

HART-COAT®

hartanodische veredelung (harteloxal)
von aluminium-werkstoffen



surface
technologies

aalberts

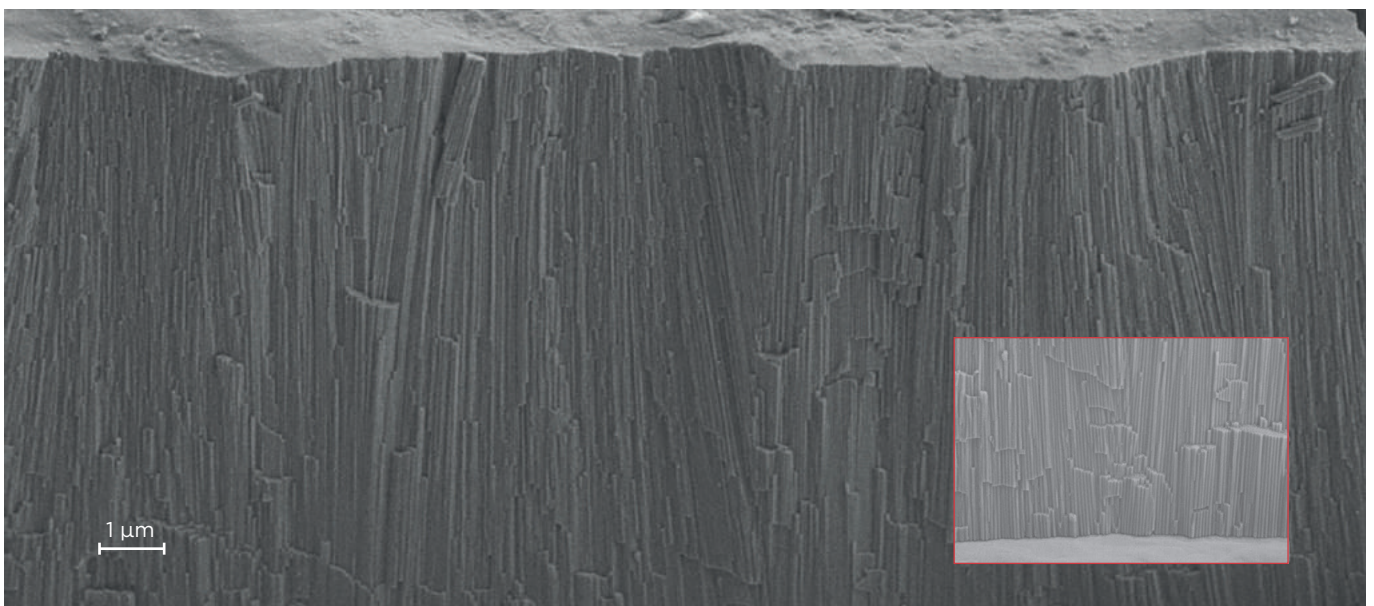
fachwissen, erfahrung und erstklassige technik

Alberts surface technologies ist für Sie der richtige Marktpartner für die hartanodische Veredelung von Aluminium-Werkstoffen (Harteloxal). Wir bieten Ihnen höchste Wirtschaftlichkeit und Qualität bei der funktionellen Veredelung Ihrer Bauteile.

Das HART-COAT®-Verfahren gehört zu den Kernkompetenzen der Aalberts surface technologies. Als Vorläuferorganisation entstand 1960 die ALU-HART-COAT Friebe und Reininghaus oHG, die sich zu einem der leistungsstärksten Anbieter auf dem Sektor der funktionellen Oberflächentechnik in Europa entwickelt hat und weltweit an Bedeutung gewann.

- Seriensicheres Hartcoatieren (Harteloxieren) von mehr als einer halben Milliarde Bauteilen pro Jahr
- Das Verfahren entspricht der Norm ISO 10074
- Große Erfahrung aus tausenden Projekten in allen Schlüsselindustrien
- Verfahrensvielfalt für individuelle Bauteileigenschaften
- Höchste Präzision – eigene Elektrolyte
- Hochmoderne Verfahrenstechnik für Aluminiumbauteile bis zu 8 Metern Länge
- Marktführer für Harteloxal in Deutschland
- HART-COAT® an zahlreichen Standorten in Europa und an einem Standort in China
- Stark aufgestellt für internationale Projekte

REM-Aufnahme: Die HART-COAT®-Schichten wachsen säulenförmig (senkrecht) und bilden eine stabile Zellstruktur (Honigwabenstruktur). Jede Zelle besitzt einen Porenkanal.



was ist HART-COAT®?

