



## SPEZIFIKATION HARTMETALLPLUNGER

### 1. EINLEITUNG

Hartmetall Plunger werden als Kolben in Hyperkompressoren zur Herstellung von Polyethylen niedriger Dichte (LDPE) eingesetzt. Um den extremen Belastungen, wie Druck bis 350 MPa, bei Laufzeiten bis weit über 20000 Betriebsstunden und Verschleißwegen bis zu 180000 km während dieser Zeit gewachsen zu sein, müssen diese Plunger 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 metallografischen 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 Plunger.

### 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 Bewertungsrichtlinie Hartmetallgroßteile; 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 Plunger sind wie folgt:

Kenngröße	V20Ti	V25Ti	Einheit
a) Co - Gehalt:	8,5	11,0	%
b) WC - Gehalt:	91,5	89,0	%
c) Einsatzkorngröße (FSSS):	2,5	2,5	µm
d) Dichte (ISO 3369):	14,60 ± 0,1	14,40 ± 0,1	g/cm <sup>3</sup>
e) Härte HV30 (ISO 3878):	1400 ± 30	1300 ± 30	
f) Biegebruchfestigkeit (ISO 3327 Rundstab)	3550	3680	MPa

Erstellt: Peter/Horn

Genehmigt: Horn

Ersatz für:

Spezifikation QF/III/015/2

Datum: 29.11.05

Datum: 30.11.05

vom 15.08.2002

Kenngröße	V20Ti	V25Ti	Einheit
g) Elastizitätsmodul (ISO 3312):	600	570	GPa
h) Druckfestigkeit (ISO 4506):	5160	4820	MPa
i) Poisson's Konstante:	0,20	0,21	
j) Stoßwiderstand rel.:	45	100	
k) Dauerschwingfestigkeit: 10 <sup>8</sup> Lastwechsel	870	860	MPa
l) Verschleißwiderstandsfaktor:	109	395	1 / Vol. Verlust
m) Zugfestigkeit:	1750	1720	MPa
n) K1C-Wert Bruchzähigkeit:	9,2	10,5	MPa•m <sup>1/2</sup>
o) Wärmeausdehnungskoeff:	5,8 x 10 <sup>-6</sup>	6,0 x 10 <sup>-6</sup>	K <sup>-1</sup>
p) Wärmeleitfähigkeitskoeff:	114	112	W•m <sup>-1</sup> •K <sup>-1</sup>
q) Koerzitivfeldstärke (ISO 3326):	11,2 ± 2,4	11,0 ± 2,4	kA/m
r) Spezif. Magn. Sättigung:	15,3 ± 0,8	19,8 ± 1,0	μTm <sup>3</sup> /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 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 Hartmetall GmbH hat für die Herstellung der Grünteile (verdichtetes Hartmetall-Pulver) ein spezielles Verfahren entwickelt, welches es gestattet, optimale Verdichtungsverhältnisse im Grünteil herzustellen.

- *Spezielles Vorverdichtungsverfahren*
- *Optimale Durchmesserreproduzierbarkeit*
- *Gute Linearität 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. Nach der Ablängung auf das exakte Grünteilmaß werden in diese Teile beidseitig die entsprechenden Bohrungen/Zentrierungen für die Schleifaufnahme eingebracht.

- *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

Im anschließenden Bearbeitungsprozeß wird die Oberfläche entsprechend den Zeichnungsvorgaben geschliffen. Alle Schleifarbeiten werden mit Diamantschleifkörpern unterschiedlicher Körnung und Form durchgeführt. Das Schleifhilfsmittel enthält auf diesen Prozeß abgestimmte Inhaltsstoffe, die jegliche Korrosion bzw. Oberflächenschädigung inhibieren. Es werden die entsprechenden Konturen am Plungerkopf und an der Plungeraufnahme eingeschliffen. Eine anschließende Feinstbearbeitung an der Lauffläche sorgt für sehr gute Laufeigenschaften und optimale Standzeiten beim Anwender. Rauigkeiten von  $R_t \leq 0,15 \mu\text{m}$  sind TRIBO-Standard.

- Konturanbringung mit optimaler Genauigkeit*
- Politur der Lauffläche durch Anwendung eines Bandpoliergerätes*
- Oberflächenrauigkeit nach Kundenvorgabe einstellbar*
- Oberflächenrauigkeit bis zu  $R_{\text{max}} = 0,05 \mu\text{m}$  sind möglich*

#### 4.7 MARKIERUNG

Alle Plunger werden entsprechend der Zeichnungsvorgabe mit einer Beschriftung versehen. Diese Beschriftung wird mit einem elektrolytischen Verfahren hergestellt. Dieses Verfahren führt zu keiner Oberflächenschädigung im Markierungsbereich. Ist keine Zeichnungs-/Kundenvorgabe vorhanden, dann wird der Plunger mit der folgenden Information auf einer für die Plungerfunktion unbedenklichen Fläche beschriftet:

- a) Auftragsnummer
- b) Plungernummer
- c) Nullmarke
- d) TRIBO Logo

Vorzugsweise ist die Beschriftungsfläche im Bereich der Plungeraufnahme bzw. am Plungerkopf.

