

## **Solutions Flash**

Thermisches Spritzen, PVD-Verfahren, IONIT OX –  
Hervorragende Alternativen zum Hartverchromen

SF-0009.4 – Oktober 2014



## Die Situation

Hartchromschichten als Oberflächenschutz vor Verschleiß und Korrosion haben eine lange und vielfältige Geschichte.

Bedenken hinsichtlich einer Gefährdung der menschlichen Gesundheit und der Umwelt wegen des prozessbedingten Auftretens von hexavalentem Chrom haben viele Industrien zur Suche nach alternativen Lösungen veranlasst.

Zu Beginn der 1990er Jahre wurden deshalb vor allem aus umwelttechnischen Gründen andere Lösungen angeboten und weiterentwickelt. Treibende Kräfte für diese

Entwicklungen gab es im In- und im Ausland, vor allem in den USA. Heute gibt es bereits massive Restriktionen beim Einsatz von Verfahren die zu Cr6+ Emissionen führen können, so auch beim Hartverchromen.

Im Zuge der Globalisierung werden die zulässigen Emissionswerte für Cr6+ in Wasser und Atmosphäre weiter reduziert, wodurch sich die Prozesskosten weiter erhöhen werden, die für die Erfüllung der steigenden Umweltauflagen erforderlich sind. Dennoch entscheiden heute überwiegend technologische und wirtschaftliche Kriterien über den Einsatz von Alternativen zum Hartverchromen.

## Alternativen

Als hervorragende Alternativen zum Hartverchromen haben sich das Thermische Spritzen, PVD Verfahren und die Thermochemische Behandlung erwiesen. Ausser den umwelttechnischen Gründen, die für diese Verfahren sprechen, überzeugen auch folgende Vorteile:

### Verbesserte Langzeit-Performance

- Verbessertes Verschleißverhalten insbesondere im Bereich dickerer Schichten bei gleichzeitig gutem Korrosionsverhalten und verringertem Aufwand für Reparatur und Instandhaltung
- Optimierter Eigenspannungszustand
- Deutlich verbessertes Ermüdungsverhalten

- Keine Wasserstoffversprödung bei hochfesten Stahl-Substraten
- Geringere Neigung zu Lochfraß in feuchter und korrosiver Umgebung
- Geringere Neigung zu Mikrorissen durch höhere Duktilität

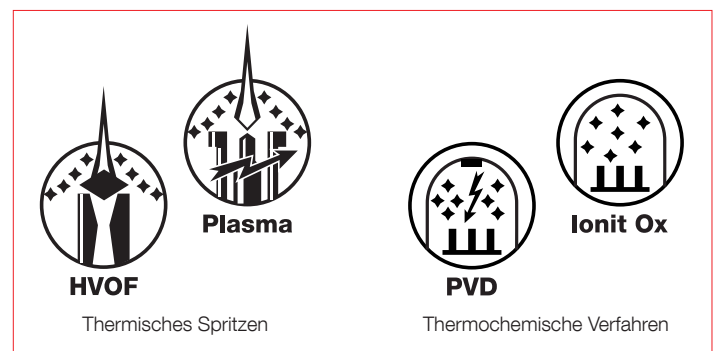
### Reduzierte Kosten

Die Kostenbetrachtung ist komplex und es sind die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Industrie in Betracht zu ziehen. Auch muss zwischen Hersteller und Anwender unterschieden werden. Während für die Hersteller die Gesteungskosten die kritische Grösse sind, sind für den Anwender die Einsatzkosten über den gesamten Lebenszyklus entscheidend.

## Die Lösungen von Oerlikon Metco: differenzierte Technologien

Um den Kunden die optimale Schicht bzw. Oberflächenbehandlung anbieten zu können, hat Oerlikon Metco für definierte Einsatzbedingungen in den Bereichen Thermisches Spritzen, PVD und Thermochemische Verfahren verschiedene Oberflächenbeschichtungs- bzw. Behandlungs-Technologien entwickelt.

Der Kunde hat dabei den Vorteil, dass er aus einem grossen Portfolio verschiedener Schichtlösungen jeweils das Optimum auswählen kann, sowohl in Bezug auf die Technologie als auch kostenseitig (Herstellereinstellung – Cost of Ownership).





