



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/ARBEITSANWEISUNGEN

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

ISO 3369, ISO 3878, ISO 3326, ISO 4505, ISO 3327, ISO 3312, ISO 3878, ISO 4505, ISO 4506, ISO 4499; TÜV-MPA-HM-WS 911/Buchsen; TRIBO Arbeitsanweisungen LCH 009/014/103/104, LCW 002/004, QF 006, QM 001/002/019-024

3. PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN DER MATERIALIEN

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

Kenngröße	H20Ti	V20Ti	Einheit
a) Co - Gehalt:	6,0	8,5	%
b) WC - Gehalt:	94,0	91,5	%
c) Einsatzkorngröße (FSSS):	1,3	2,5	µm
d) Dichte (ISO 3369):	14,85± 0,10	14,60 ± 0,10	g/cm ³
e) Härte HV30 (ISO 3878):	1590 ± 30	1400 ± 30	
f) Biegebruchfestigkeit (ISO 3327)	3450	3550	MPa

Erstellt: Erb/Horn

Genehmigt: Horn

Ersatz für:

Datum: 05.08.02

Datum: 05.08.02

vom:



Kenngröße	H20Ti	V20Ti	Einheit
g) Elastizitätsmodul (ISO 3312):	625	600	GPa
h) Druckfestigkeit (ISO 4506):	6380	5160	MPa
i) Poisson's Konstante:	0,21	0,20	
j) Stoßwiderstand rel.:	40	45	
k) Dauerschwingfestigkeit: 10 ⁸ Lastwechsel	960	870	MPa
l) Verschleißwiderstandsfaktor:	173	109	1 / Vol. Verlust
m) Zugfestigkeit:	1920	1750	MPa
n) K1C-Wert Bruchzähigkeit:	9,6	9,2	MPa•m ^{1/2}
o) Wärmeausdehnungskoeff:	5,4 x 10 ⁻⁶	5,8 x 10 ⁻⁶	K ⁻¹
p) Wärmeleitfähigkeitskoeff:	116	114	W•m ⁻¹ •K ⁻¹
q) Koerzitivfeldstärke (ISO 3326):	18,3 ± 2,4	11,2 ± 2,4	kA/m
r) Spezif. Magn. Sättigung:	10,9 ± 0,5	15,3 ± 0,8	μTm ³ /kg.
s) Porosität (ISO 4505):	≤A02 / B00 / C00	≤A02 / B00 / C00	
t) Graphit (ISO 4505):	Kein sichtbarer Graphit (100x)		
u) η - Phase (ISO 4499):	Keine η-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:

- Kohlenstoffgehalt
- Kornverteilung
- Feinanteil 0 - 1 μm.
- Spurenverunreinigungen
(detaillierte Angaben auf Kundenwunsch)

Kobaltpulver:

- Sauerstoffgehalt
- Korngröße
- Spurenverunreinigungen
(detaillierte Angaben auf Kundenwunsch)



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 abgeseibt. Danach erfolgt die Plastifizierung und die Trocknung der Suspension im Sprühtrockensystem. TRIBO hat dafür zwei absolut getrennte Mischungsstrecken, wovon eine Strecke ausschließlich für die Herstellung von WC-Co-Hartmetallpulvern genutzt wird. 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 Grünteile*

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 durch optimierten Paraffinanteil*
- *Gute Bearbeitbarkeit*
- *Reproduzierbarer Schwund durch optimale Verdichtung*
- *Die Grünteile werden grundsätzlich in einem Preßvorgang hergestellt*

4.5 S-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 Prozeß*
- *Sinter-HIP bei optimalen Sintertemperaturen*
- *Keine Makroporosität, 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. Rauigkeiten von $Ra \leq 0,01 \mu m$ sind TRIBO-Standard.

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

4.7 SCHRUMPFVERBUND

Damit die Hartmetallbuchse den wirkenden Zugbelastungen standhält, wird sie in einem Schrumpfungverbund mit einer Stahlbuchse stabilisiert. Dieser Schrumpfungverbund ist so ausgelegt, dass auf die Hartmetallbuchse auch bei dem höchsten angewendeten Betriebsinnendruck 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 Schrumpfungssitzes erfolgt mittels Ultraschall. Alle Daten des Schrumpfungverbandes werden dokumentiert.

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

4.8 MARKIERUNG

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

- a) Auftragsnummer
- b) Buchsennummer
- c) Nullmarke für Untersuchung
- d) TRIBO Logo

- *Beschriftung mit schonendem Elektrolyseverfahren*

5. PRODUKTBEWERTUNGEN IM PRODUKTIONSPROZESS

Nach allen Teilschritten des Produktionsprozesses 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:**
1. Chargenproben Abmessung 16x12x8(6)(3) mm / Monostatik / Isostatikprobe
 2. Großproben Abmessung: d ca.20 mm / l ca.70 mm
 3. Polierprobe Abmessung: d ca.90 mm / l ca.200 mm
 4. Sonderproben für Biegebruchfestigkeit, Druckfestigkeit und Rückstellung

Proben 5.31 werden von jeder Charge erstellt und dienen zusammen mit der Monostatikprobe der Chargenbewertung.