- Beschriftung mit schonendem Elektrolyseverfahren*

### 5. PRODUKTBEWERTUNGEN 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:**

1. Chargenproben Abmessung 16x12x8(6)(3) mm / Monostatik / Isostatikprobe
2. Großproben Abmessung: d ca.20 mm / l ca.70 mm



3. Plungerprobe 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 Plungerabschnitts hergestellt und zusammen mit dem Plunger im gleichen Sinterzyklus gesintert.

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

**Proben 5.34** für die Biegebruchprüfung werden von jeder Plungercharge hergestellt und bewertet, Proben für die Druckfestigkeitsprüfung werden von jeder neuen Plungersorte 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	
Ultraschallprüfung			X	
Wirbelstromprüfung			X	



Kenngröße	5.31	5.32	5.33	5.34
Oberflächenrißprüfung			X	
Visuelle Oberflächenprüfung	X	X	X	

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

## 6. ENDPRÜFUNG

### 6.1 Maß- und Oberflächenrauigkeitsprüfung

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.

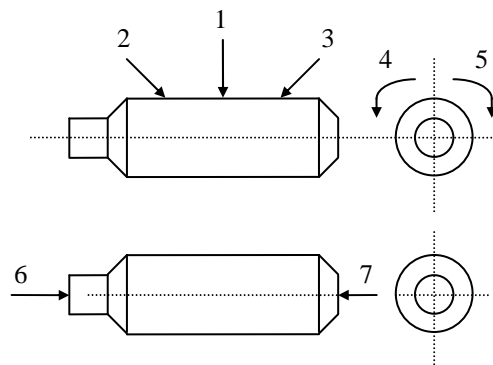
### 6.2 TÜV MPA Prüfung

Die fertig bearbeiteten Hochdruckteile werden beim TÜV NORD MPA Gesellschaft für Materialprüfung und Anlagensicherheit mbH & Co KG (in Folge TÜV MPA genannt) endgeprüft. TÜV MPA ist eine unabhängige Material-Prüf-Organisation, die speziell für die Prüfung von Teilen aus der Hochdrucktechnik ausgerüstet ist. Von TÜV MPA werden: Ultraschallprüfung, Wirbelstromprüfung, Farbeindringprüfung und die Sichtprüfung auf Oberflächendefekte durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse werden dem Kunden ebenfalls zusammen mit dem Hochdruckteil in einer Plungerbegleitmappe übergeben. Werden vom Plungerkunden eigene Vorgaben bezüglich der Abnahmebedingungen zu den Prüfungen 6.21 bis 6.24 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*

#### 6.21 Ultraschallprüfung

Einschallrichtung: Position 1 - 5  
 Registriergrenze:  $Dq = 0,5 \text{ mm}$   
*Registriergrenze = Fehlernachweisgrenze*



Einschallrichtung: Position 6 - 7  
 Registriergrenze:  $Dq = 2 \text{ mm}$   
*Registriergrenze = Fehlernachweisgrenze*



## 6.22. Wirbelstromprüfung

Registriergrenze: 0,05 mm (Hartmetall-Testkörper)  
 Registrierlänge: 2,0 mm  
**Registriergrenze:** *Fehlernachweisgrenze*

## 6.23 Visuelle Prüfung auf Oberflächenfehler

Die ganze Oberfläche wird mit mindestens 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:

6.231 Oberflächenfehler, die von der mechanischen Bearbeitung herrühren  
 - vereinzelte flache Oberflächenfehler sind zulässig (Tiefe < 0,01 mm)

6.232 Oberflächenfehler, die von Inhomogenitäten im Hartmetall herrühren

Fehlergröße	Fehlerbereich der Gruppe	Maximale Anzahl der Fehler in der Gruppe
≥0,025 mm	0,025-0,075 mm	5 Stück/1000 cm <sup>2</sup>
≥0,075 mm	0,075-0,125 mm	3 Stück/1000 cm <sup>2</sup>

Alle nachweisbaren Fehler bzw. Oberflächeninhomogenitäten sind zu dokumentieren.

Der Mindestabstand zwischen 2 Oberflächenfehlern ≥0,075 mm muß größer als 20 mm sein. Oberflächenfehler ≥0,125 mm sind nicht zulässig!

Als Bezugspunkte für die Fehlerlokalisierung dienen die Stellung zur festgelegten Nullmarke sowie der Abstand vom Plungerkopf (Seite A).

