

HART-COAT®

*Funktionelle Veredelungen
 von Aluminium-Werkstoffen*

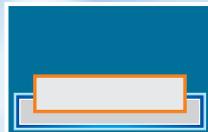
HART-COAT®



Ausgezeichnete Härte



Hohe Isolierungswirkung



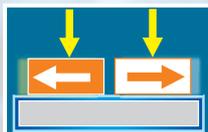
Optimaler Schichtverbund



Hohe Thermoisolierung



Gute Maßhaltigkeit



Optimales Gleitverhalten



Hohe Verschleißfestigkeit



Hervorragende
 Korrosionsbeständigkeit



Funktionelle Veredelungen von Aluminiumwerkstoffen

Hartanodische Oxidationen

Was ist HART-COAT®?

Das HART-COAT®-Verfahren, kurz HC genannt, ist eine elektrolytische Behandlung von Aluminiumwerkstoffen, 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 funktioneller Verbesserungen. Das Verfahren entspricht der Norm ISO 100 74.

Wie entstehen HART-COAT®-Schichten?

HART-COAT®-Schichten werden durch anodisches Oxidieren in einem kalten, sauren Elektrolyten spezieller Zusammensetzung gebildet. Mit Hilfe von elektrischem Strom wird auf der Werkstückober-

fläche eine schützende Aluminiumoxidschicht gebildet. Gegenüber herkömmlichen Eloxal-Schichten sind HART-COAT®-Schichten dicker und verschleißfester.

HART-COAT®-veredelbare Werkstoffe

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

(Alle in diesem Prospekt aufgeführten technischen Werte gelten unter den dort genannten Testbedingungen. Wir weisen deshalb ausdrücklich darauf hin, dass auf Grund der

unterschiedlichen Einsatzbedingungen nur ein Praxistest beim Anwender Aufschluss über die Leistungsfähigkeit der Schicht bzw. des Schichtsystems geben kann.)

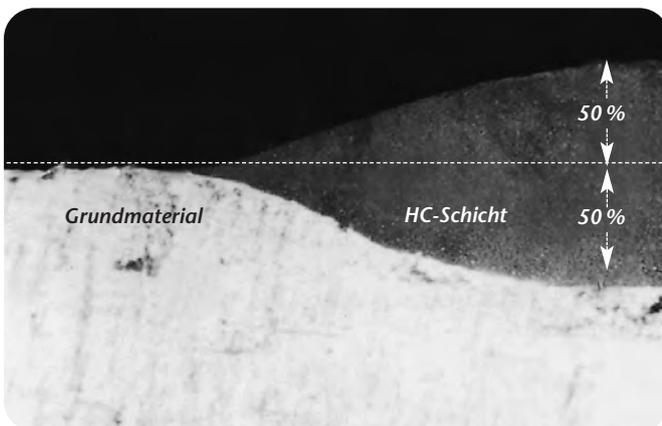
HART



Gestellbestückung von Steuerkolben für eine HART-COAT®-Beschichtung



Anlage zur HART-COAT®-Oberflächenveredelung



Dieser Schliff durch eine 50µm dicke HART-COAT®-Schicht (HC-Schicht) auf einem Aluminium-Grundwerkstoff zeigt, dass diese durch Konversion gebildete Schicht zu 50 % in das Material hinein- und zu 50 % aus dem Material herauswächst. Die Schichtvariante HART-COAT®-GLATT (HC-GL) wächst dagegen zu 2/3 nach innen und 1/3 nach außen.