## Hochgeschwindigkeitsflamspritzen HVOF

HVOF-gespritzte Cermet-Schichten sind bis heute die erfolgreichste Alternative zur Hartverchromung. Zahlreiche Anwendungen haben sich hier etabliert, wie der Einsatz bei Flugzeugfahrwerken, Hydraulikkolben in verschiedensten Industrien sowie Kalanderwalzen in der Papierindustrie. Zum Einsatz kommen Systeme mit gasförmigem Brennstoff (wie Wasserstoff, Propan, Erdgas) oder Kerosin als Flüssigbrennstoff. Steht der Verschleißschutz im Vordergrund, werden überwiegend Cermets (z.B. WCCo, WCCoCr und Cr-Carbid/NiCr) verwendet. Bei Korrosionsschutzanwendungen mit moderater Verschleißbeanspruchung kommen auch Schichten aus rostfreiem Stahl sowie NiCr zum Einsatz, z.B. bei Druckwalzen.

## Plasmaspritzen mit TriplexPro-210

Oerlikon Metco hat für hoch beanspruchte, aber eher kostenkritische Applikationen neue Schichtsysteme entwickelt, bei denen der universelle 3-Kathoden-Plasmapbrenner TriplexPro-210 eingesetzt wird, der im Vergleich zu traditionellen Brennern die Pulverausbeute um bis zu 50% und in einigen Fällen den Durchsatz um 300% steigert. Dank seiner hohen Auftragseffizienz ist der TriplexPro-210 eine äußerst attraktive Lösung, die eine nie zuvor erreichte Produktionseffizienz und Senkung der Rohmaterialkosten möglich macht. Mit Hilfe von CFD-Modellrechnungen entwickelte Hochgeschwindigkeitsdüsen erweitern den Einsatzbereich des Brenners deutlich.

## IONIT OX

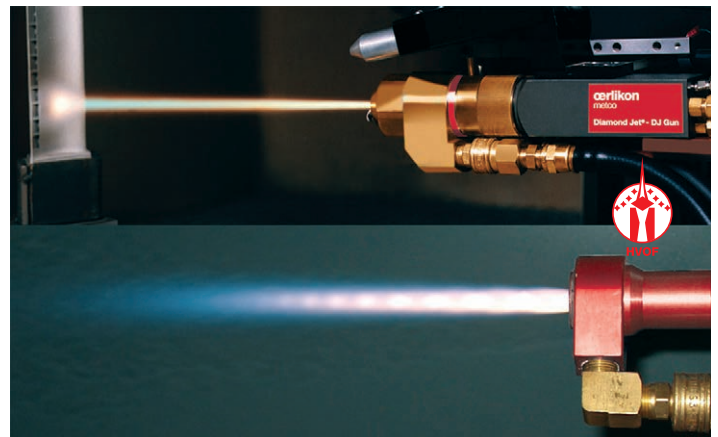
Das patentierte IONIT OX Verfahren kombiniert die thermochemischen Verfahren Gasnitrocarburieren, Plasmanitrocarburieren und Oxidieren. Gasnitrocarburieren nutzt die Prozessgase Ammoniak und Kohlendioxid mit exakt gesteuerten chemischen Spaltreaktionen zur Bildung von Stickstoff und Kohlenstoff. Damit werden eine Nitridverbindungs- und eine Diffusionsschicht mit definierter Struktur und Phasenzusammensetzung gebildet. Das nachfolgende Aktivieren der Nitridoberfläche erfolgt während des Plasmanitrocarburierens durch den Beschuss der nitrierten Bauteiloberfläche mit Stickstoff-, Wasserstoff- und Kohlenstoffionen. Der abschließende Oxidationsvorgang erzeugt eine geschlossene Oxidschicht von ca. 2 µm Dicke, ausgezeichnet durch überlegenen Korrosions- und Verschleißschutz.

## PVD (Physical Vapour Deposition)

Oerlikon Metco PVD-Schichten werden mit dem PVD-Arc-Verfahren abgeschieden. Ionisationsgrade bis zu 100% garantieren bei diesem Verfahren deutlich höhere Härte und Dichte sowie wesentlich bessere Haftung der Verschleißschutzschichten im Vergleich zum Sputterverfahren. CrN-Schichten zeichnen sich gegenüber anderen klassischen Hartstoffschichten durch exzellente Haftfestigkeit und geringe Reibwerte aus, die speziell in der Umformtechnik Vorteile bieten. Die chemisch gesättigte, dichte Struktur von CrN bewirkt z.B. in der Kunststoffverarbeitung ein gutes Gleitverhalten der Formmassen auf den Werkzeugoberflächen. Bei Beschichtungen vom Typ CrN-modifiziert sorgt eine quasi-amorphe, dotierte Deckschicht mit keramischem Charakter für eine ausgeprägte Antihafteigenschaft gegenüber stark klebenden Formmassen in der Kunststoffindustrie.

