuer, die fertigen Teile haben jedoch einige spezifische Vorteile gegenüber Teilen aus Knet- oder Gusslegierungen.

Die Hauptvorteile sind

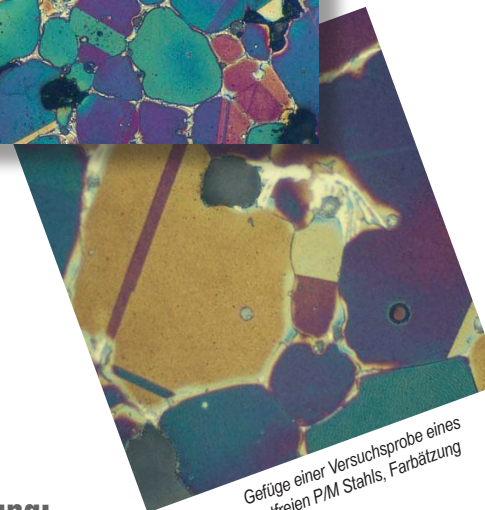
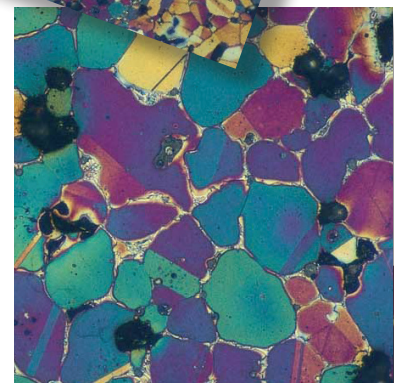
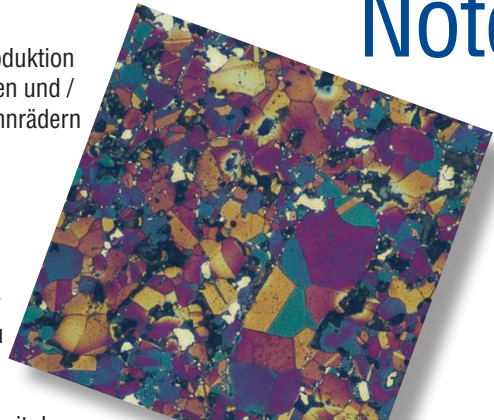
- die Möglichkeit ein feinkörniges, homogenes Gefüge zu erzeugen
- kompliziert geformte Teile mit geringen Maßabweichungen herzustellen
- und Teile mit einer hervorragenden Oberflächenqualität zu produzieren

Dadurch wird die kostenintensive, spanabhebende Bearbeitung reduziert oder entfällt ganz, wodurch sich im Vergleich zu anderen Formgebungsverfahren weniger Metallverlust ergibt. Deshalb ist das pulver-

metallurgische Verfahren zur Produktion von kleinen, kompliziert geformten und / oder sehr genauen Teilen wie Zahnrädern oder Verbindungsteilen geeignet.

Zusätzlich bietet das Verfahren die Möglichkeit, eine Reihe von Legierungen mit verschiedenen Eigenschaften wie Zähigkeit oder Härte bei hohen Temperaturen zu erzeugen. Wendeschneidplatten aus Hartmetall sind ein Beispiel wie verschiedene Eigenschaften mit dem pulvermetallurgischen Verfahren erzielt werden können.

Da die Dichte des gepressten und gesinterten Teils seine Haupteigenschaften wie Festigkeit, Zähigkeit und Härte beeinflusst, ist eine spezifische Porosität einzuhalten und zu überprüfen. Zur Verfahrenskontrolle wird deshalb die Metallografie zur Beurteilung von Porosität, von nichtmetallischen Einschlüssen und von Verunreinigungen durch Pulverschleppung eingesetzt. In der Forschung und Fehleranalyse spielt die Metallografie hauptsächlich eine Rolle bei der Entwicklung von neuen Produkten und zur Verbesserung der Herstellungsverfahren. Zusätzlich zur chemischen Analyse schließt die Qualitätskontrolle noch physikalische Methoden zur Bestimmung der Dichte, Maßänderungen, der Fließrate von Pulver usw. ein.



Gefüge einer Versuchsprobe eines rostfreien P/M Stahls, Farbätzung

Schwierigkeiten während der metallografischen Präparation

Schleifen und Polieren: Nach dem Schleifen und Polieren das Gefüge mit der richtigen, repräsentativen Porosität zu zeigen.

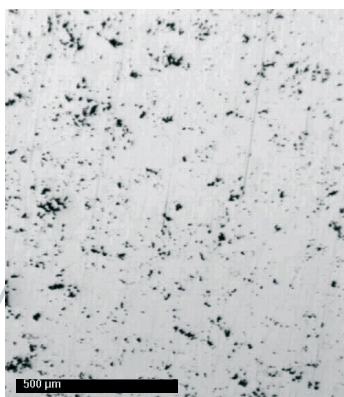


Abb. 1: Porosität eines P/M Stahls nach 4 Minuten Politur mit 3µm Diamant

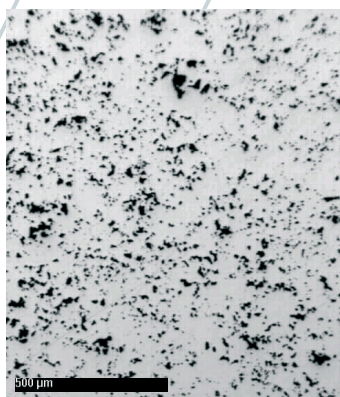


Abb. 2: Gleiche Probe wie in Abb. 1 nach 8 Minuten Politur mit 3µm Diamant

Lösung:

Ausreichend langes Polieren



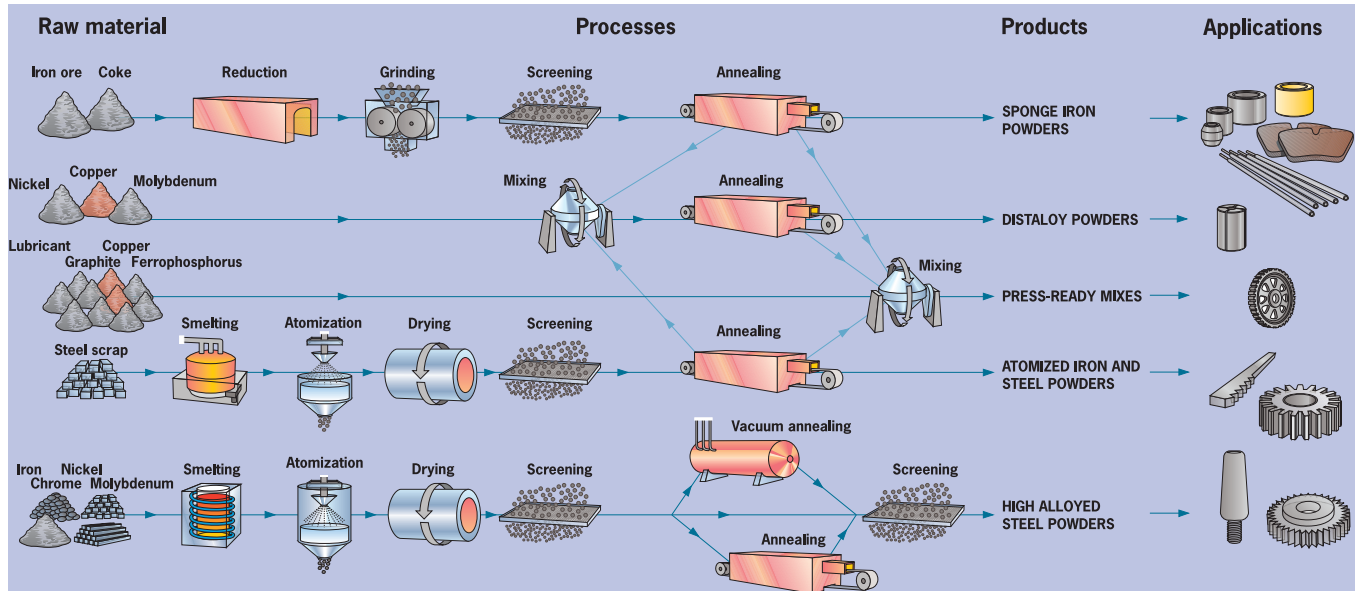
Verschiedene pulvermetallurgisch hergestellte Stahlteile

Herstellung und Verwendung von Pulvermetallen



Synchronkranz

Herstellungsprozess von Eisen- und Stahlpulvern



Herstellung

Um das gewünschte Gefüge und die genaue Form eines Teils aus Pulvermetall zu erzielen ist eine genaue Kontrolle der folgenden Herstellungsschritte erforderlich:

- Herstellen des Pulvers
- Mischen des Pulvers mit Zusätzen wie Schmiermittel, Graphit und/oder Legierungselementen
- Pressen des Pulvers in Hartmetallformen
- Sintern bei hohen Temperaturen (1100-1200°C) unter Schutzgas

Pulver können mit mehreren Verfahren hergestellt werden, von denen die chemische Methode und das Zerstäuben am häufigsten sind. Bei der chemischen Methode wird das Metall aus Erzkiden bei einer Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes direkt zu Metallpulver umgewandelt. Zum Beispiel wird Eisenpulver durch eine direkte Reduktion von Eisenerz zu Eisenschwamm hergestellt. Der

Eisenschwamm wird zu Pulver gemahlen und anschließend durch Glühen in einer reduzierenden Atmosphäre zu reinem Eisenpulver veredelt. Es wird zum Legieren und für Teile mit geringer Dichte, z.B. Lager, verwendet.

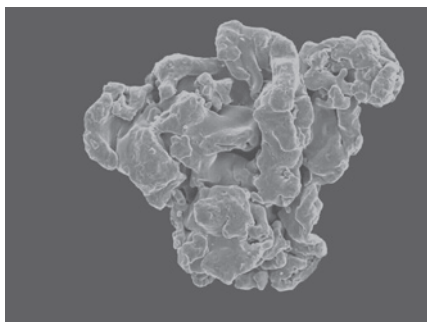
Beim Zerstäuben fließt geschmolzenes Metall durch eine Düse und wird beim Austritt von einem Wasser- oder Gasstrahl getroffen. Es bilden sich Tröpfchen die zu Teilchen erstarren. Zerstäubte Pulver ergeben eine höhere Dichte als gemahlene Pulver, aus diesem Grund werden Stahlpulver durch Zerstäuben hergestellt.

Kupferpulver kann durch Zerstäuben oder auch elektrolytisch hergestellt werden. Durch Zugabe von kontrollierten Mengen von Kohlenstoff zu Wolframpulver wird in einem Aufzementierprozess bei 1400-2650°C Wolframkarbid produziert.