- COAT®

Funktionelle Veredelungen von Aluminiumwerkstoffen

Hartanodische Oxidation

Allgemeine Schichteigenschaften

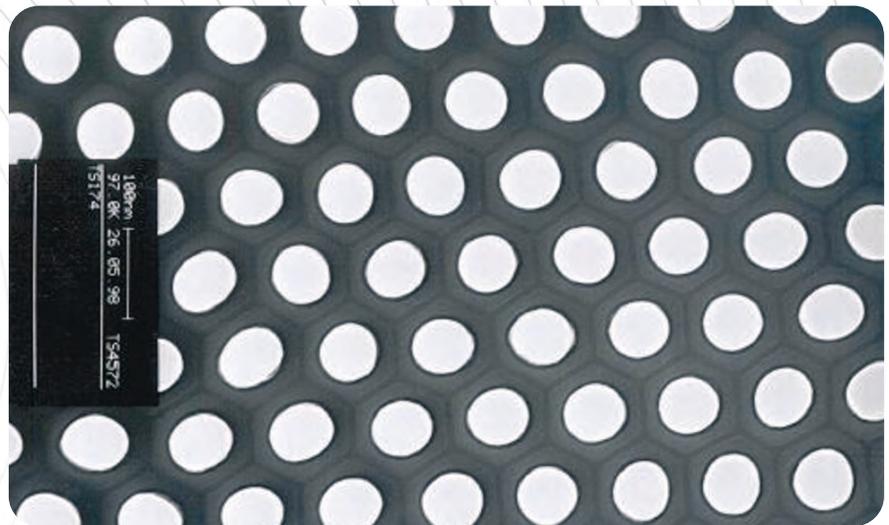
In Abhängigkeit der jeweiligen Legierungen und Verfahrensvarianten

- hohe Verschleißfestigkeit
- hervorragende Korrosionsbeständigkeit
- ausgezeichnete Härte
- optimales Gleitverhalten
- optimaler Schichtverbund
- hohe Thermoisolierung
- hohe elektrische Isolierungswirkung
- gute Maßhaltigkeit
- temperaturbelastbar
- lebensmittelunbedenklich

Chemische Zusammensetzung und Struktur

HART-COAT®-Schichten bestehen vorwiegend aus amorphem γ -Aluminiumoxid und wachsen in Form von regelmäßigen Zellen senkrecht zur Aluminiumoberfläche auf. Jede Zelle hat eine Pore, deren Volumen und Durchmesser sehr viel geringer sind als bei Schichten, die mit herkömmlichen Anodisationsverfahren erzeugt wurden. 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.



REM-Aufnahme einer 50 µm dicken, durchanodisierten Reinaluminium-Folie – gleichmäßig verteilte Poren (\varnothing ca. 50 nm) und hexagonal geformte Waben – wie Bienenwaben.

HART



Titelbild:
 Grundplatte Kfz-Elektronik (Steuerfunktion für Otto-Motoren) aus Aluminium-Druckguss, 50µm HART-COAT®-veredelt



Fahrstufen-Sockelverkleidung, veredelt durch eine schwarz eingefärbte HART-COAT®-Schicht mit eingelagerten PTFE-Gleitstoffen



Rohrleitungen mit HC-Oberflächenveredelung bewähren sich u.a. hervorragend in Pkw-Klimaanlagen

- COAT®

Funktionelle Veredelungen von Aluminiumwerkstoffen

Hartanodische Oxidation

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. 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.

Die Härte der HART-COAT®-GLATT-Schicht (HC-GL-Schicht) ist legierungsabhängig und liegt bei gängigen Legierungen zwischen 450 und 550 HV 0,025.

Physikalische Eigenschaften

■ **Wärmeleitfähigkeit:**

etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{30}$ 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 2200 K