Das HART-COAT®-Verfahren, kurz HC genannt, ist eine elektrolytische Behandlung von Aluminium- Werkstoffen, deren Resultat die Bildung einer harten und dicken Aluminiumoxidschicht ist. Das Verfahren dient im Wesentlichen dazu, Bauteile der unterschiedlichsten Art gegen Verschleiß und Korrosion zu schützen, bewirkt darüber hinaus aber noch eine Fülle weiterer funktionaler Verbesserungen.

wie entstehen HART-COAT®-schichten?

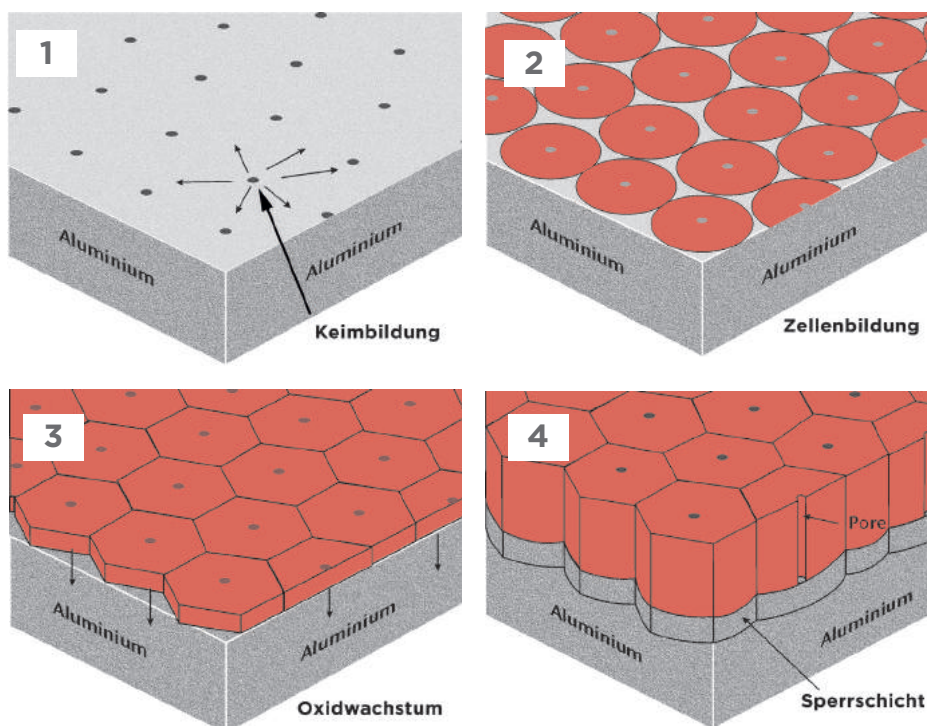
HART-COAT®-Schichten entstehen durch anodisches Oxidieren in einem kalten, sauren Elektrolyten spezieller Zusammensetzung. Mit Hilfe von elektrischem Strom wird auf der Werkstückoberfläche eine schützende, keramikähnliche Aluminiumoxidschicht gebildet.

Gegenüber herkömmlichen Eloxal-Schichten sind HART-COAT®-Schichten viel dicker und verschleißfester. Sie haben einen sehr starken Verbund mit dem Grundmaterial. HART-COAT® bietet auf Grund der hohen Belastbarkeit mehr Spielraum für Konstrukteure, neue Leichtbau-Ideen umzusetzen.

entstehung hexagonaler zellstrukturen

An dem als Anode geschalteten Aluminiumwerkstück findet eine Metallauflösungs-/Oxidationsreaktion statt. Diese Reaktion beginnt mikroskopisch betrachtet nicht über die gesamte Oberfläche gleichmäßig verteilt, sondern an bevorzugten Stellen, den Keimstellen. Von diesen Keimstellen beginnend, breitet sich die Oxidation über die gesamte Oberfläche aus, die Oxidationsbereiche stoßen aneinander und bedecken schließlich die gesamte Oberfläche; sie bilden eine hexagonale Zellstruktur. Jede Zellstruktur besitzt einen Porenkanal.

wachstum der HC-schichten



HART-COAT®

was kann HART-COAT®?

HART-COAT® veredelt aluminium-werkstoffe

Nahezu alle technisch interessanten Aluminium-Knet- sowie -Guss- und -Druckgusslegierungen lassen sich HART-COAT®-veredeln.

