



Spezifikation - Hartmetallbuchsen

1. Einleitung

Hartmetallbuchsen werden in Hyperkompressoren zur Herstellung von Polyethylen niedriger Dichte (LDPE) eingesetzt. Um den extremen Belastungen gewachsen zu sein, müssen diese Buchsen aus dem qualitativ hochwertigsten Hartmetall hergestellt werden. Dafür werden ausgesuchte Rohstoffe, präzise abgestimmte und überwachte modernste Fertigungsverfahren im Rohhartmetallbereich als auch in der Fertigbearbeitung sowie spezielle Prüfverfahren während der Herstellung dieser Teile und bei der Endprüfung angewendet, die kontinuierlich weiterentwickelt werden.

Diese Spezifikation enthält die chemischen, physikalischen und metallographischen Eigenschaften der angewendeten Hartmetalle, die Beschreibung des Herstellungsprozesses, der durchgeführten Prüfungen, der Dokumentation und Nachweisführung sowie die Art und Weise der Zwischen- und Endverpackung der Buchsen.

2. Normen und Arbeitsanweisungen

In dieser Spezifikation wird auf folgende Normen/Arbeitsanweisungen Bezug genommen - der jeweils aktuellste Revisionsstand hat Gültigkeit:

DIN ISO-Normen:

ISO 3312, ISO 3326, ISO 3327, ISO 3369, ISO 3878, ISO 4499, ISO 4505, ISO 4506, ISO 9001, DIN EN 10204;

TÜV-MPA-HM-WS 911 Buchsen;

TRIBO Arbeitsanweisungen:

LCH 009/014/103/104, LCW 002/004, QF 006, QM 001/002/019-024

Ersteller: Peter

Genehmigt: Kallenbach

Ersatz für:

Datum: 16.05.2011

Datum: 16.05.2011

III-QF-018/1 vom 05.08.2002

3. Physikalische Eigenschaften der Materialien

Die wichtigsten physikalischen Kenngrößen unserer Hartmetalle für Plunger sind wie folgt:

Parameter	V20	H20	Einheit
a) Co Konzentration	8,5	6,0	%
b) WC Konzentration	91,5	94,0	%
c) WC Korngröße (FSSS)	2,5	1,3	µm
d) Dichte (ISO 3369)	14,70 ± 0,10	14,90 ± 0,10	g/cm ³
e) Härte (ISO 3878)	1400 ± 30	1590 ± 30	HV30
f) Biegebruchfestigkeit (ISO 3327)	3550	3400	MPa
g) E-Modul (ISO 3312)	600	625	GPa
h) Druckfestigkeit (ISO 4506)	5150	6350	MPa
i) Poissonzahl	0,22	0,22	
j) Stoßwiderstand rel.	45	40	
k) Dauerschwingfestigkeit 10 ⁸ Lastwechsel	870	960	MPa
l) Verschleißwiderstandsfaktor	109	173	1 /Volumen Verlust
m) Zugfestigkeit	1750	920	MPa
n) Bruchzähigkeit K _{IC}	14,1	9,3	MPam ^½
o) Wärmeausdehnungskoeffizient	5,8 x 10 ⁻⁶	5,5 x 10 ⁻⁶	K ⁻¹
p) Wärmeleitfähigkeit	114	116	W m ⁻¹ K ⁻¹
q) Koerzitivfeldstärke (ISO 3326)	12,1 ± 1,2	17,4 ± 1,7	kA/m
r) Spezifische magnetische Sättigung	15,5 ± 0,8	10,9 ± 0,6	µTm ³ /kg
s) Porosität (ISO 4505)	≤A02 /B00 /C00		
t) Graphit (ISO 4505)	Kein sichtbarer Graphit(100x/200x).		
u) Eta - Phase (ISO 4499)	Keine Eta-Phase (100x/1500x).		

4. Produktionsprozess

4.1. Rohstoffe

Die Rohstoffe für diese Teile sind mit unseren Lieferanten auf das genaueste abgestimmt. Die Spezifikationen für die Rohstoffe Wolframkarbid und Kobalt enthalten alle wichtigen Kenngrößen, um aus diesen Rohstoffen ein optimales Hartmetall zu fertigen, z.B.:

WC-Pulver (detaillierte Angaben auf Kundenwunsch):

- Kohlenstoffgehalt
- Kornverteilung
- Feinanteil 0 - 1 μm
- Spurenverunreinigungen

Kobaltpulver (detaillierte Angaben auf Kundenwunsch):

- Sauerstoffgehalt
- Korngröße
- Spurenverunreinigungen

4.2 Mischungsherstellung

Die Rohstoffe werden in speziellen Mahlaggregaten (Attritoren) zusammen mit Ethanol als Mahlhilfsmittel vermahlen. Die entstehende Suspension wird über ein Sieb mit sehr kleiner Maschenweite nass abgesiebt. Danach erfolgt die Plastifizierung und die Trocknung der Suspension im Sprühtrockensystem. TRIBO hat dafür zwei absolut getrennte Mischungsstrecken. Eine Strecke wird ausschließlich für die Herstellung von WC-Co-Hartmetallpulvern genutzt. In dieser Strecke werden die Pulver für die Hochdruckteile gefertigt.