### SF-0009.4 – Alternativen zum Hartverchromen

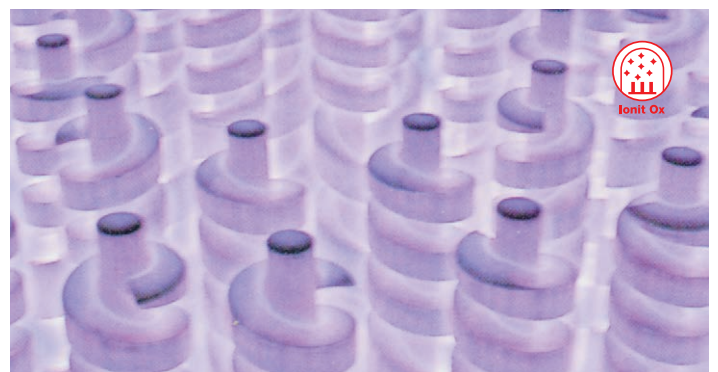
© 2014 Oerlikon Metco



Oberen: DiamondJet 2700 (Betrieb mit Erdgas). Unteren: WokaJet (Betrieb mit Kerosin)



TriplexPro 210 im Einsatz



Werkstücke während des IONIT OX Verfahrens



PVD Target im Arc-Prozess

## Kundennutzen am Beispiel von Kolbenstangen

Als Alternative zum Hartverchromen werden Hydraulik-Kolben und Kolbenstangen je nach Beanspruchung:

- Thermisch gespritzt
  - HVOF-gespritzte Karbide (WCCo, WCCoCr or CrC/NiCr)
  - HVOF-gespritzte Metall-Legierung (NiCr)
  - HVOF-gespritzte Metall-Legierung + Plasmaspritzen oxidkeramische Deckschicht)

oder

- Thermochemisch behandelt
- IONIT OX



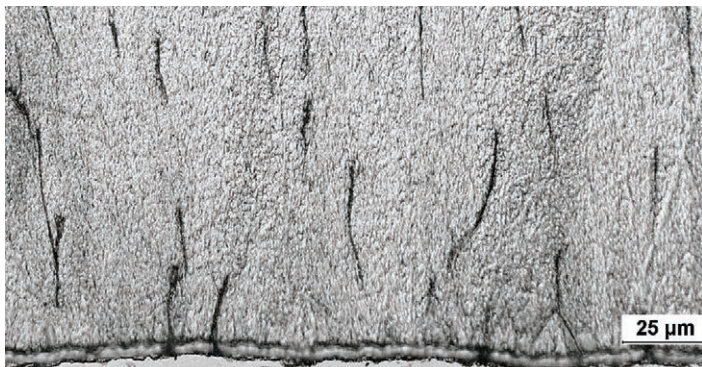
## Bessere Langzeit-Performance

HVOF-gespritzte Karbidbeschichtung zeigen gegenüber hartverchromten Schichten insbesondere bei Ermüdungsverhalten, Verschleiß und Korrosionsverhalten Vorteile. Auf diese verbesserten Eigenschaften im Vergleich zum Hartchrom deutet bereits die Schichtstruktur hin. Am Querschliff der gespritzten Schicht lassen sich keine Risse oder größere Poren erkennen, die sich negativ auf das Ermüdungs- bzw. Korrosionsverhalten auswirken könnten. Die hohe Härte entsteht durch die in die Matrix eingebetteten Karbid.



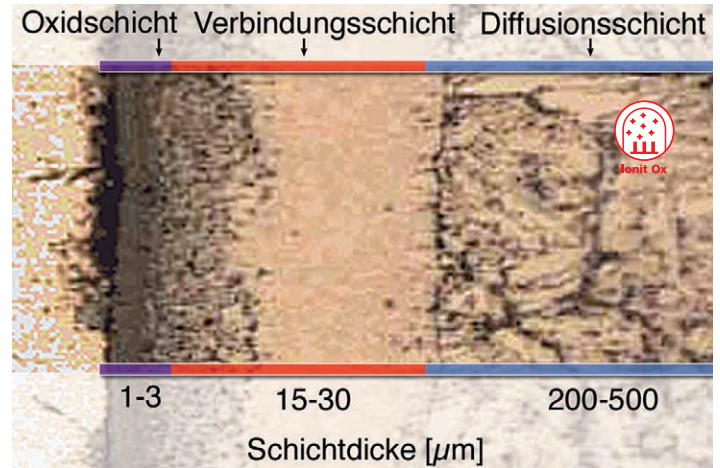
HVOF Schicht WOKA 3652 (WCCoCr)

Hartchromschichten lassen sich nur mit erhöhtem Aufwand rissfrei und damit korrosionsbeständig herstellen. Eine normale Hartchromschicht weist gleichmässig verteilte Risse auf. Durch Mehrfachbeschichtungen kann diese Struktur verbessert werden, was jedoch gleichzeitig erhöhten Aufwand und Zeitbedarf (Kosten) bedeutet.