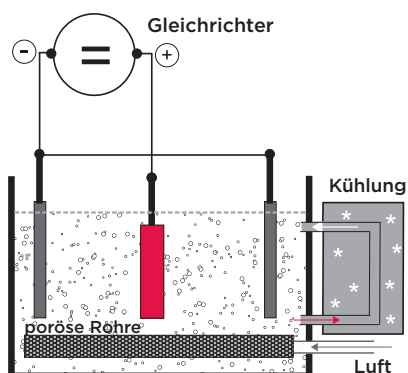
allgemeine schichteigenschaften

Die Schichteigenschaften variieren in Abhängigkeit von den jeweiligen Legierungen und Verfahrensvarianten:

- hohe Verschleißfestigkeit
- verbesserte Korrosionsbeständigkeit
- Erhöhung der Härte
- optimales Gleitverhalten
- optimaler Schichtverbund
- hohe Thermoisolierung
- hohe elektrische Isolierungswirkung
- gute Maßhaltigkeit
- Temperaturbelastbarkeit

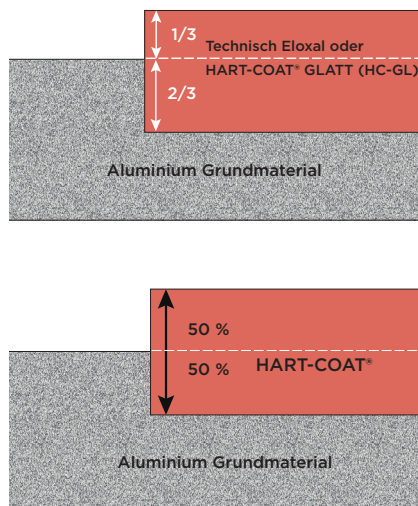
chemische zusammensetzung und struktur

HART-COAT®-Schichten bestehen vorwiegend aus amorphem γ -Aluminiumoxid und wachsen in Form von regelmäßigen Zellen senkrecht zur Aluminiumoberfläche auf. Die Poren einer HART-COAT®-Schicht haben einen Durchmesser von etwa 50 nm. In den Zellwänden sind naturgemäß nichtlösliche Legierungspartner vollständig und lösliche Legierungspartner zum Teil eingebaut. Je nach Art des Basiswerkstoffes und den angewandten Verfahrensparametern werden daher Porosität, Härte und andere Eigenschaften der HC-Schichten beeinflusst. Die verfahrensbedingten Poren in der HART-COAT®-Schicht lassen sich im Rahmen einer Nachbehandlung vielfältig nutzen. Je nach Behandlung des HART-COAT®-beschichteten Bauteils werden das Gleit- und/oder das Korrosionsverhalten optimiert sowie die Trockenschmiereigenschaften verbessert.



Prinzip der anodischen Oxidation:

Aluminiumbauteile (hier rot dargestellt) werden in einen exakt definierten Elektrolyten getaucht und als Anode geschaltet. Bei hoher Stromstärke entsteht eine harte und keramik-ähnliche Aluminiumoxidschicht. Der Elektrolyt muss gekühlt werden.



Wachstum der HC-Schichten:

Grobvisualisierung des Schichtwachstums. Je nach Verfahrensvariante verändert sich das Schichtenwachstum. Das Wachstumsverhalten ist wichtig für die richtige Vormaßberechnung zur Dimensionierung der Bauteile.

Akribische Messung der Schichtdicke eines
hartcoatierten Bauteils.



einsatzgebiete

Die HART-COAT®-Oberflächenveredelung wird in **nahezu allen technischen Bereichen** angewendet, in denen Aluminium-Werkstoffe eingesetzt werden, **die besonderen funktionellen Anforderungen unterliegen.**

- Armaturenbau
- Automobilbau
- Bergbau
- Büro- und Datentechnik
- Energie- und Reaktortechnik
- Haushaltsgeräteindustrie
- Maschinenbau
- medizinischer Gerätebau
- Mess- und Regeltechnik
- Pharmaindustrie
- Wehrtechnik



1/ Die Grip Factory Munich GmbH (GFM) aus München zählt zu den renommierten Herstellern von professionellem Kamera-Equipment. Kräne, Dollys, etc. kommen z.B. bei Dreharbeiten in Hollywood, bei Sportweltmeisterschaften oder bei spektakulären Werbedrehs weltweit zum Einsatz.