■ **Durchschlagfestigkeit:**

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

Beispiel:*) 30 µm HC auf AlMgSi1: 914 V

50 µm HC auf AlMgSi1:1213 V

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

■ **Aussehen und Farbe:**

bei HC: graubraun bis schwarz

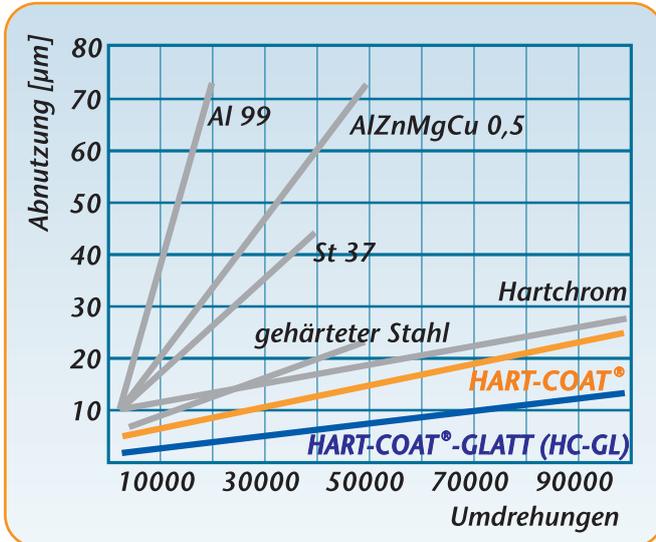
bei HC-CU: grüngrau bis dunkelgrau

Die Farbe der HC-GL-Schicht ist legierungsabhängig.

Bei reinem Aluminium (Al 99,5) ist sie goldgelb.

Je mehr Legierungsbestandteile hinzukommen, desto mehr verändert sich die Farbe in Richtung graugelb.

HART



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



Zylinderköpfe (Kfz-Industrie) mit HART-COAT®



Profilschiene aus AlMgSi0,5, versehen mit 60 µm HART-COAT®, schwarz eingefärbt



Aluminium-Kühlkörper für IC/COB-Halbleiter-Testgeräte mit 25 µm HART-COAT®-Schicht

- COAT®

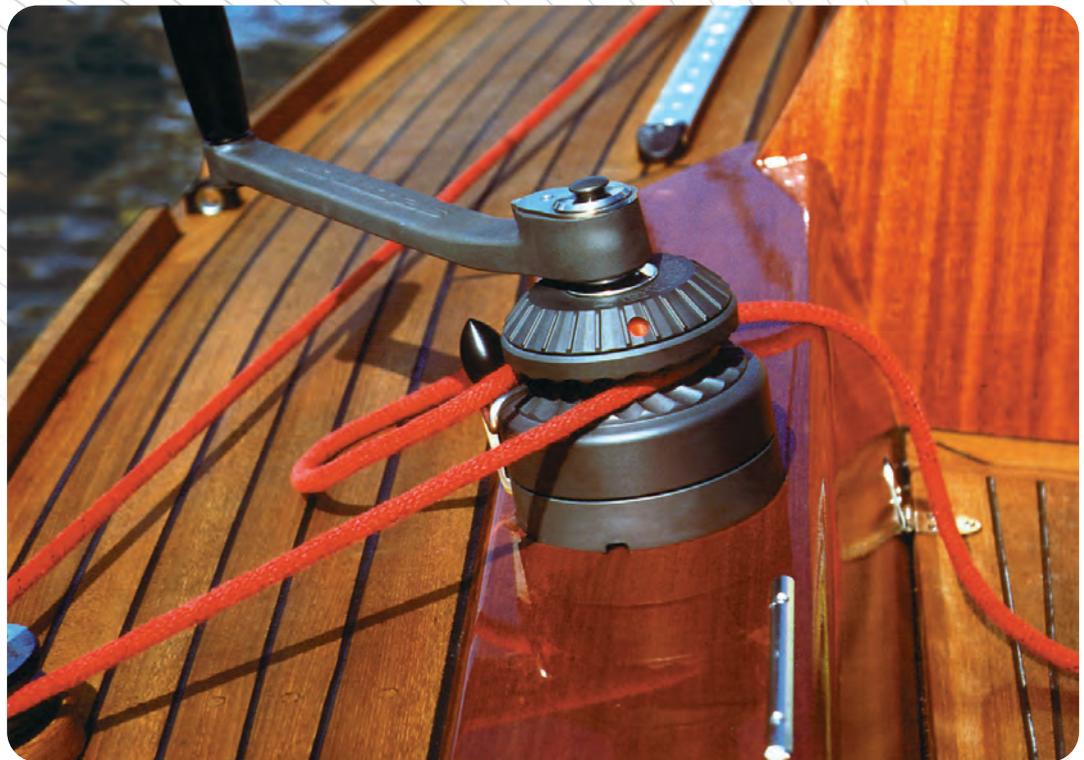
Funktionelle Veredelungen von Aluminiumwerkstoffen