- *Nassabsiebung über Sieb mit sehr kleiner Maschenweite*
- *Spezieller Paraffingehalt*
- *Herstellung von Mischungen für Hochdruckteile unter Clean-Room-Bedingungen.*
- *Ausschließliche Verwendung von Frischansätzen aus WC und Co (kein Recyclingpulver)*



4.3 Vorverdichtungsverfahren

Die TRIBO Hartstoff GmbH hat für die Herstellung der Grünteile (verdichtetes Hartmetall-Pulver) ein spezielles Verfahren entwickelt, welches es gestattet, optimale Verdichtungsverhältnisse im Grünteil herzustellen.

- *Spezielles Vorverdichtungsverfahren*
- *Gute Formstabilität der Teile*

4.4 CIP-Prozess

Im nachfolgenden kaltisostatischen Pressprozess (CIP) werden bei einem sehr hohen Druck die Hartmetallgrünteile hergestellt. Es entstehen dabei aus dem vorverdichteten Pulver Grünteile mit optimalen Festigkeitseigenschaften und reproduzierbarem Schwund. Die Herstellung der exakten Grünteilmaße erfolgt durch Drehen.

- *Sehr gute Verpressbarkeit und gute Bearbeitbarkeit durch optimierten Paraffinanteil*
- *Reproduzierbarer Schwund durch optimale Verdichtung*
- *Die Grünteile werden grundsätzlich in einem Pressvorgang hergestellt*

4.5 Sinter-HIP-Sinterverfahren

Die Sinterung dieser Teile erfolgt in einem speziell dafür ausgerüsteten Sinter-HIP-Ofen. Dieser Sinter-HIP-Ofen gestattet es, die Grünteile unter Wasserstoff sehr schonend und homogen auszugasen. Im Anschluss daran wird dieser Ofen auf Vakuumbetrieb umgeschaltet und das Aufheizen bis zum Erreichen der Sintertemperatur fortgesetzt. Nach der erforderlichen Sinterhaltezeit wird auf das System Argondruck aufgegeben und der HIP-Prozess durchgeführt. Dieses Regime (einstufiger Sinter-HIP-Prozess) ergibt optimale Werkstoffeigenschaften!

- *Einstufiger Sinter-HIP-Prozess bei optimalen Sintertemperaturen*

- *Keine Makroporosität und Mikroporosität (<A02, B00)*

- *Physikalische Kennwerte, wie Biegebruchfestigkeit, Druckfestigkeit im Optimum*



4.6 Weiterbearbeitung

Alle Schleifarbeiten werden mit Diamantschleifkörpern unterschiedlicher Körnung und Form durchgeführt. Das Schleifhilfsmittel enthält auf diesen Prozess abgestimmte Inhaltsstoffe, die jegliche Korrosion bzw. Oberflächenschädigung inhibieren. Eine anschließende Feinstbearbeitung der Lauffläche durch Honen sorgt für sehr gute Laufeigenschaften und optimale Standzeiten beim Anwender. Rauheiten von $Ra \leq 0,01\mu\text{m}$ sind TRIBO-Standard.

- ***Bearbeitung der Lauffläche durch Anwendung einer Kreuzschleifmaschine***
- ***Oberflächenrauheit nach Kundenvorgabe einstellbar***
- ***Oberflächenrauheit $Ra \leq 0,01 \mu\text{m}$ möglich***

4.7 Schrumpfverbund

Damit die Hartmetallbuchse den wirkenden Zugbelastungen standhält, wird sie in einem Schrumpfverbund mit einer Stahlbuchse stabilisiert. Dieser Schrumpfverbund ist so ausgelegt, dass auf die Hartmetallbuchse auch bei dem höchsten angewendeten Betriebsinnen- druck keine Zugbelastungen wirken. Der verwendete Stahl ist zweifach geschmiedet und vakuumgeglüht. Der Nachweis der Zusammensetzung und des Herstellverfahrens erfolgt durch entsprechende Prüfzeugnisse vom Stahlhersteller. Die Prüfung des Schrumpfsitzes erfolgt mittels Ultraschall. Alle Daten des Schrumpfverbandes werden dokumentiert.