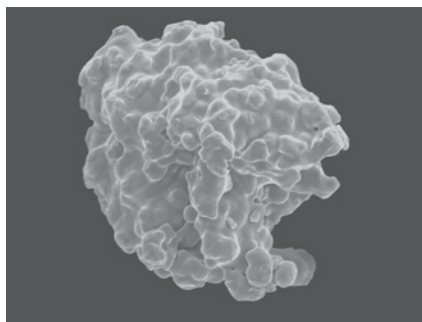
Das Herstellen und Mischen von Pulvern ist ein hoch spezialisierter und komplexer Prozess der es erlaubt, auf spezielle Anwendungen zugeschnittene Mischungen herzustellen. Um

ein gleichmäßiges Gefüge zu erreichen weisen gute Pulvermischungen einige Hauptmerkmale auf. Am wichtigsten ist die gewünschte Legierung mit ihren Eigenschaften, aber auch das Verhalten des Pulvers während der Verarbeitung, dem Pressen und Sintern. Zum Beispiel ist das leichte Fließen des Pulvers, und seine Fähigkeit sich leicht mit anderen Pulvern zu mischen, für die gleichmäßige Pulververteilung vor dem Pressen und damit für die gleichmäßigen Eigenschaften eines fertigen Teils wichtig.

Zur Herstellung von Teilen wird das gemischte Pulver zunächst in Hartmetallformen mit hohem Druck gepresst. Zu diesem Zeitpunkt hat das Teil die Geometrie des fertigen Teils aber noch nicht dessen Festigkeit und es wird als „Grünling“ bezeichnet. Um die mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Materials zu entwickeln muss durch das Sintern bei hohen Temperaturen in einem Sinterofen eine metallurgische Bindung stattfinden. Die Bindung entsteht durch Diffusion zwischen nebeneinander liegenden Teilchen. Das Sintern findet unter Schutzatmosphäre statt um eine Oxydation zu verhindern, da diese das Bindungsverhalten zwischen den Teilchen beeinträchtigt. Durch die Bindungen erhöht sich die Dichte, und gepresste und gesinterte Pulvermetallteile haben generell ca. 5-25% Restporosität. Abhängig von der Anwendung werden manche Teile noch heissisostatisch gepresst um die Geometriegenauigkeit zu verbessern. Auch können fertige Teile mit Öl imprägniert oder Oberflächenbehandlungen wie Plattieren,



Pulver aus Eisenschwamm, REM



Zerstäubtes Eisenpulver, REM

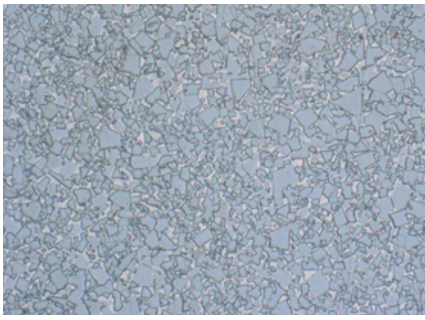


Abb. 3: Hartmetall (WC/Co),
geätzt nach Murakami
1500x

Beschichten oder Oberflächenhärtung durchgeführt werden.

Das Sintern von Metallkarbiden wird mit einem Vakuumsinterprozess durchgeführt. Das Karbidpulver wird mit 3-25 Gew.% Kobalt, in einigen Fällen auch Nickel, gemischt und geringe Mengen von Titan und Tantal zur Vermeidung von Kornwachstum zugegeben. Diese Mischung wird gepresst und gesintert. Bei 1280-1350 °C setzt die Verflüssigung des Kobalts ein und bildet eine Art eutektische Phase von WC-Co. Die Verdichtung beginnt bei einer niedrigeren Temperatur und erreicht kurz nach der Verflüssigung theoretische 100%. Während der Verflüssigung schrumpft das Teil bis zu 40%.

Verwendung

Pulvermetall wird hauptsächlich für folgende Anwendungen eingesetzt:

- Mechanische Teile für den Maschinenbau hauptsächlich aus Eisenwerkstoffen, aber auch aus Kupfer, Bronze und Aluminium. Der größte Abnehmer von Bauteilen aus Metallpulver ist die Automobilindustrie, deren Zulieferer u.a. Verbindungsstifte, Synchronzahnkränze, Kettenzahnräder, Nocken und Zahnräder herstellen.
- Hochschmelzende Metalle wie z.B. Vanadium, Wolfram und Molybdän, die wegen ihres hohen Schmelzpunktes schwer zu schmelzen und zu gießen sind.
- Poröses Material bei dem kontrollierte Porosität eine spezifische Funktion hat, z.B. bei selbstschmierenden Lagern.
- Verbundwerkstoffe die keine Legierungen bilden, z.B. Wolfram und Kupfer für elektrische Kontakte, Hartmetallwendschneidplatten (Abb. 3), Material für Brems- und Kupplungsbeläge, Diamantschneidwerkzeuge oder Verbundwerkstoffe mit einer Metallmatrix.
- Spezielle Hochleistungslegierungen, wie Teile aus Nickel- oder Kobaltbasis-Legierungen für Düsentriebwerke; Schnellarbeitsstähle die eine gleichmäßige Karbidverteilung und isotropische Eigenschaften aufweisen sollen (Abb. 4 und 5).

Zusätzlich werden noch verschiedene Pulver und Pulvermischungen für thermische Spritzverfahren hergestellt, die ebenfalls einer metallografischen Qualitätskontrolle unterliegen.