Die elektromechanischen GFM-Dollysysteme warten mit einer unglaublichen Funktionsvielfalt und Variabilität auf. Wie bei GFM üblich, werden die CNC-gedrehten und gefrästen Aluminium-Leichtbauteile aller Systeme von Aalberts surface technologies mit HART-COAT® beschichtet.

Das Coating sorgt für einen deutlich besseren Schutz und eine längere Lebensdauer der Oberflächen. Der dadurch entstehende „olivgrüne“ Look hat sich in der Filmbranche zum GFM-Markenzeichen für extrem robustes Kamera-Equipment etabliert.

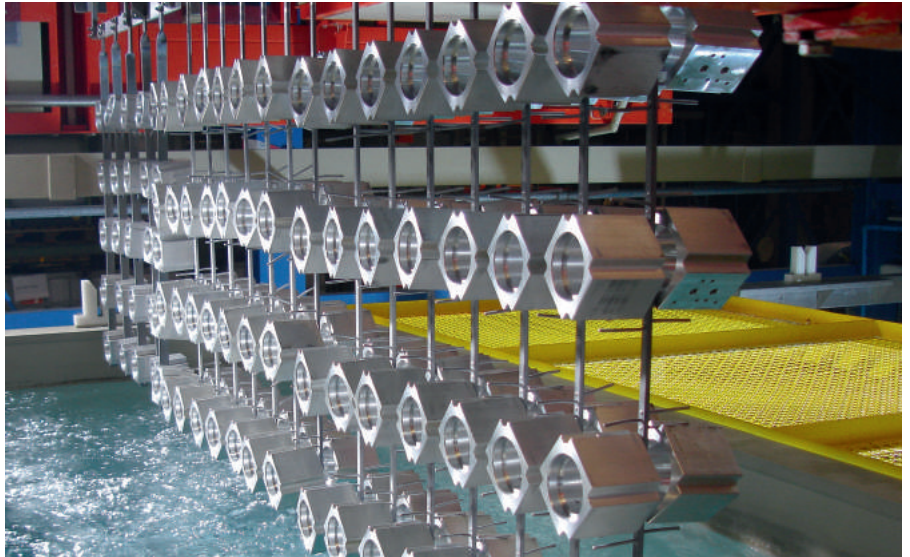
2/ Druckzylinder des Unternehmens Spilker zur Aufnahme von Druckklischees finden überwiegend in Flexo-, Offset- und Buchdruckmaschinen Verwendung. Die Harteloxalbeschichtung sorgt für erhöhten Verschleißschutz. Grundmaterial EN AW-6060 (AlMgSi), Schichtdicke 50 µm.

3/ HART-COAT®-GL beschichteter (25 µm) Hebel und Messerträger für Spargelschälautomaten. Die Schicht schützt hier vor Korrosion und bietet verbesserte Reinigungs- und Verschleiß-eigenschaften.

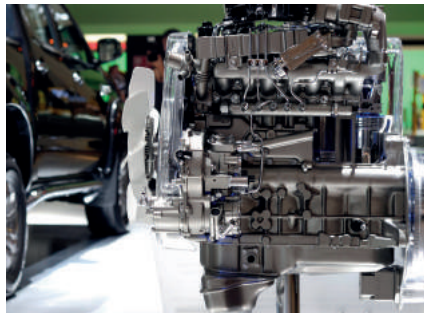
4/ Mehr als 60 % des europäischen Marktes (!) für Kraftstoff-pumpen deckt Aalberts surface technologies mit ihren Beschichtungen ab. Die HART-COAT®-Schicht bietet hervorragenden Korrosionsschutz gegen FlexFuel-Kraftstoffe. Zudem ist die Schicht verschleißfest gegen Partikel in Kraftstoffen.



1/



2/



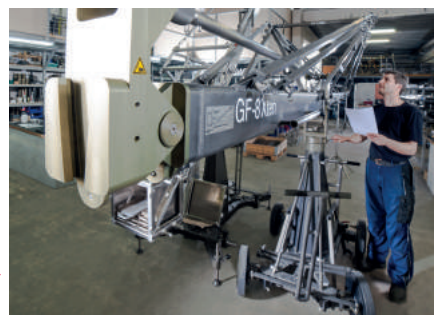
3/



4/



5/



1/ Gestellware in einer HART-COAT®-Anlage

2/ HART-COAT® findet millionenfach in der Automobilindustrie Anwendung.

3/ In Offset-Druckmaschinen kommen hartcoatierte Druckzylinder zum Einsatz.

4/ Industrielle Hochleistungsspargelschälmaschine des Unternehmens HEPRO.

