



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 und Arbeitsanweisungen

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

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 Bewertungsrichtlinie Hartmetallgroßteile;

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-015/3 vom 30.11.2005



3. Physikalische Eigenschaften der Materialien

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

Parameter	V20	V25	Einheit
a) Co Konzentration	8,5	11	%
b) WC Konzentration	91,5	89	%
c) WC Korngröße (FSSS)	2,5	2,5	µm
d) Dichte (ISO 3369)	14,70 ± 0,10	14,40 ± 0,10	g/cm ³
e) Härte (ISO 3878)	1400 ± 30	1300 ± 30	HV30
f) Biegebruchfestigkeit (ISO 3327)	3550	3650	MPa
g) E-Modul (ISO 3312)	600	570	GPa
h) Druckfestigkeit (ISO 4506)	5150	4800	MPa
i) Poissonzahl	0,22	0,23	
j) Stosswiderstand rel.	45	100	
k) Dauerschwingfestigkeit bei 10 ⁸ Lastwechsel	870	860	MPa
l) Verschleißwiderstandsfaktor	109	395	1 /Volumen Verlust
m) Zugfestigkeit	1750	1720	MPa
n) Bruchzähigkeit K _{1C}	14,1	16,5	MPam ^½
o) Wärmeausdehnungskoeffizient	5,8 x 10 ⁻⁶	6,0 x 10 ⁻⁶	K ⁻¹
p) Wärmeleitfähigkeit	114	112	W m ⁻¹ K ⁻¹
q) Koerzitivfeldstärke (ISO 3326)	12,1 ± 1,2	10,5 ± 1,1	kA/m
r) Spezifische magnetische Sättigung	15,5 ± 0,8	20,0 ± 1,1	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***
- ***Optimale Durchmesserreproduzierbarkeit und 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 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

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. Rauheiten von $R_t \leq 0,15\mu\text{m}$ sind TRIBO-Standard.

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

- Auftragsnummer
- Plungernummer
- Nullmarke
- TRIBO Logo

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

- ***Beschriftung mit schonendem Elektrolyseverfahren***



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 Plungerabschnittes hergestellt und zusammen mit dem Plunger im gleichen Sinterzyklus gesintert.

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

Diese 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.

5.34 Sonderproben für Biegebruchfestigkeit, Druckfestigkeit und Rückstellung

Für die Biegebruchprüfung werden von jeder Plungercharge Proben 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	
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 Plungerkunden zusammen mit den Prüfprotokollen der Endprüfung in einer Plungerbegleitmappe übergeben.

6. Endprüfung

6.1 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

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**

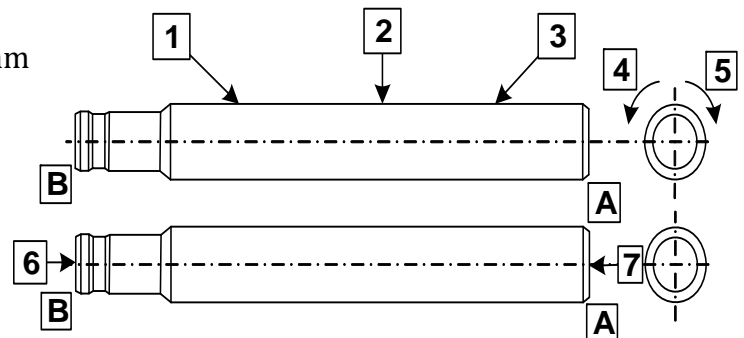
6.21 Ultraschallprüfung

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



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 anschließend 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 Des Weiteren 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 glasfaserverstärktem 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 platziert, 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 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 „TRIBOLOGO“ 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 ISO 9001 zertifiziert sind, werden alle Proben sowie die dazugehörigen Unterlagen bei der TRIBO für 10 Jahre aufbewahrt.

Die Plungermappe enthält:

- Abnahmeprüfzeugnis 3.1B nach DIN EN 10204 für den Plungerwerkstoff
- Messprotokolle für die Abmessungen und die Oberflächenrauheiten
- Prüfprotokolle für die Ultraschall-, Wirbelstrom- und Oberflächenprüfung (visuell und mit Eindringmittel)
- Dokumentation von weiteren kundenspezifischen Prüfungen
- Behandlungsrichtlinie für Plunger
- 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 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 bedürfen der schriftlichen Genehmigung der TRIBO Hartstoff GmbH.