Die Hauptschwierigkeit der Präparation liegt

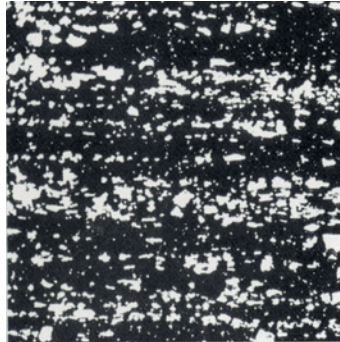


Abb.4: Karbidverteilung bei konventionell
hergestelltem Stahl

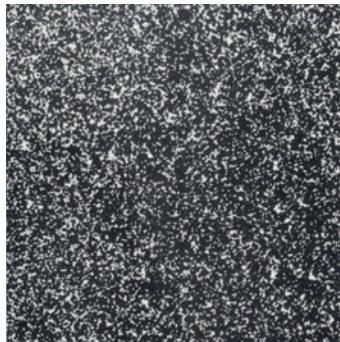


Abb.5: Karbidverteilung bei pulvermetallurgisch
hergestelltem Stahl



Schwierigkeiten bei der metallografischen Präparation von Pulvermetallen

darin, dass nach dem Schleifen und Polieren die wahre Porosität des Gefüges ersichtlich sein soll. Je nach Härte des zu präparierenden Materials kann diese Forderung mehr oder weniger erfüllt werden. Beim Schleifen von weichen Metallen wird das abgetragene Metall in die Poren gedrückt und muss durch das nachfolgende Polieren wieder entfernt werden. Proben bei welchen harte und weiche Materialien gemischt vorliegen tendieren zu ausgeprägtem Relief, und die Präparation von Grünlingen verlangt besondere Vorsicht und Geduld, da sie sehr zerbrechlich sind.

Empfehlungen für die Präparation von Pulvermetallen

Trennen

Zur Probennahme eines pulvermetallurgisch hergestellten Teils aus einem spezifischen Metall oder einer Legierung wählt man eine entsprechende Trennscheibe aus den empfohlenen Tabellen für Verbrauchsmaterial. Für Teile mit gemischten Materialien empfiehlt es sich eine Trennscheibe für das Material zu wählen welches den Hauptanteil der Probe bildet. Für das Trennen von Hartmetall wird eine kunstharzgebundene Diamanttrennscheibe empfohlen (z.B. BOD31). Grüne Teile müssen vor dem Trennen mit Kalteinbettmittel getränkt werden um eine Zerstörung beim Einspannen zu vermeiden (siehe nächster Abschnitt „Einbetten“).

Einbetten

Um eine gute Haftung des Einbettmittels am Probenmaterial zu gewährleisten ist eine gute Entfettung der Probe unerlässlich. Dafür eignen sich Azeton, Toluol oder ein Petroleumdestillat*. (Die Sicherheitsbestimmungen im Umgang mit Lösungsmittel sind einzuhalten!) Grüne Teile müssen erneut mit Epoxydharz vakuumimprägniert werden (EpoFix, SpeziFix-40). Gesinterte Teile können mit einem Einbettmittel welches der Härte der Probe entspricht warmeingebettet werden, z.B. mit Phenolharz (MultiFast) oder einem verstärkten Harz (DuroFast, IsoFast). Pulver können eingebettet werden indem man einen halben Teelöffel Pulver mit einem langsam aushärtenden Epoxydharz mischt und in eine Einbettform gießt. Während der acht Stunden Aushärtezeit sinken die Pulverteilchen nach unten auf den Boden der Einbettform und bilden eine Schicht. Harte Metallpulver können

* z.B. Isopar C von Exxon

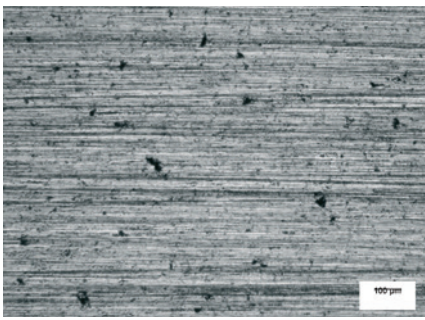


Abb. 6:
Oberfläche eines P/M
Stahls nach dem
Feinschleifen auf
MD-Allegro

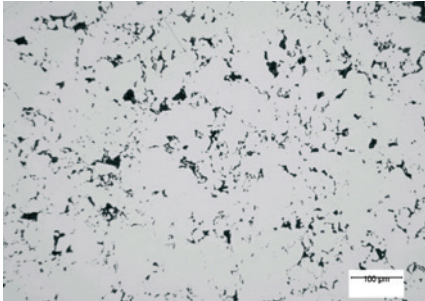


Abb. 7: Gleiche Probe wie in Abb. 6,
mit ungenügender Politur

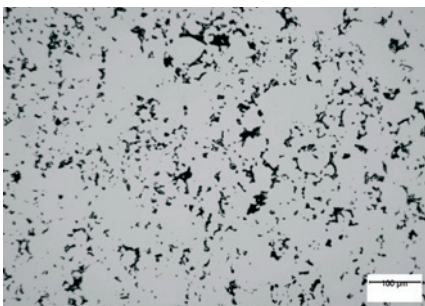


Abb. 8: Gleiche Probe wie Abb. 7 nach längerer Politur,
zeigt richtige Porosität

warm eingebettet werden. Dazu mischt man das Pulver mit einem Messlöffel feinpulvrigem IsoFast, gibt die Mischung in den Zylinder der Einbettpresse und füllt den Rest mit Phenolharz auf.

Schleifen und Polieren von Pulvermetall folgt den gleichen Regeln wie man sie für eine Guß- oder Knetlegierung des gleichen Metalls anwenden würde. Großen Probenmengen mit einer Härte >150 HV können mit einem Aluminiumoxid Schleifstein oder einer Diamantschleifscheibe (MD-Piano) plan geschliffen werden. Werkstoffe unter <150 HV können mit Siliziumkarbidpapier plan geschliffen werden. Zum Feinschleifen mit Diamant kann für Materialien mit der Härte >150 HV die Feinschleifscheibe MD-Allegro verwendet werden, und für Materialien <150 HV eignet sich die Feinschleifscheibe MD-Largo. Anschließend wird mit 3µm Diamant sorgfältig poliert und mit 1µm oder Oxidpoliersuspension kurz feingepoliert. Da das Hauptziel der Präparation eines Pulvermetalls die richtige Repräsentation der Porosität ist, ist es wichtig das Diamantpolieren so lange fortzusetzen bis dieses Ziel erreicht ist (Abb. 6-9). Bei großen oder weichen Proben kann es 10-15 Minuten dauern bis das Metall, das durch das Schleifen in die Poren gedrückt