Hartchromschicht: geätzt, V2A-Beize

Die Oberfläche IONIT OX behandelter Bauteile weist 3 Bereiche auf: Die Diffusionsschicht mit ausgezeichneter Stützwirkung durch ihren Härtegradienten vom weichen Grundmaterial zur harten Verbindungsschicht, die Verbindungsschicht mit Härten bis zu 1100 HV sowie die Oxidschicht mit ihrer speziellen Morphologie und sehr guten Korrosionsschutzeigenschaften und geringen Reibwerten. Diese Struktur bietet die Gewähr für hohen Verschleißschutz bei ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit.



Struktur einer IONIT OX-Schicht

## Geringere Lebenszyklus-Kosten

Die höhere Langzeit-Performance führt zur deutlichen Reduzierung der Instandhaltungskosten und des Lagerbestandes und damit zu reduzierten «costs of ownership». Das HVOF-Verfahren ermöglicht ferner eine schnellere Bearbeitung, wodurch die Ausfallzeit der Bauteile und Komponenten deutlich verkürzt wird.

## Umweltschutz

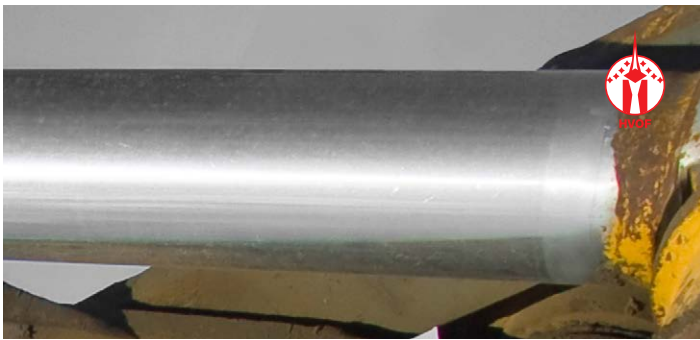
Umweltschutz ist eine der bedeutendsten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Produkte, Betriebsstätten und die Herstellungsprozesse müssen dabei immer der aktuellen Gesetzgebung genügen. Von besonderer Bedeutung ist hier die EU-Richtlinie 2000/52/EG, die fordert, dass alle Komponenten frei von Cr(VI) (eingestuft als kanzerogen) sein müssen. Hier verbindet der IONIT OX Prozess die Vorteile der Kostenreduzierung mit der Tatsache, dass weder beim Prozess noch im Produkt selbst Cr(VI) entstehen kann. IONIT OX behandelte Teile können später auch problemlos wiederverwertet werden.



## Anwendungsbeispiele: Hydraulikkolben und Zylinder

### Erdbewegungsmaschinen

Diese Kolbenstange wurde mit dem Werkstoff WOKA 7202 beschichtet (HVOF Brenner DiamondJet™ 2700) und weist selbst nach 3200 Stunden Betriebszeit praktisch keine Verschleißerscheinungen auf. Mit den geeigneten Dichtungen sind darüber hinaus die Leckverluste im Hydrauliksystem sowie der Dichtungsverschleiß bedeutend niedriger als bei Verwendung von Hartchromschichten. Die hartverchromte Kolbenstange erreicht im Vergleich zur HVOF-gespritzten nur wesentlich kürzere Standzeiten. HVOF-gespritzte Kolbenstangen bewähren sich insbesondere bei hoher abrasiver Beanspruchung.