Über die Zulässigkeit von Oberflächenfehlern im Größenbereich von > 0,125 mm ist nach Lage und Häufigkeit eine Abstimmung zwischen Lieferanten und Kunden zu führen.

## 6.24 Farbeindringprüfung

Für die Farbeindringprüfung gelten die gleichen Größenklassen, analog der visuellen Prüfung gemäß 6.23.

**Registriergrenze = 0,025 mm**

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. 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 jeder Plunger mit einem Vielschichtschutz versehen und in einer stabilen Holzkiste verpackt, die für den Gabelstaplertransport vorbereitet ist.

**7.1** Die Endverpackung erfolgt in einem staubfreien, trockenen und warmen Raum. Die Temperatur des Plungers und die Raumtemperatur sind angeglichen; dadurch wird eine mögliche Feuchtigkeitsabscheidung am Plunger vermieden.

**7.2** Der Plunger wird gründlich mit einem sauberen Baumwolltuch abgewischt und gleich danach mit Korrosionsschutzöl vollflächig beschichtet. Dieses Korrosionsschutzöl ist schwefel- und chlorfrei. Besteht die Notwendigkeit, den Plunger vorher mit einem Lösungsmittel zu säubern, wird dazu wasserfreies Isopropanol verwendet. Dabei ist zu beachten, daß die Verdunstung des Lösungsmittels nicht zu einer Temperaturerniedrigung des Plungers führt!

**7.3** Danach wird der komplette Plunger mit 2 Lagen Ölpapier umwickelt. Die Fixierung des Ölpapiers erfolgt mit glasfaserverstärktem Klebeband.

**7.4** Desweiteren erhält der Plunger eine Stoßschuttschicht, die, gestaffelt nach Plungergewicht, aus 1 bis 2 Lagen Polyethylenfolie mit einer Dicke von 1,0-1,5 mm besteht, die ebenfalls mit glasfaser verstärktem Klebeband fixiert wird.

**7.5** Die nächste Verpackungsschicht besteht aus Polyethylenschlauch mit einer Dicke von ca. 0,10 mm. Der Plunger wird in diesen Polyethylenschlauch unter Vakuum eingeschweißt. Auf dieser Verpackungsschicht werden 2 Beutel mit je 100 g Trockenmittel so plaziert, dass die eingeklebten Prismen im Deckel der Plungerkiste nicht auf die Trockenmittelbeutel, sondern stets auf den Plunger drücken.

**7.6** Die letzte Verpackungsschicht besteht aus aluminiumbeschichteter Polyethylenfolie mit einer Dicke von ca. 0,15 mm. Der Plunger wird in dieser Folie unter Vakuum eingeschweißt. Die Beschichtungsseite ist außen. Diese Verpackungsschicht wirkt als generelle Dampfsperre.

**7.7** Der Plunger wird dann in die Transportkiste aus Holz mittels Trageschlaufen abgelegt. Die Schlaufen werden zur späteren Entnahme des Plungers in der Transportkiste belassen. Zusätzlich werden in die Transportkiste zwei Paar baumwollene Handschuhe beigelegt.

**7.8** Die Transportkiste wird mittels der vorhandenen Spannverschlüsse geschlossen. Danach erfolgt eine zusätzliche Transportsicherung mit Spannband (2 – 3 Spannstellen, je nach Plungergewicht).



**7.9** Auf der Transportkiste werden außer der Empfängeradresse zusätzlich das „TRIBO-LOGO“ und Aufkleber mit den Hinweiszeichen „VOR NÄSSE SCHÜTZEN“, „VORSICHT ZERBRECHLICH“ und „OBEN“ angebracht.

## **8. DOKUMENTATION**

Alle Prüfungsergebnisse werden dem Kunden in Form von Meßprotokollen und Abnahmeprüfzeugnissen, zusammengefaßt in einer Plungerbegleitmappe, 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 Plungermappe enthält:

- a) Abnahmeprüfzeugnis 3.1B nach EN 10204 für den Plungerwerkstoff
- b) Meßprotokolle für die Abmessungen und die Oberflächenrauigkeiten
- c) Prüfprotokolle für die Ultraschall-, Wirbelstrom- und Oberflächenprüfung (visuell und mit Eindringmittel)
- d) Prüfprotokoll für die Biegebruchprüfung
- e) Dokumentation von weiteren kundenspezifischen Prüfungen
- f) Behandlungsrichtlinie für Plunger
- g) Prüfprotokolle und Zertifikate von anderen Werkstoffen, die für den Plunger benötigt werden ( Stahl etc.)

## **9. ABWEICHUNGEN**

Werden bei der Abnahme der Plunger 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.

## **10. VEREINBARUNG**

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