Hartanodische Oxidation

Einsatzgebiete

Die HART-COAT®-Oberflächenveredelung wird in fast allen technischen Bereichen angewendet, in denen Aluminium-Werkstoffe eingesetzt werden und besonderen funktionellen Anforderungen unterliegen, wie z.B.

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



Neuartige Segelboot-Winch mit „rotierender Klemme“. Wesentliche Komponenten werden durch eine 60 µm dicke HART-COAT®-Schicht vor Verschleiß und Korrosion geschützt.

HART



Zweiteiliges Lok-Getriebegehäuse aus G-AlCu4Ti wa mit HART-COAT®-Oberflächenveredelung



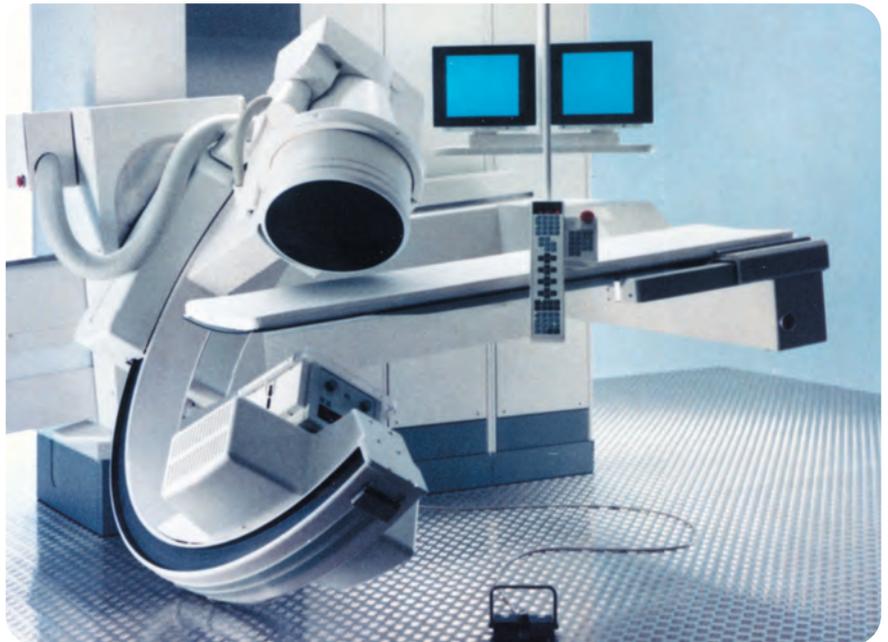
Mit 30 µm HART-COAT® beschichtete Stoßdämpferführungen aus AlMgSi1 (mit Schnittmodell eines Stoßdämpfers)



Verschleißfeste Spanneinheiten aus Aluminium-Legierung mit 30 µm HART-COAT®-Beschichtung



Zwei-Finger-Parallelgreifer mit HC-beschichtetem Gehäuse



Mit 50 µm HC-PLUS behandelter C-Bogen eines kippbaren Patientenlagerungstisches

- COAT®

Funktionelle Veredelungen von Aluminiumwerkstoffen

Verfahrensvarianten – HART-COAT®

HC

Für Aluminium-Knetlegierungen sowie Sand- und -Kokillenguss

- z.B. AlMg3, AlMgSi0,5, AlMgSi1, AlMgSiPb, AlZnMgCu0,5–1,5, AlZn10Si8Mg, AlMg4,5Mn, G-AlMg5, G-AlSi12, G-AlSi10Mg