5/ Das hartcoatierte GF-8 Xten Kransystem hat sich als Industriestandard etabliert.

einsatzgebiete

1/ Im Eurocopter EC 175, hier ausgestellt auf der Pariser Luftfahrtschau, sind die Hubschraubersitze im eingebauten Zustand zu sehen. Teile der Sitze sowie der Antriebstechnik sind funktional von der Aalberts surface technologies veredelt.

2/ Die B/E Aerospace Fischer GmbH im bayerischen Landshut ist Weltmarktführer auf dem Sektor für crasht sichere und extrem leichte Hubschraubersitze. Sie entsprechen den höchsten internationalen Standards und halten in den geforderten Belastungstests sogar einer vertikalen Krafteinwirkung von 30 g (!) stand. Das Unternehmen setzt bei der Beschichtung von Aluminium-Strukturteilen für den Unterbau auf die Technologie der Aalberts surface technologies. Durch die Beschichtung erhöht sich entscheidend die Langlebigkeit des Systems.

2/

1/

verfahrensvarianten

HC für aluminium-knetlegierungen sowie -sand- und -kokillenguss

Anwendungen	Abstandshalter, Chirurgische Instrumente, Heizplatten, Isolierbolzen, Kipphebel, Pneumatik- und Hydraulikzylinder, Klemm- und Haltevorrichtungen, Transporthebel, Transportschnecken, Verdichterräder, Zylinderrohre	
Legierungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> • EN AC-51300 (G-/GK-$AlMg_5$) • EN AC-71100 ($AlZn_{10}Si_8Mg$) • EN AW-5083 ($AlMg_{4,5}Mn_{0,7}$) • EN AW-5754 ($AlMg_3$) • EN AW-6012 ($AlMgSiPb$) • EN AW-6060 ($AlMgSi$) 	<ul style="list-style-type: none"> • EN AW-6082 ($AlSiMgMn$) • EN AW-7022 ($AlZn_5Mg_3Cu$) • EN AW-7075 ($AlZn_{5,5}MgCu$) • EN AC-43000 (G-/GK-$AlSi_{10}Mg$) • EN AC-44200 (G-/GK-$AlSi_{12}$)
Typische Schichtdicken*	25-60 μm	

HC-CU für aluminiumlegierungen mit hohem kupfergehalt (2 % bis 6 %)

Anwendungen	Düsen, Hebel, Kamerateile, Kolben, Lagerrollen, Lagerschalen, Leitwalzen, Nockenscheiben, Rollen, Spulen, Ventile, Zentrifugen	
Legierungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> • EN AW-2117 ($AlCu_{2,5}Mg$) • EN AC-21100 (G-/GK-$AlCu_4Ti$) • EN AC-45000 (G-/GK-$AlSi_6Cu_4$) • EN AW-2007 ($AlCu_4PbMgMn$) 	<ul style="list-style-type: none"> • EN AW-2017A ($AlCu_4MgSi(A)$) • EN AC-46200 (G-/GK-$AlSi_9Cu_3$)
Typische Schichtdicken*	25-50 μm	

HC-GD für aluminium-druckgusslegierungen mit hohem kupfer- und/oder siliziumgehalt

Anwendungen	Bügelsohlen, Dämpfungskammern, Führungszylinder, Gehäuse, Kupplungsteile, Leitbleche, Montageplatten, Zahnräder und -stangen, Zylinderköpfe	
Legierungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> • EN AC-51200 (GD-$AlMg_9Si$) • EN AC-43400 (GD-$AlSi_{10}Mg$) 	<ul style="list-style-type: none"> • EN AC-44300 (GD-$AlSi_{12}$) • EN AC-46000 (GD-$AlSi_9Cu_3$)
Typische Schichtdicken*	20-40 μm	

HC-GL für aluminiumlegierungen mit begrenzten gehalten an kupfer, silizium und blei

Anwendungen	Für Bauteile, die besonders glatte und verschleißfeste Oberflächen aufweisen müssen.	
Legierungsbeispiele (Absprache mit Aalberts surface technologies erforderlich)	<ul style="list-style-type: none"> • EN AC-51200 (GD-$AlMg_9$) • EN AW-5019 ($AlMg_5$) • EN AW-5052 ($AlMg_{2,5}$) • EN AW-5083 ($AlMg_{4,5}Mn_{0,7}$) • EN AW-5754 ($AlMg_3$) 	<ul style="list-style-type: none"> • EN AW-6012 ($AlMgSiPb$) • EN AW-6060 ($AlMgSi$) • EN AW-6082 ($AlSiMgMn$) • EN AW-7020 ($AlZn_{4,5}Mg$)
Typische Schichtdicken*	10 bis maximal 25 μm . Schichtdicke und Schichtdickentoleranz sind abhängig von der Legierung, der Badauslastung und weiteren Parametern.	