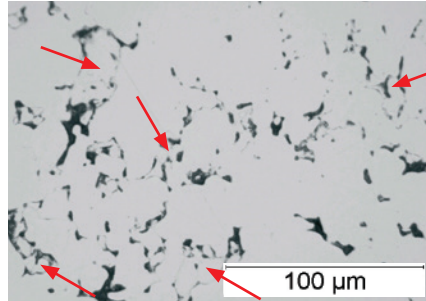


Abb. 9: Vergrößerung von Abb. 7, zeigt noch durch
eingedrücktes Metall verschlossene Poren

wurde, mit Diamantpolieren wieder entfernt und die richtige Porosität sichtbar wird. Für weiche Metalle sollte die Endpolitur nicht zu lange durchgeführt werden da sich dadurch die Ränder der Poren abrunden.

Beginnend mit Körnung 500 oder 800 werden grüne Teile mit Hand auf Siliziumkarbidpapier bis Körnung 4000 geschliffen. Die Oberfläche muss dabei nach Bedarf nochmals imprägniert werden. Das Polieren kann mit einer halb-automatischen Poliermaschine für Einzelproben erfolgen.

Um für bestimmte Legierungen oder Teile die genaue Polierzeit festzulegen wird empfohlen während des Polierens das Gefüge alle zwei Minuten mit dem Mikroskop zu prüfen und erst dann zur nächsten Polierstufe überzugehen, wenn alles Restmetall aus den Poren

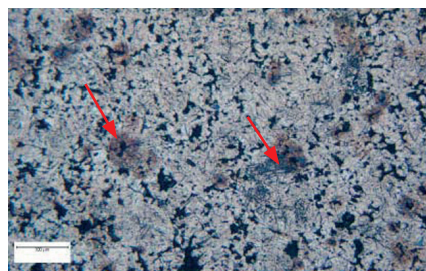


Abb. 10: Wasserflecken vom Trocknen können zu
falscher Gefügeinterpretation führen

entfernt ist. Generell wird zum Polieren von Pulvermetall die polykristalline Diamantsuspension P empfohlen, falls das Polieren jedoch extrem lange dauert kann alternativ die Diamantsuspension DiaPro verwendet werden.

Reinigen und Trocknen

Nach dem Polieren müssen die Proben mit einer Spülmittel-Wasser-Mischung gereinigt werden, um die Reste von Suspension und Schmiermittel aus den Poren zu entfernen.

Schleifen

Stufe		PG	FG
	Unterlage	SiC Papier 320#	MD-Largo
	Schleifmittel	Typ Größe	Diamond 9 µm
Suspension/ Lubrikant		Wasser	DiaPro Allegro/Largo 9
UpM		300	150
Kraft [N]		210	150
Zeit		Bis plan	4 Min.

Polieren

Stufe		DP 1	OP
	Unterlage	MD-Mol	MD-Chem
	Schleifmittel	Typ Größe	Diamond 3 µm Silica 0.04 µm
Suspension/ Lubrikant		DiaPro Mol B 3	DiaPro Nap B 1
UpM		150	150
Kraft [N]		25	25
Zeit		4 Min.	1 Min.

Tabelle 1: Präparationsmethode für 6 eingebettete
Proben aus P/M Bronze, 30 mm, in einem Probenhalter
eingespannt, mit dem halb-automatischen TegraSystem.

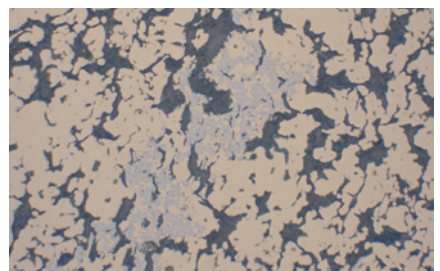


Abb. 11: P/M Bronze, ungeätzt, zeigt Graphit (grau) und
α-β Eutektoid (blau)

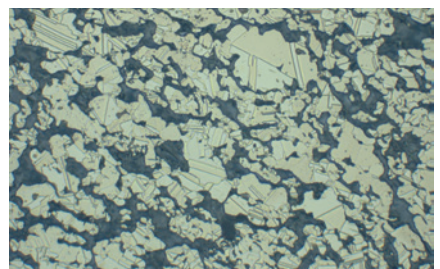


Abb. 12: Gleiche Probe wie Abb. 11, geätzt mit Eisen-III-
Chlorid, zeigt das Korngefüge der Bronze

Schleifen				
 Stufe		PG 	FG 	
	Unterlage		SiC Papier 220#	MD-Allegro
	Schleif- mittel	Typ	SiC	Diamond
		Große	#220	9 µm
	Suspension/ Lubrikant		Wasser	DiaPro Allegro/Largo 9
	UpM		300	150
	Kraft [N]		210	180
	Zeit		Bis plan	5 Min.
Polieren				
 Stufe		DP 1 	DP 2 	
	Unterlage		MD-Dac*	MD-Nap
	Schleif- mittel	Typ	Diamond	Diamond
		Große	3 µm	1 µm
	Suspension/ Lubrikant		DiaPro Mol B 3	DiaPro Nap B 1
	UpM		150	150
	Kraft [N]		30	20
	Zeit		6-8 Min.	0,5-1 Min.
<i>Tabelle 2: Präparationsmethode für 6 eingebettete Pulvermetall-Stahlproben, 30 mm, in einem Probenhalter eingespannt, mit dem halbautomatischen TegraSystem.</i> <i>*Alternativ kann auch das MD-Mol Tuch verwendet werden</i>				

Anschließend wird die Probe zunächst mit Wasser und dann gründlich mit Isopropanol abgespült und mit warmer Luft getrocknet; dabei die Probe schräg halten. Keinesfalls mit der warmen Luft direkt von oben auf die Probenoberfläche blasen; dadurch werden Reste von Flüssigkeit aus den Poren herausgedrückt welche auf der Probenoberfläche Flecken bilden (Abb.10). Um die Fleckenbildung auf ein Minimum zu beschränken ist es wichtig einen hochwertigen Alkohol zum Abspülen zu verwenden.