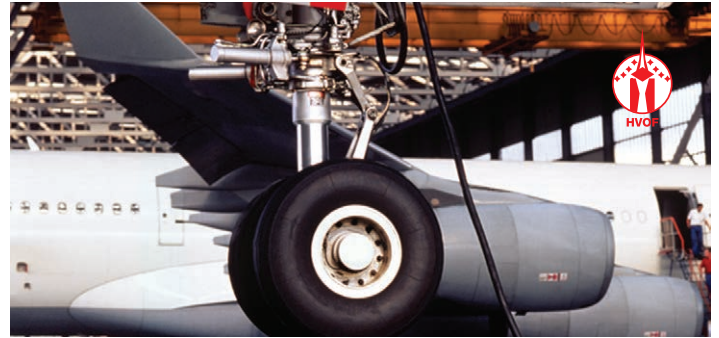
Hydraulik-Kolben: HVOF-gespritzt, Cr3C2/NiCr, nach 3200 h Einsatz



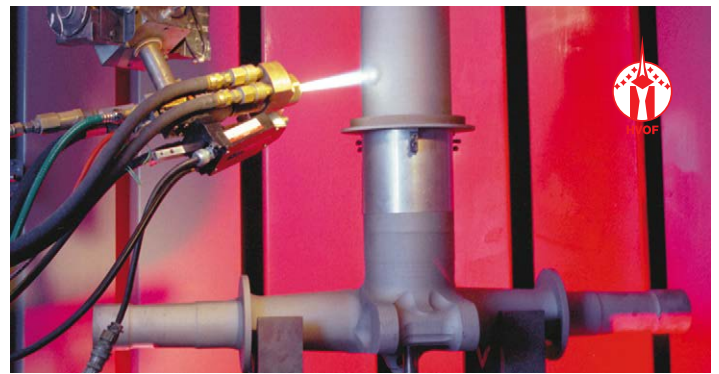
Hydraulik-Kolben: Hartverchromt, nach 682 h Einsatz

### Flugzeug-Fahrwerke

Während die Kolben und Zylinder der Flugzeug-Fahrwerke in der Vergangenheit praktisch ausschliesslich hartverchromt wurden, hat sich hier bereits der Wandel vollzogen: neue Flugzeuge von Boeing und Airbus werden praktisch nur noch mit HVOF-gespritzten Fahrwerken ausgestattet. Neben den inneren Zylindern (Kolben) werden die Stellzylinder und alle Zapfen HVOF gespritzt. Eine Besonderheit des HVOF Verfahrens ist die Möglichkeit, Lagersitze lokal zu reparieren, ohne dass Lackierung oder Labels zerstört werden.



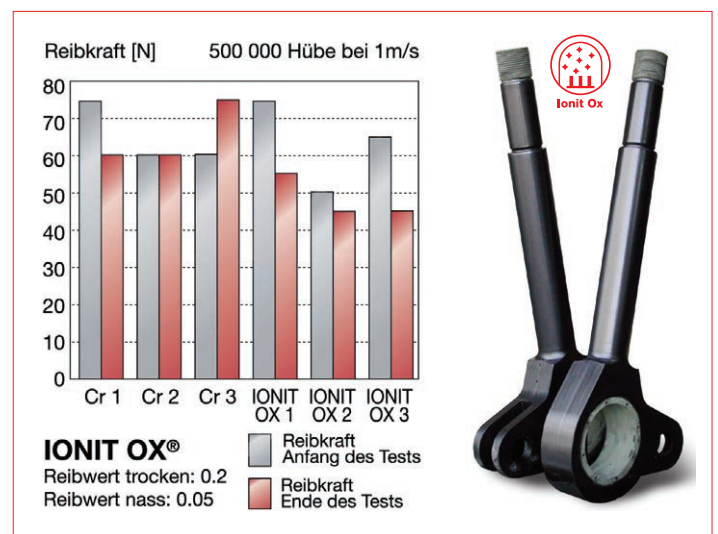
Hydraulik-Kolben und Zylinder eines Flugzeugfahrwerks



Fahrwerk während des Beschichtens mit HVOF

### Hydraulik-Kolben für mobile Kräne

Der direkte Vergleich von IONIT OX Schichten mit Hartchrom-Schichten zeigt hier neben dem verbesserten Verschleißverhalten auch deutlich günstigere Reibwerte – die Lösung ohne Cr(VI)! Selbst das Reparieren von beschädigten Teilen ist möglich.