Besondere Eigenschaften

Aufrauung: Im Gegensatz zu herkömmlichen Harteloxalverfahren zeichnet sich die HC-GL-Veredelung durch eine besonders geringe Aufrauung aus, die je nach verwendetem Substrat zwischen $R_a = 0,1-0,2 \mu m$ liegt. Bei hoher Ausgangsrauigkeit ist die Zunahme geringer.

Gleiteigenschaften: Die im Gleitvergleich mit Stift-Scheibe-Tribometer ermittelte Reibungszahl von HC-GL beträgt durchschnittlich 0,73 ($F_N = 5 N$; $v = 6 m/min$; 9.000 Umdrehungen).

Verschleißfestigkeit: Das Verhalten bei abrasivem Verschleiß ist äußerst gut. Ergebnisse von Taber-Abraser-Messungen sind im Diagramm auf der Seite 12 dargestellt.

Korrosionsbeständigkeit: Auch ohne Nachverdichtung ist die Korrosionsbeständigkeit einer HC-GL-Schicht ausgezeichnet. Sie übersteht eine Testzeit von weit über 2.000 h in der Salzsprühkammer nach DIN EN ISO 9227 (zum Beispiel 0-2 Korrosionspunkte pro dm^2 an 25 μm HC-GL auf EN AW-6082 ($AlSiMgMn$)).

) Die maximal erzielbaren Schichtdicken sind legierungsabhängig. Bei HART-COAT liegt die Toleranz für Knetlegierungen in der Regel zwischen $\pm 5 \mu m$ und $\pm 10 \mu m$. Für Guss- und Druckgusswerkstoffe können die Toleranzen bei hohen Nennschichtdicken bis zu $\pm 30 \mu m$ betragen.

optimierung durch nachbehandlung

Spezielle Nachbehandlungen ermöglichen es, HART-COAT®-Schichten den besonderen Anforderungsprofilen wie zum Beispiel erhöhtes Antiadhäsions- und Gleitverhalten oder verbesserte Korrosionsbeständigkeit anzupassen.

HC-PLUS oberflächenbehandlung mit PTFE

Die HART-COAT®-Schicht kann durch PTFE (Polytetrafluorethylen) in ihrem Gleit- und Korrosionsverhalten verbessert werden. Die PTFE-Teilchen werden nachträglich auf die HART-COAT®-Schicht aufgebracht. PTFE hat einen sehr niedrigen Reibungskoeffizienten und optimiert dadurch die Gleiteigenschaften der Schicht. Aufgrund seiner geringen Oberflächenenergie verfügt PTFE über hervorragende Antihafteigenschaften. Durch die hydrophobe Wirkung von PTFE wird die Korrosionsbeständigkeit der Schichten verbessert.

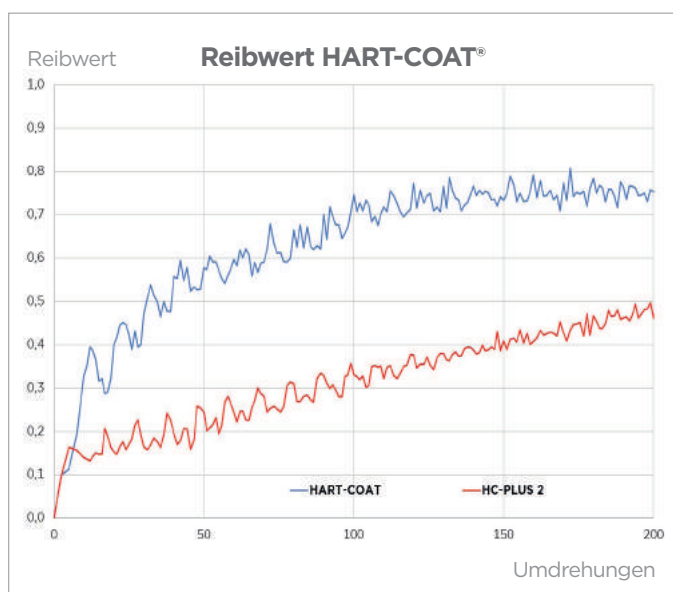
Es ist deutlich zu erkennen, dass der Reibwert durch die Oberflächenimprägnierung mit HC-PLUS 2 wesentlich reduziert werden kann.