- ***Definierte Fügebedingungen zur Erreichung eines optimalen Verbundes***
- ***Prüfung des Schrumpfsitzes durch TÜV-MPA***

4.8 Markierung

Alle Buchsen werden entsprechend der Zeichnungsvorgabe mit einer Beschriftung versehen. Diese Beschriftung wird mit einem schonenden elektrolytischen Verfahren hergestellt. Ist keine Zeichnungs-/ Kundenvorgabe vorhanden, dann wird die Buchse mit der folgenden Information auf einer für die Buchsenfunktion unbedenklichen Fläche beschriftet:

- Auftragsnummer
- Buchsennummer
- Nullmarke für Untersuchung
- TRIBO Logo

5. Produktbewertung im Produktionsprozess

Über alle Schritte des Produktionsprozesses verteilt werden Prüfungen durchgeführt, die die Produktqualität bewerten und dokumentieren.

5.1 Rohstoffe:

Spezifikationskonformität, C-Gehalt, O-Gehalt, Korngröße, Kornverteilung, Spurenverunreinigungen, Rückstellprobe

5.2 Mischungen:

Chemische Zusammensetzung (Co/Spurenverunreinigungen/Plastifikatorgehalt)

5.3 Sintertest:

5.31 Chargenproben Abmessung 16x12x8(6)(3) mm / Monostatik- /Isostatikprobe

Diese werden von jeder Charge erstellt und dienen zusammen mit der Monostatikprobe der Chargenbewertung.

5.32 Großproben Abmessung: Dm ca.20 mm / L ca.70 mm

Diese werden aus Grünlingsmaterial des Buchsenabschnittes hergestellt und zusammen mit der Buchse im gleichen Sinterzyklus gesintert.

5.33 Polierprobe Abmessung: Dm ca.90 mm / L ca.200 mm

Diese wird von jeder neuen Buchsensorte hergestellt, dient der Sorten/Prozess-Bewertung und wird gleichzeitig für Schleiftests und die Ultraschall-, Wirbelstrom-, und Oberflächenrissprüfung als Testprobe eingesetzt.

5.34 Sonderproben für Biegebruchfestigkeit, Druckfestigkeit und Rückstellung

Für die Biegebruchprüfung werden von jeder Buchsencharge Proben hergestellt und bewertet, Proben für die Druckfestigkeitsprüfung werden von jeder neuen Buchsensorte hergestellt und bewertet, Proben für die Rückstellung werden aus dem Probenmaterial 5.32 entnommen.

5.4 Prüfungen

An den entsprechenden Proben werden nachfolgende Prüfungen durchgeführt:

Kenngröße	5,31	5,32	5,33	5,34
Dichte (ISO 3369)	X	X	X	X
Makroporosität (ISO 4505)	X	X	X	
Mikroporosität (ISO 4505)	X	X	X	
Mikrostruktur (ISO 4499)	X	X	X	
freier Kohlenstoff (ISO 4505)	X	X	X	
Eta-Phase (ISO 4499)	X	X	X	
Koerzitivfeldstärke (ISO 3326)	X	X	X	X
Magnetische Sättigung	X	X	X	X
Härte HV30 (ISO 3878)	X	X	X	X
Biegebruchfestigkeit (ISO 3327)				X
Druckfestigkeit (ISO 4506)				X
Schleif-und Poliertest			X	
Oberflächenrauheit			X	
Ultraschallprüfung			X	
Wirbelstromprüfung			X	
Oberflächenrissprüfung			X	
Visuelle Oberflächenprüfung	X	X	X	

Die ermittelten Prüfergebnisse werden in Prüfprotokollen bzw. Abnahmeprüfzeugnissen 3.1B dokumentiert und dem Kunden zusammen mit den Prüfprotokollen der Endprüfung in einer Buchsenbegleitmappe übergeben.

6. Zwischenprüfungen

6.1 Stahlbuchse vor dem Schrumpfen

vor dem Einschrumpfen der Hartmetallbuchse wird die Stahlbuchse wie folgt geprüft:

- Ultraschallprüfung
- Magnetische Rissprüfung
- Maßprüfung (IDm/Rundheit: 10 Messstellen / OF-Rauheit: 3 Messstellen)
- Härteprüfung (HRC)



6.2 Hartmetallbuchse vor dem Schrumpfen

Die in den technologisch notwendigen vor- bzw. fertiggearbeiteten Stufen vorliegende Hartmetallbuchse wird wie folgt geprüft:

- Ultraschallprüfung
- Wirbelstromprüfung
- Farbeindringprüfung
- Maßprüfung (ADm/Rundheit: 10 Messstellen / OF-Rauheit: 3 Messstellen)

6.3 Dokumentation

Die Ergebnisse der Prüfungen 6.1 und 6.2 sind im Schrumpfprotokoll zu dokumentieren.