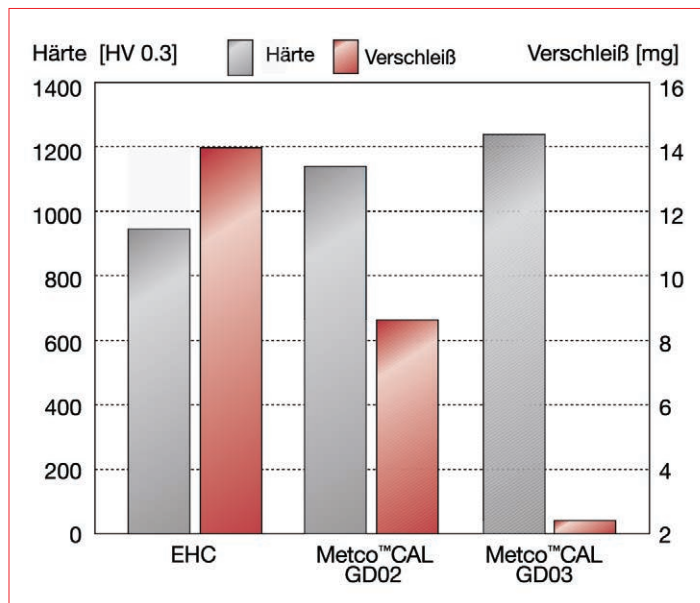
Vergleich Hydraulik Kolbenstangen Hartchrom – IONIT OX

## Anwendungsbeispiele: Kalandrier- und Druckwalzen

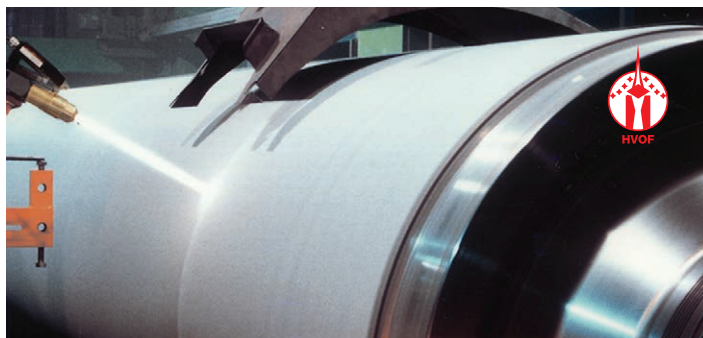
### Kalandrierwalzen

HVOF-gespritzte Kalandrierwalzen bieten dem Kunden bei der Papierherstellung Vorteile durch höhere Standzeiten. Die Schichten sind im Vergleich zum Hartchrom verschleißbeständiger und härter und zeigen in den meisten Fällen auch ein überlegenes Korrosionsverhalten.

PVD-beschichtete (CrN-mod) Kalandrierwalzen bei der Elastomerverarbeitung reduzieren Anhaftungen und Belagbildung und bieten aufgrund ihrer hohen Schichthärte von über 2000 HV einen hohen abrasiven Verschleißwiderstand.



Vergleich von Härte und Verschleißfestigkeit von hartverchromten gegenüber thermisch gespritzten Walzen



Kalandrierwalze während des Spritzens (HVOF)



Kalandrierwalze für die Elastomerverarbeitung, PVD CrN-mod beschichtet

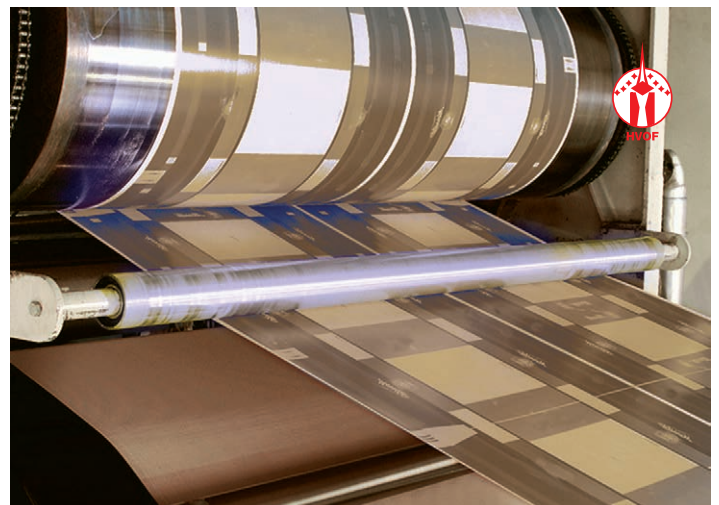
### Diverse Druckwalzen

Die grossen thermisch beschichteten Zentralzylinder für Flexo-Druckmaschinen sind kostengünstiger als die hartverchromten Zylinder. Reparaturfähigkeit durch Tampon-Galvanisieren ist gegeben. Ein weiterer Vorteil des Thermischen Spritzens ist die kurze Bearbeitungszeit.