Ätzen

Es empfiehlt sich an der ungeätzten Probe zunächst die Dichte, Form und Größe der Poren, Oxidation und Einschlüsse, Sinterstege und freien Graphit zu beurteilen (Abb.11 und 12). Es ist wichtig die theoretische Dichte zu kennen, um die Porosität damit vergleichen zu können. Nach dieser ersten Beurteilung sollte die Probe sofort geätzt werden um Trocken-

Präparationsmethode
für P/M Stahlproben

Präparationsmethode
für Hartmetall

flecken zu verhindern. Diese bilden sich wenn die Probe länger liegt und Restflüssigkeit aus den Poren sickert und sich auf der Probenoberfläche ausbreitet. Bei Hartmetall ist dies nicht so wichtig wie bei Pulvermetallen, da diese eine höhere Porosität haben.

Um das Gefüge zu entwickeln verwendet man die herkömmlichen Ätzmittel die in der Literatur für die entsprechenden Materialien empfohlen werden. Für das Ätzen wird folgender Ablauf empfohlen: die Probe mit Isopropanol benetzen, mit der Oberfläche nach oben in die Ätzlösung tauchen und leicht bewegen. Nach der entsprechenden Ätzzeit die Probe herausnehmen und entweder mit Isopropanol oder Wasser gut abspülen (siehe unten) und anschließend mit warmer Luft trocknen. Gefügeinterpretation und Fotodokumentation sollten sofort nach dem Trocknen durchgeführt werden.

Die Ätzzeit hängt von der Legierung und auch etwas Erfahrung ab. Zu kurzes Ätzen erzeugt nicht genügend Kontrast, wird zu lang geätzt wird es schwierig die einzelnen Phasen zu unterscheiden (Abb.15-17). Wenn das Material unbekannt ist wird empfohlen zunächst eher kürzer zu ätzen und das Ergebnis im Mikroskop zu prüfen. Wenn nötig, kann nachgeätzt werden, aber wenn die Probe überätzt ist muss sie noch einmal poliert werden. Folgende herkömmliche Ätzmittel haben sich auch für Pulvermetalle bewährt:

Die Sicherheitsvorschriften im Umgang mit Chemikalien sind einzuhalten!

Kupfer- und Kupferlegierungen:

- 97-99 ml Wasser
20 ml Salzsäure
5 g Eisen-III-Chlorid
10-20 Sekunden
Mit Wasser abspülen, anschließend mit Isopropanol spülen
- 100 ml Wasser
10 ml Ammoniumpersulfat. Nur frisch verwenden!
Mit Wasser abspülen, anschließend mit Isopropanol spülen

Stahl:

- Für Eisen-Kohlestoff-Legierungen, Eisen-Kohlenstoff-Kupfer-Legierungen und vorlegiertes Eisen-Molybdän:
1-3%ige alkoholische Salpetersäure
10-60 Sekunden je nach Kohlenstoffgehalt
Mit Isopropanol abspülen (Abb.14)
- Zur Unterscheidung zwischen Martensit und Austenit:
100 ml Äthanol
4 g Pikrinsäure
10-60 Sekunden je nach Kohlenstoffgehalt
Mit Wasser abspülen, anschließend mit Isopropanol nachspülen (Abb.13)
- Für Kontrast zwischen Perlit, Bainit und

Schleifen			PG	FG
Stufe				
	Unterlage		Piano 220#	MD-Allegro
	Schleifmittel	Typ	SiC	Diamond
		Große	#220	9 µm
	Suspension/ Lubrikant		Wasser	DiaPro Allegro/Largo 9
	UpM		300	150
	Kraft [N]		180	180
	Zeit		Bis plan	4 Min.

Polieren				
Stufe		DP	OP	
	Unterlage	MD-Dac	MD-Chem*	
	Schleifmittel	Typ	Diamond	Silica
		Große	3 µm	0.04 µm
	Suspension/ Lubrikant	DiaPro Dac 3		OP-U NonDry
	UpM	150		150
	Kraft [N]	180		120
	Zeit	4 Min.		1 Min.

Tabelle 3 zeigt die Präparationsmethode für 6 eingebettete Hartmetallproben, 30 mm, in einem Probenhalter eingespannt, mit dem halb-automatischen TegraSystem.

*Wahlweise

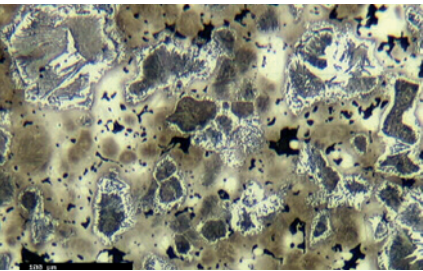


Abb. 13: P/M Stahl mit 0,5% C, diffusionslegiert mit Ni, Cu und Mo. Geätzt mit Pikrinsäure, zeigt Bereiche mit feinem Perlit umgeben von Ferrit, Martensit, Bainit und mit Ni angereichertem Austenit.