Proben 5.32 werden aus Grünlingsmaterial des Buchsenabschnitts hergestellt und zusammen mit den Buchsen im gleichen Sinterzyklus gesintert.

Probe 5.33 wird von jeder neuen Buchsencharge hergestellt, dient der Sorten/Prozeßbewertung und wird gleichzeitig für Schleiftests und die Ultraschall-, Wirbelstrom-, und Oberflächenrißprüfung als Testprobe eingesetzt.

Proben 5.34 für die Biegebruchprüfung werden von jeder Buchsencharge Proben hergestellt und bewertet. Proben für die Druckfestigkeitsprüfung werden von jeder neuen Buchsencharge 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	
Oberflächenrauigkeit			X	



Kenngröße	5.31	5.32	5.33	5.34
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 (Innendurchmesser/Rundheit: 10 Meßstellen / OF-Rauhigkeit: 3 Meßstellen)
- Härteprüfung (HRC)

6.2 HARTMETALLBUCHSE VOR DEM SCHRUMPFEN

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

- Ultraschallprüfung
- Wirbelstromprüfung
- Farbeindringprüfung
- Maßprüfung (Außendurchmesser/Rundheit: 10 Meßstellen / OF-Rauhigkeit: 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 Oberflächenrauhigkeitsprüfung

Die Vorgaben der entsprechenden Buchsenzeichnung werden teilweise auf der Bearbeitungsmaschine bzw. im Meßraum der Endkontrolle an der Buchse nachgemessen. Die Meßwerte werden dokumentiert und dem Kunden zusammen mit den anderen Meßergebnissen in einer Begleitmappe übergeben.



7.2 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

Registriergrenze: Dq = 0,5 mm

Registriergrenze = Fehlergrenze

Einschallrichtung: Stirnflächen

Registriergrenze: Dq = 2 mm

Registriergrenze = Fehlergrenze

7.22 Farbeindringprüfung

Für die Farbeindringprüfung gelten die gleichen Fehlergrößenklassen wie bei der visuellen Prüfung gemäß 7.23.

Alle Anzeigen, die 3 x länger als breit sind, gelten als linienförmige Anzeigen und sind unzulässig. Eine zusätzliche Bewertung dieser Stellen nach 6.23 ist durchzuführen.

7.23 Visuelle Prüfung auf Oberflächenfehler

Die ganze Oberfläche der Buchsenlauffläche incl. der Stirnflächen wird mit mindestens 30 bis 50 facher Vergrößerung untersucht.

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

Die Klassifizierung der Fehler erfolgt nach maximaler Fehlerausdehnung und Fehlerform. Die möglichen Fehlerformen sind:

- Poren (Fehlstellen, die im Hartmetall bereits vorhanden sind)
- Schlitze (spezielle Poren mit einem Verhältnis $l / b \geq 5$)
- Kratzer und Ausbrüche, die bei der mech. Bearbeitung entstanden sind.



Als Bezugspunkte für die Fehlerlokalisierung dienen die Stellung zur festgelegten Nullmarke sowie der Abstand von der Buchsenstirnfläche.

Folgende Oberflächenfehler sind entsprechend TÜV-MPA-HM-WS 911 zulässig:

Fehlergröße	Fehlergröße der Gruppe	Maximal zulässige Fehlergesamtzahl	maximal zulässige Fehlergesamtzahl der jeweilig. Gruppe
$\geq 0,025$ mm	0,025-0,075 mm	8 Stück/1000 cm ²	5 Stück/1000 cm ²
$\geq 0,075$ mm	0,075-0,125 mm	3 Stück/1000 cm ²	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 Mindestabstand zwischen 2 Oberflächenfehlern $\geq 0,125$ mm muß größer als 20 mm sein. Oberflächenfehler $\geq 0,375$ 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 „TRIBO-LOGO“ 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 DIN EN ISO 9001 zertifiziert sind, werden alle Proben sowie die dazugehörigen Unterlagen bei der TRIBO Hartstoff GmbH für 10 Jahre aufbewahrt.

Die Buchsenmappe enthält:

- a) Abnahmeprüfzeugnisse 3.1B für die Buchsenwerkstoffe (Hartmetall und Stahl)
- b) Meßprotokolle für die Abmessungen, Oberflächenrauigkeiten und Härteprüfzeugnis (Stahl)
- c) Prüfprotokolle für die Ultraschall-, Wirbelstrom- und Oberflächenprüfung (visuell und mit Eindringmittel)
- d) Dokumentation von kundenspezifischen Prüfungen
- e) Abstimmungen zu Abweichungen von der vorgegebenen Spezifikation

10. ABWEICHUNGEN

Werden bei der Abnahme der Buchsen 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 DIN EN 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 bedarf der schriftlichen Genehmigung der TRIBO Hartmetall GmbH.

<<< Ende der Spezifikation >>>