HC-PLUS 2 oberflächenimprägnierung mit PFA

Die vorgenannten Eigenschaften zur Verbesserung der Schichtfunktionalitäten treffen auch auf HC-PLUS 2 zu. Bei HC-PLUS 2 werden PFA-Teilchen für die Imprägnierung verwendet. PFA-Teilchen sind um ca. 25 % kleiner als die PTFE-Teilchen und können sich dadurch besser in die Oberflächenstruktur der Schicht einlagern. Die Gleiteigenschaften der Schicht sind dadurch noch besser ausgeprägt und bleiben länger erhalten.

HC-nachverdichtung

Die HC-Nachverdichtung zum Verschließen der Poren wird in der Regel in vollentsalztem Wasser, zumeist ohne Verdichterzusätze, zwischen 96 °C und 100 °C durchgeführt. Damit wird die ohnehin gute Korrosionsbeständigkeit der HART-COAT®-Schichten weiter erhöht. Das Verschleißverhalten hingegen vermindert sich im Vergleich mit nicht nachverdichteten Schichten.



Gleitversuch mit Stift-Scheibe-Tribometer:

FN = 1N; r = 6mm; v = 6m/min; 200 Umdrehungen; Stift 100Cr6; Scheibe EN AW-6082 (AlSi1MgMn), 40 µm HC bzw. HC-PLUS 2

1/ Hartcoatierte (Schichtdicke 65 µm) Zahnscheibenräder der renommierten WIAG Antriebstechnik GmbH übernehmen wichtige Aufgaben in Papierdruckmaschinen der Heidelberger Druckmaschinen AG, Weltmarktführer im Bogenoffset-Druckmaschinenbereich.

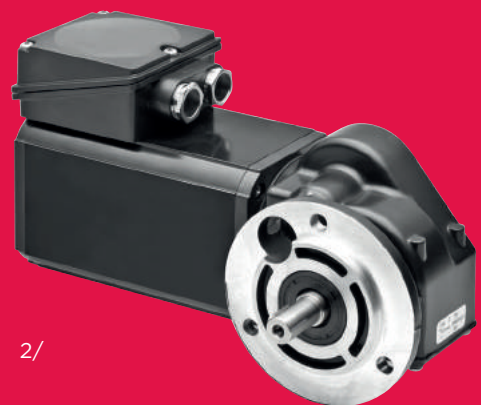
2/ Die Groschopp AG ist ein führendes Unternehmen auf dem Gebiet der elektrischen Antriebstechnik. Gehäuse für Motoren und Getriebe werden HART-COAT® beschichtet und mit der Tauchlackierung SILA-COAT® 5000 versiegelt. Die Oberflächen sind wasserabweisend sowie kratz- und schlagfest. Die Versiegelung erhöht zusätzlich die Säurebeständigkeit und vor allem die Alkalibeständigkeit der Oberfläche.

3/ Mit HART-COAT® werden zum Beispiel Winkelrotoren von Mikroliterzentrifugen beschichtet. Die Geräte finden sich u.a. in Blutbanken und klinischen Labors, in denen Blut und andere Körperflüssigkeiten zentrifugiert werden. In der Forschung kommen die Zentrifugen bei der Extraktion von DNA, Proteinen und Enzymen zum Einsatz. Aus Gründen der Gewichtsersparnis werden die Winkelrotoren aus einer Aluminium-Legierung gefertigt. Die 40 µm dicke Harteloxal-Schicht schützt die Bauteile vor Korrosion.

4/ Mit HC-PLUS schwarz (Schichtdicke 60 µm ± 10µm) beschichtetes Getriebegehäuse aus EN AW-5083 (AlMg4,5Mn0,7) für die Hydraulik-Takelage im Segelsport. Das Bauteil erhält durch die Beschichtung einen langfristigen Korrosionsschutz und besticht durch eine elegante Optik.