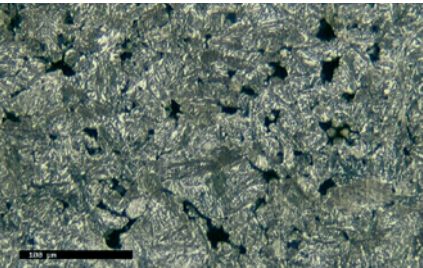


Abb. 14: P/M Stahl mit 0,8% C, vorlegiert mit 1,5% Mo. Geätzt mit Nital, zeigt feinen Bainit

Struers ApS

Pederstrupvej 84
 DK-2750 Ballerup, Denmark
 Phone +45 44 600 800
 Fax +45 44 600 801
 struers@struers.dk
 www.struers.com

NETHERLANDS

Struers GmbH Nederland
 Zomerdijk 34 A
 3143 CT Maassluis
 Tel.: +31 (10) 599 7209
 Fax: +31 (10) 5997201
 netherlands@struers.de

NORWAY

Struers ApS, Norge
 Sjøskogenveien 44C
 1407 Vinterbro
 Tel.: +47 970 94 285
 info@struers.no

AUSTRIA

Struers GmbH
 Zweigniederlassung Österreich
 Betriebsgebiet Puch Nord 7
 5412 Puch
 Tel.: +43 6245 70567
 austria@struers.de

POLAND

Struers Sp. z o.o.
 Oddział w Polsce
 ul. Jasnogórska 44
 31-358 Kraków
 Tel.: +48 12 661 20 60
 Fax: +48 12 626 01 46
 poland@struers.de

ROMANIA

Struers GmbH, Sucursala Bucuresti
 Str. Preciziei nr. 6R
 062203 sector 6, Bucuresti
 Tel.: +40 (31) 101 9548
 Fax: +40 (31) 101 9549
 romania@struers.de

SWITZERLAND

Struers GmbH
 Zweigniederlassung Schweiz
 Weissenbrunnstraße 41
 CH-8903 Birrnsdorf
 Tel.: +41 44 777 63 07
 Fax: +41 44 777 63 09
 switzerland@struers.de

SINGAPORE

Struers Singapore
 627A Aljunied Road,
 #07-08 BizTech Centre
 Singapore 389842
 Tel.: +65 6299 2268
 Fax: +65 6299 2661
 struers.sg@struers.dk

SPAIN

Struers España
 Camino Cerro de los Gamos 1
 Building 1 - Pozuelo de Alarcón
 CP 28224 Madrid
 Tel.: +34 917 901 204
 Fax: +34 917 901 112
 struers.es@struers.es

FINLAND

Struers ApS Suomi
 Sahajankatu 20-22 A6
 00880 Helsinki
 Tel.: +358 (0)207 919 430
 finland@struers.fi

SWEDEN

Struers Sverige
 Box 20038
 161 02 Bromma
 Tel.: +46 (0)8 447 53 90
 Fax: +46 (0)8 447 53 99
 info@struers.se

UNITED KINGDOM

Struers Ltd.
 Unit 11 Evolution @ AMP
 Whittle Way, Catcliffe
 Rotherham S60 5BL
 Tel.: +44 0845 604 6664
 Fax: +44 0845 604 6651
 info@struers.co.uk

USA

Struers Inc.
 24766 Detroit Road
 Westlake, OH 44145-1598
 Tel.: +1 440 871 0071
 Fax: +1 440 871 8188
 info@struers.com

AUSTRALIA & NEW ZEALAND

Struers Australia
 27 Mayneview Street
 Milton QLD 4064
 Australia
 Tel.: +61 7 3512 9600
 Fax: +61 7 3369 8200
 info.au@struers.dk

BELGIUM (Wallonie)

Struers S.A.S.
 370, rue du Marché Rollay
 F-94507 Champigny
 sur Marne Cedex
 Tel.: +33 1 5509 1430
 Fax: +33 1 5509 1449
 struers@struers.fr

BELGIUM (Flanders)

Struers GmbH Nederland
 Zomerdijk 34 A
 3143 CT Maassluis
 Tel.: +31 (10) 599 7209
 Fax: +31 (10) 5997201
 netherlands@struers.de

CANADA

Struers Ltd.
 7275 West Credit Avenue
 Mississauga, Ontario L5N 5M9
 Tel.: +1 905-814-8855
 Fax: +1 905-814-1440
 info@struers.com

CHINA

Struers Ltd.
 No. 1696 Zhang Heng Road
 Zhang Jiang Hi-Tech Park
 Shanghai 201203, P.R. China
 Tel.: +86 (21) 6035 3900
 Fax: +86 (21) 6035 3999
 struers@struers.cn

CZECH REPUBLIC & SLOVAKIA

Struers GmbH Organizační složka
 vědeckotechnický park
 Přílepská 1920,
 CZ-252 63 Roztoky u Prahy
 Tel.: +420 233 312 625
 Fax: +420 233 312 640
 czechrepublic@struers.de
 slovakia@struers.de

GERMANY

Struers GmbH
 Carl-Friedrich-Benz-Straße 5
 D-47877 Willich
 Tel.: +49 (0) 2154 486-0
 Fax: +49 (0) 2154 486-222
 infoservice@struers.de

FRANCE

Struers S.A.S.
 370, rue du Marché Rollay
 F-94507 Champigny
 sur Marne Cedex
 Tel.: +33 1 5509 1430
 Fax: +33 1 5509 1449
 struers@struers.fr

HUNGARY

Struers GmbH
 Magyarországi Fióktelep
 2040 Budapest
 Szabadság utca 117
 Phone +36 (23) 80 60 90
 Fax +36 (23) 80 90 91
 hungary@struers.de

IRELAND

Struers Ltd.
 Unit 11 Evolution @ AMP
 Whittle Way, Catcliffe
 Rotherham S60 5BL
 Tel.: +44 0845 604 6664
 Fax: +44 0845 604 6651
 info@struers.co.uk