Es gibt die weltweite Tendenz, hartverchromte Druckwalzen durch thermisch gespritzte Walzen zu ersetzen, mit dem Ziel, die Kosten zu senken. Für die verschiedenen Platten- und Gummizylinder können diverse Schichtsysteme eingesetzt werden:

- HVOF: DJ2600 und WokaStar mit NiCr- bzw. 316L-Schicht (rostfreier Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt)
- Plasma: TriplexPro-210 als kostengünstige Variante

Während die 316L-Beschichtung überwiegend dem Korrosionsschutz dient, erhöht die (teurere) NiCr-Schicht bei dieser Anwendung auch noch die Verschleißfestigkeit.



Flexo-Druckmaschinen

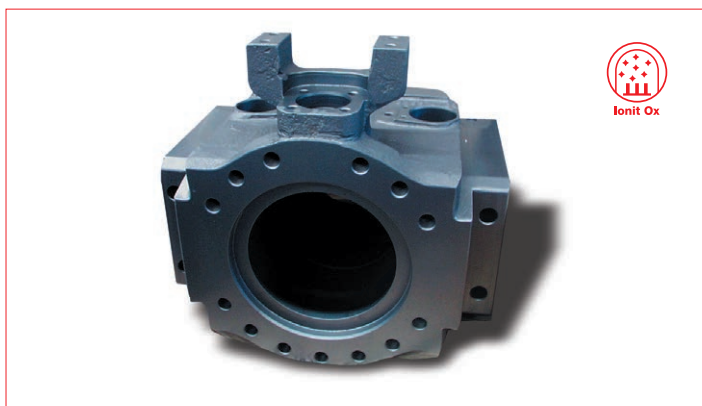


## Anwendungsbeispiele: diverse Anwendungen

### Zylinderkopf für mobile Kräne

#### Vorteile IONIT OX

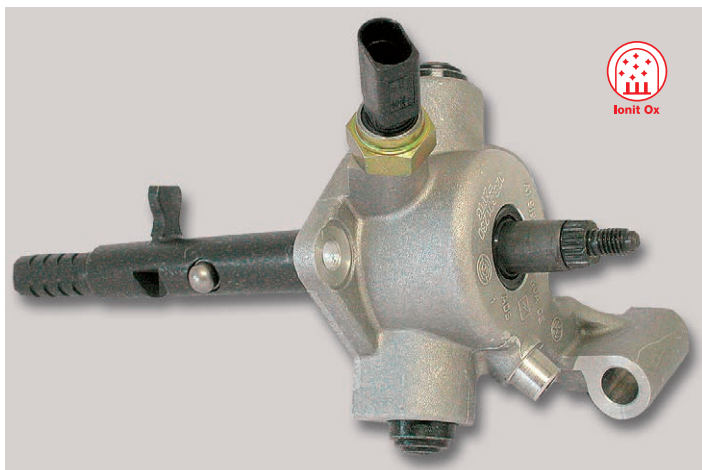
Aufgrund der Kombination von Verschleiß- und Korrosionsschutz mit gleichzeitig verbessertem Gleitverhalten ist IONIT OX ein idealer Oberflächenschutz für Hydraulikkomponenten, bei denen eine dünne Schicht ausreichend ist (keine massive abrasive Beanspruchung). Als wirtschaftlicher Korrosionsschutz erfüllt IONIT OX das Anforderungsprofil in allen Punkten optimal.



Zylinderkopf für mobile Kräne mit IONIT OX-Behandlung

### Getriebewellen

Durch die starke Reduzierung der Anzahl der Arbeitsgänge beträgt die Kosteneinsparung mindestens 20 % bei besserer Korrosionsbeständigkeit, erhöhter Ermüdungsfestigkeit und reduzierten Reibwerten.



Getriebe-Welle IONIT OX behandelt

| Fertigungs-schritt | Standard-Fertigung      | IONIT OX                |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1                  | mechanische Bearbeitung | mechanische Bearbeitung |
| 2                  | Reinigung               | Reinigung               |
| 3                  | Maskieren               | IONIT OX Behandlung     |
| 4                  | Einsatzhärten           |                         |
| 5                  | Reinigen                |                         |
| 6                  | Richten                 |                         |
| 7                  | Schleifen               |                         |
| 8                  | partielles Verchromen   |                         |
| 9                  | Wasserstoff-Freiglühen  |                         |
| 10                 | Fertigschleifen         |                         |

### Massengefertigte Kleinteile

IONIT OX bietet bei maßgefertigten Kleinteilen eine wirtschaftliche und umweltfreundliche Alternative zur partiellen oder Voll-Verchromung bei hoher Reproduzierbarkeit.