7. Endprüfung

7.1 Maß- und Oberflächenrauheitsprüfung

Die Vorgaben der entsprechenden Plungerzeichnung werden sowohl auf der Bearbeitungsmaschine als auch im Messraum der Endkontrolle am Plunger nachgemessen. Die Messwerte werden dokumentiert und dem Plungerkunden zusammen mit den anderen Messergebnissen in einer Plungerbegleitmappe übergeben.

6.2 TÜV MPA Prüfung

TÜV-MPA ist eine unabhängige Material-Prüf-Organisation, die speziell für die Prüfung von Teilen aus der Hochdrucktechnik ausgerüstet ist. Von TÜV-MPA werden nach der Prüfvorschrift TÜV-MPA-HM-WS 911/Buchsen folgende Prüfungen an der endfertigen Hochdruckbuchse ausgeführt:

- Ultraschallprüfung mit Bewertung des Schrumpfsitzes
- Oberflächenrissprüfung mit Eindringmittel
- Visuelle Prüfung mittels Endoskop

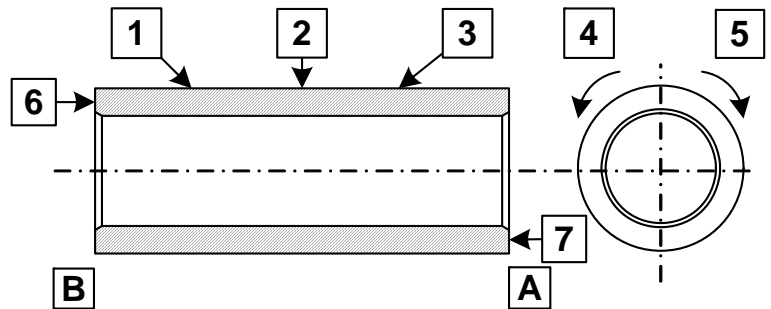
Die Untersuchungsergebnisse werden dem Kunden ebenfalls zusammen mit dem Hochdruckteil in einer Begleitmappe übergeben. Werden vom Kunden eigene Vorgaben bezüglich der Abnahmebedingungen zu den Prüfungen 7.1 bis 7.2 gemacht, so sind diese für die durchzuführende Prüfung verbindlich. Das gleiche gilt für zusätzliche Prüfungen.

- **Externer Prüfer mit spezieller Prüftechnik für Hochdruckprüfung**
- **Prüfung extern bringt größere Produktsicherheit**

7.21 Ultraschallprüfung

Einschallrichtung: radial Pos.: 1-5
 Registriergrenze: $Dq = 0,5 \text{ mm}$
Registriergrenze = Fehlergrenze

Einschallrichtung: Stirnflächen Pos.: 6-7
 Registriergrenze: $Dq = 2 \text{ mm}$
Registriergrenze = Fehlergrenze



7.22 Farbeindringprüfung

Für die Farbeindringprüfung gelten die gleichen Größenklassen, analog der visuellen Prüfung gemäß 7.23.

Alle Anzeigen, die 3 x länger als breit sind, gelten als linienförmige Anzeigen. Linienförmige Anzeigen sind unzulässig, sofern sie nicht von Oberflächenfehlern stammen, die von der mechanischen Bearbeitung herrühren.

7.23 Visuelle Prüfung auf Oberflächenfehler

Die ganze Oberfläche wird mit mindestens 30-50 facher Vergrößerung abgesucht.

Registriergrenzen von Oberflächendefekten: Länge / Breite: 0,015 mm.
 Tiefe: 0,005 mm.

Die Klassifizierung der Fehler erfolgt nach maximaler Fehlerausdehnung und -form.

Oberflächenfehler sind in zwei Klassen zu unterteilen:

Oberflächenfehler, die von der mechanischen Bearbeitung herrühren

Vereinzelte flache Oberflächenfehler sind zulässig (Tiefe < 0,01 mm)

Oberflächenfehler, die von Inhomogenitäten im Hartmetall herrühren

Fehlergröße	Fehlerbereich der Gruppe	Maximale Anzahl der Fehler in der Gruppe
$\geq 0,025 \text{ mm}$	0,025 - 0,075 mm	5 Stück/1000 cm ²
$\geq 0,075 \text{ mm}$	0,075 - 0,125 mm	3 Stück/1000 cm ²



Über die Zulässigkeit von Oberflächenfehlern im Größenbereich von 0,125 bis 0,375 mm ist nach Lage und Häufigkeit eine Abstimmung zwischen Lieferanten und Kunden zu führen. Der Abstand zwischen 2 Oberflächenfehlern $\leq 0,125$ mm muss größer als 20 mm sein. Oberflächenfehler $\leq 0,375$ mm sind nicht zulässig!