ITALY

Struers Italia
 Via Monte Grappa 80/4
 20020 Arese (MI)
 Tel.: +39-02/38236281
 Fax: +39-02/38236274
 struers.it@struers.it

JAPAN

Struers K.K.
 Takanawa Muse Bldg. 1F
 3-14-13 Higashi-Gotanda,
 Shinagawa
 Tokyo
 141-0022 Japan
 Tel.: +81 3 5488 6207
 Fax: +81 3 5488 6237
 struers@struers.co.jp

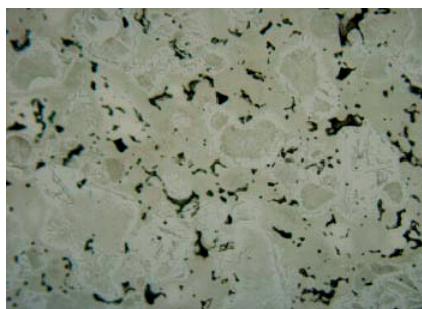


Abb. 15: Zu kurz geätzt

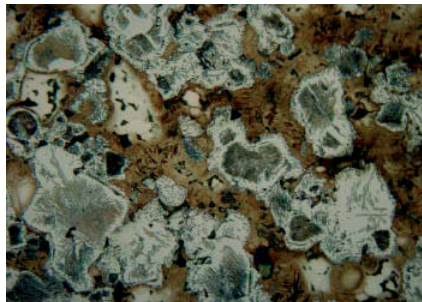


Abb. 16: Zu lang geätzt, überätzt

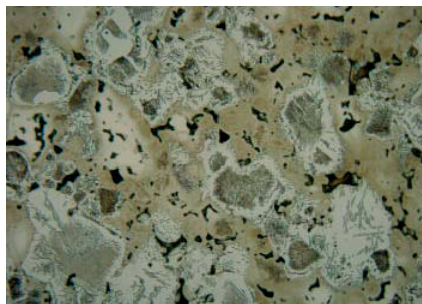


Abb. 17: Richtig geätzt

Author

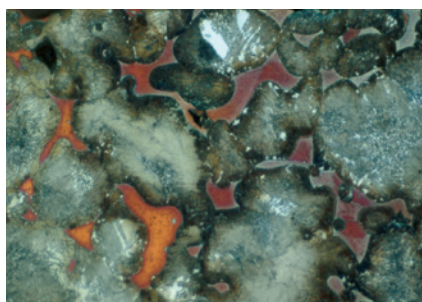
Elisabeth Weidmann, Birgitte Nielsen,
 Struers A/S, Copenhagen, Denmark
 Judy Arner, Struers, Inc., Westlake, OH, USA

Danksagung

Wir bedanken uns bei Höganäs AB, SE 26383 Höganäs, Schweden für die Zusammenarbeit und die Überlassung von Information und Material zur Wiedergabe, alle Aufnahmen von P/M Teilen, Diagram und REM Aufnahmen auf Seite 2, Abb. 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10 und 13 - 17. Unser besonderer Dank gilt M. Carlsson, die uns großzügig ihre Erfahrung zur Verfügung gestellt hat.

Bibliografie

Höganäs Handbook for sintered components, 6. Metallography, Höganäs AB, 1999
 Höganäs iron and steel powders for sintered components, Höganäs AB, 1998
 Structure 24, Metallographic examination of P/M stainless steel matrix composites, N. Frees, Institute for Product Development, Technical University, Lyngby, Denmark, 1991
 Metallographic etching, G. Petzow, ASM, Metals Park, Ohio, 1978



P/M Stahl mit Kupfer infiltriert

Martensit:

200 ml Äthanol
 1-2 ml Salpetersäure
 4 g Pikrinsäure
 20-100 Sekunden je nach Kohlenstoffgehalt und Legierungselementen.
 Mit Wasser abspülen, anschließend mit Isopropanol nachspülen

Rostfreier Stahl:

Ätzmittel nach Villela
 45 ml Glycerin
 15 ml Salpetersäure
 30 ml Salzsäure
 30 Sekunden bis 5 Minuten
 Gut mit Wasser abspülen, anschließend mit Isopropanol nachspülen

Hartmetall:

Ätzmittel nach Murakami
 100 ml Wasser
 10 g Kalium- oder Natriumhydroxid
 10 g Kaliumferricyanid Wischätzung
 Gut mit Wasser abspülen, anschließend mit Isopropanol nachspülen

Zusammenfassung

Pulvermetallurgie ist ein Verfahren, um Teile aus Metallkombinationen oder auch aus Metallen/Nichtmetallen herzustellen, die sich normalerweise nicht leicht legieren lassen, um dadurch ihre gemeinsamen Eigenschaften zu nutzen. Obwohl das Verfahren teuer ist bietet es den Vorteil, große Mengen von kleinen, kompliziert geformten Teilen mit homogenem Gefüge wirtschaftlich herzustellen. Die Dichte von gepressten und gesinterten Teilen hat einen Einfluss auf deren Festigkeit, Zähigkeit und Härte und deshalb ist die metallografische Kontrolle der Porosität ein fester Bestandteil der Qualitätsüberwachung. Bei der metallografischen Präparation wird während des Schleifens Metall in die Poren gedrückt. Wenn das nachfolgende Polieren nicht sorgfältig durchgeführt wird, verbleibt das Restmetall als „Deckel“ über den Poren und behindert dadurch die richtige Beurteilung der Porosität. Sorgfältiges Schleifen und Polieren mit Diamant, und kurze mikroskopische Überprüfungen während des Polierens, gewährleisten die richtige Repräsentation des Gefüges.

Die angegebenen Methoden für die automatische Präparation und das chemische Ätzen haben sich im täglichen Laborbetrieb bewährt und ergeben reproduzierbare Ergebnisse.