IONIT OX-Behandlung für Kleinteile und Massenfertigung

## Spritzgusswerkzeug

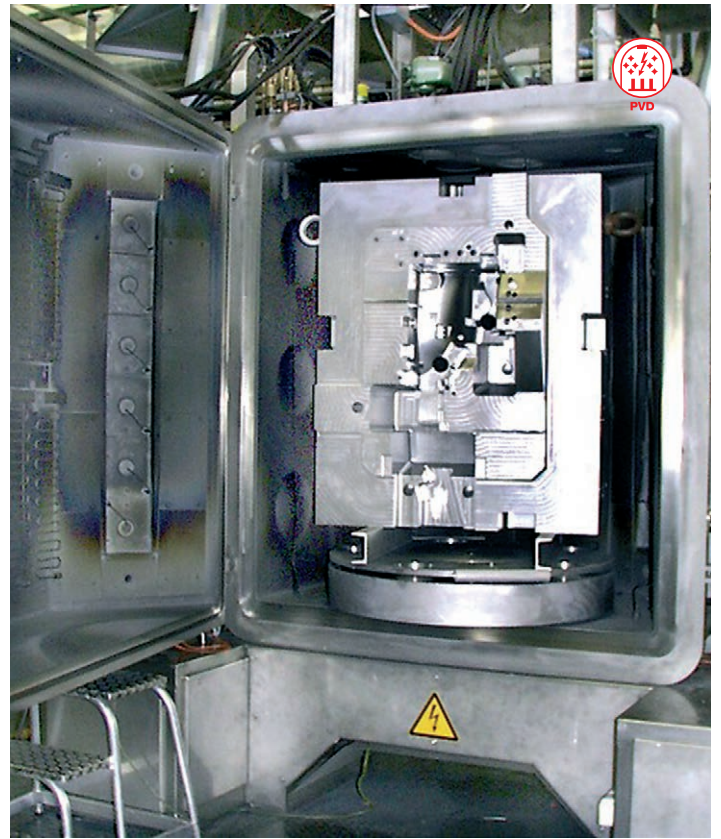
Die Beschichtung von Spritzgusswerkzeugen mit einer CrN-Schicht führt zu einem deutlichen Kundennutzen:

- Reduzierter Werkzeugverschleiß bei stark abrasiven Formmassen
- Leichtere Entformbarkeit
- Keine Belagbildung
- Hervorragende Haftfestigkeit
- Keine Mikrorisse
- Keine katalytische Zersetzung

Der gleiche Nutzen lässt sich bei der PVD-Beschichtung von Plastifizierschnecken mit CrN erzielen.



Plastifizierschnecke mit CrN-mod-Beschichtung (PVD)



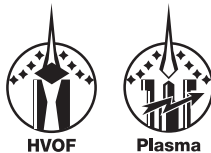
Spritzgusswerkzeug mit CrN-Beschichtung (PVD)

## Fazit und Vorteile für den Kunden

Mit der breiten Palette unterschiedlicher Oberflächenverfahren «aus einer Hand», dem Erfahrungsschatz aus der Praxis und dem Wissen über Vor- und Nachteile jedes einzelnen Verfahrens ist es möglich, eine maßgeschneiderte Lösung für jeden Anwendungsfall zu entwickeln und anzubieten.

### Vergleich Thermisches Spritzen mit Hartverchromen

- Eignung für eine größere Palette von Substrat-Werkstoffen
- Keine Begrenzung der Bauteilgröße
- Bessere Reparaturmöglichkeit und einfache partielle Beschichtung von Neuteilen
- Gezieltes Einstellen von Schichteigenschaften für definierte Anwendungen durch Verarbeitbarkeit einer großen Schichtwerkstoff-Palette
- Herstellen dickerer Schichten in Abhängigkeit vom Schichtwerkstoff
- Schnellere Beschichtung von Teilen mittlerer Größe und bei Großbauteilen



- Weniger Prozess-Schritte
- Weniger Abfall und geringere Kosten für die Entsorgung
- Vor-Ort-Beschichten durch mobile Geräte

### Vergleich IONIT OX und PVD-Verfahren mit Hartverchromen

- Dichte, rissfreie Schichten
- Exzellente Haftfestigkeit
- Keine Abplatzungen
- Weniger Aufwachsen an Kanten
- Keine Wasserstoffversprödung
- Geringere Reibwerte
- Reaktionsträges Schichtverhalten
- Keine Schadstoffe – Umweltfreundlich
- Sehr hohe Schichthärte von über 2000 HV (PVD)
- Zusätzlich ist das IONIT OX-Verfahren geometrieunabhängig, wodurch sich eine grössere Palette von Bauteilen beschichten lässt.



Änderungen vorbehalten.