8. Endverpackung

In der Endverpackung wird von der TRIBO Hartstoff GmbH dafür gesorgt, dass die Hochdruckteile beim Transport und bei längerer Einlagerung ihre Produkteigenschaften beibehalten. Dazu wird jede Buchse mit einem Vielschichtschutz versehen und in einer stabilen Transportkiste verpackt, die für den Gabelstaplertransport ausgelegt ist.

8.1 Die Endverpackung erfolgt in einem sauberen, trockenen, warmen Raum. Die Temperatur der Buchse und die Raumtemperatur sind angeglichen; dadurch wird eine mögliche Feuchtigkeitsabscheidung an der Buchse vermieden.

8.2 Die Buchse wird gründlich mit einem sauberen Baumwolltuch abgewischt und gleich danach mit Korrosionsschutzöl vollflächig beschichtet. Dieses Korrosionsschutzöl ist schwefel- und chlorfrei. Besteht die Notwendigkeit, die Buchse vorher mit einem Lösungsmittel zu säubern, wird dazu wasserfreies Isopropanol verwendet. Dabei muss beachtet werden, dass die Verdunstung des Lösungsmittels nicht zu einer Temperaturerniedrigung der Buchse führt!

8.3 Danach wird die komplette Buchsenbohrung mit 2 Lagen Ölpapier ausgekleidet und dieses mit Schaumstoffstopfen fixiert. In die Bohrung werden 2-3 Beutel Trockenmittel eingelegt und nach oben hin wird die Buchsenbohrung wiederum mit einem Schaumstoffstopfen verschlossen.

8.4 Die äußere Verpackungsschicht besteht aus aluminiumbeschichteter Polyethylenfolie. Die Buchse wird in diese Folie unter Vakuum eingeschweißt. Dieser Verpackungsschritt ist, abhängig vom Buchsengewicht, möglicherweise in der Transportkiste auszuführen.

8.5 Auf der Transportkiste werden außer der Empfängeradresse zusätzlich das „TRIBOLOGO“ und Aufkleber mit den Hinweiszeichen „VOR NÄSSE SCHÜTZEN“, „VORSICHT ZERBRECHLICH“ und „OBEN“ angebracht.



9. Dokumentation

Alle Prüfungsergebnisse werden dem Kunden in Form von Messprotokollen und Abnahmeprüfzeugnissen, zusammengefasst in einer Buchsenbegleitmappe, übergeben. Gemäß den Qualitätsmanagementvorschriften, die nach ISO 9001 zertifiziert sind, werden alle Proben sowie die dazugehörigen Unterlagen bei der TRIBO für 10 Jahre aufbewahrt.

Die Buchsenbegleitmappe enthält:

- Abnahmeprüfzeugnis 3.1B für den Buchsenwerkstoff (Hartmetall und Stahl)
- Messprotokolle für die Abmessungen und die Oberflächenrauheiten
- Prüfprotokolle für die Ultraschall-, und Oberflächenprüfung (visuell und mit Eindringmittel)
- Dokumentation von weiteren kundenspezifischen Prüfungen
- Abstimmungen zu Abweichungen von der vorgegebenen Spezifikation

10. Abweichungen

Werden bei der Abnahme der Buchse Abweichungen zu den vorgegebenen Spezifikationen festgestellt, so ist der Kunde von diesen Abweichungen unverzüglich zu unterrichten. Dazu sind dem Kunden alle notwendigen Unterlagen in Form von Messprotokollen oder Prüfberichten zur Verfügung zu stellen. Eine Auslieferung mit Abweichungen kann erst nach schriftlicher Akzeptanz durch den Kunden erfolgen.

11. Vereinbarung

Diese Spezifikation ist Bestandteil des gemäß ISO 9001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystems der TRIBO Hartstoff GmbH und wurde für die Abwicklung von Buchsenaufträgen mit unseren Kunden erstellt. Die Herstellung von Kopien und die Weitergabe an Dritte bedürfen der schriftlichen Genehmigung der TRIBO Hartstoff GmbH.

<<< E n d e d e r S p e z i f i k a t i o n >>>