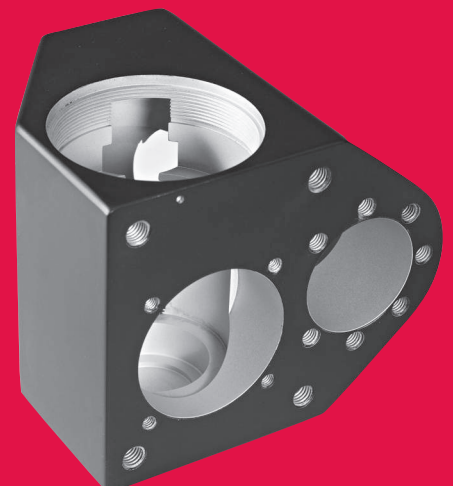
1/



2/



3/



4/

technische eigenschaften

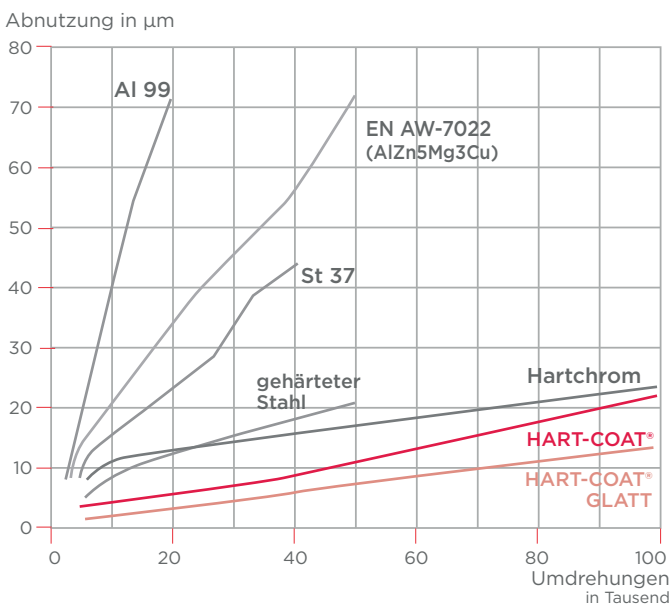
verschleißfestigkeit:

Die hohe Verschleißfestigkeit beruht auf der Härte und der Morphologie des Aluminiumoxids.

härte:

Die erzielbare Härte der HART-COAT®-Schichten liegt je nach Zusammensetzung und Struktur des Grundmaterials zwischen 400 und 500 HV_{0,025}. Die Härte der HART-COAT®-GLATT-Schicht (HC-GL-Schicht) ist ebenfalls legierungsabhängig und beträgt mindestens 400 HV_{0,025}. Bedingt durch die spezifische Ausbildung der Oxidschicht wird die sogenannte „Scheinhärte“ gemessen, die maßgeblich von dem Volumen der vorliegenden Poren sowie den Legierungsbestandteilen beeinflusst wird. In Zweifelsfällen kann eine Musterbearbeitung klären, welche Härte und Verschleißfestigkeit erreichbar sind.

Unter bestimmten Bedingungen ist die HART-COAT®-Schicht verschleißbeständiger als Hartchrom oder gehärteter Stahl.



Verschleiß-Verhalten von HART-COAT®-Schichten im Vergleich zu anderen Werkstoffen (Taber-Abraser-Messungen, Schleifrad CS 17, Last 10 N).

physikalische eigenschaften

wärmeleitfähigkeit:

etwa 1/10 bis 1/30 der Wärmeleitfähigkeit des Grundmaterials.

Spez. elektr. Widerstand:

(Messwerte, in trockener Atmosphäre):

bei 20 °C: $4 \cdot 10^{15} \Omega\text{cm}$

bei 100 °C: $0,8 \cdot 10^{15} \Omega\text{cm}$

bei 200 °C: $0,11 \cdot 10^{15} \Omega\text{cm}$

temperaturbelastbarkeit:

kurzzeitig bis 2.200 K

durchschlagfestigkeit:

legierungsabhängig; mit zunehmender Schichtdicke steigt die Durchschlagfestigkeit an, jedoch nicht proportional.

Beispiel:*)

30 µm HC auf EN AW-6082 (AlSi1MgMn) : 914 V

50 µm HC auf EN AW-6082 (AlSi1MgMn) : 1213 V

*) Arithmetischer Mittelwert aus zehn Einzelmessungen nach DIN EN ISO 2376

aussehen und farbe:

HC: graubraun bis schwarz

HC-CU: grüngrau bis dunkelgrau

Die Farbe der HC-GL-Schicht ist legierungsabhängig. Bei reinem Aluminium EN AW-1050A (Al 99,5) ist sie goldgelb. Je mehr Legierungsbestandteile hinzukommen, desto mehr verändert sich die Farbe in Richtung graugelb.

www.aalberts-st.com

info@aalberts-st.com

Aalberts Surface Technologies GmbH

Boelckestraße 25-57

DE-50171 Kerpen

+49 2237 502 0