Schichtdicken*:

- 30–200 µm

Anwendungen:

- Pneumatik- und Hydraulikzylinder
- Verdichterräder
- Transporthebel
- Isolierbolzen
- Heizplatten
- Transportschnecken
- Abstandshalter
- Klemm- und Haltevorrichtungen
- Zylinderrohre
- Kipphebel
- Chirurgische Instrumente

HC-CU

Für Aluminiumlegierungen mit hohem Kupfergehalt (2% bis 6%)

- z.B. AlCuMg1, AlCuMgPb, AlMgCu2, G-AlSi9Cu3, G-AlSi6Cu4, G-AlCu4Ti

Schichtdicken*:

- 30–150 µm

Anwendungen:

- Leitwalzen
- Kolben
- Düsen
- Ventile
- Lagerrollen
- Zentrifugen
- Kamerteile
- Lagerschalen
- Nockenscheiben
- Hebel
- Rollen
- Spulen

HC-GD

Für Aluminium-Druckgusslegierungen mit hohem Kupfer- und/oder Siliziumgehalt

- z.B. GD-AlSi9Cu3, GD-AlSi10Mg (Cu), GD-AlSi12, GD-AlMg9Si

Schichtdicken*:

- 30–60 µm

Anwendungen:

- Gehäuse
- Führungszylinder
- Leitbleche
- Montageplatten
- Bügelsohlen
- Dämpfungskammern
- Zahnräder und -stangen
- Kupplungsteile
- Zylinderköpfe

HART

HC-GL

Für Aluminium-Knet-, -Guss- und -Druckgusslegierungen mit begrenzten Gehalten an Kupfer, Silizium und Blei

- z.B. AlMg2,5, AlMg3, AlMg5, AlMg4,5Mn, AlMgSi0,5, AlMgSi1, AlZn4,5Mg1, AlMgSiPb, G-AlMg3, GD-AlMg9 (Absprache mit AHC erforderlich)

Schichtdicken*:

- 5–25 µm

Anwendungen:

Für Bauteile, die besonders glatte und verschleißfeste Oberflächen aufweisen müssen.

* Die maximal erzielbaren Schichtdicken sind legierungsabhängig. Bei HART-COAT® liegt die Toleranz für Knetlegierungen in der Regel zwischen $\pm 5 \mu\text{m}$ und $\pm 10 \mu\text{m}$. Für Guss- und Druckgusswerkstoffe können die Toleranzen bei hohen Nennschichtdicken bis zu $\pm 30 \mu\text{m}$ betragen. Bei der Variante HART-COAT®-GLATT (HC-GL) kann legierungsabhängig mit $\pm 3 \mu\text{m}$ Toleranz gerechnet werden.

Besondere Eigenschaften der HC-GL-Oberfläche sind:

Aufrauung:

Im Gegensatz zu herkömmlichen Harteloxalverfahren zeichnet sich die HC-GL-Veredelung durch eine besonders geringe Aufrauung aus, die je nach verwendetem Substrat zwischen $R_a = 0,1\text{--}0,2 \mu\text{m}$ 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 ($F_N = 5 \text{ N}$; $v = 6 \text{ m/min}$; 9.000 Umdrehungen).

Verschleißfestigkeit:

Das Verhalten bei abrasivem Verschleiß ist äußerst gut. Ergebnisse von Taber-Abraser-Messungen sind im Diagramm auf Seite 7 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 an 25 µm HC-GL auf AlMgSi1).

Funktionelle Veredelungen von Aluminiumwerkstoffen

Hartanodische Oxidation

HC-Nachbehandlung

Spezielle Nachbehandlungen ermöglichen es, HART-COAT®-Schichten den besonderen Anforderungsprofilen wie zum

Beispiel erhöhte Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit oder verbessertes Gleitverhalten anzupassen.

HC-PLUS Oberflächen- behandlung mit PTFE

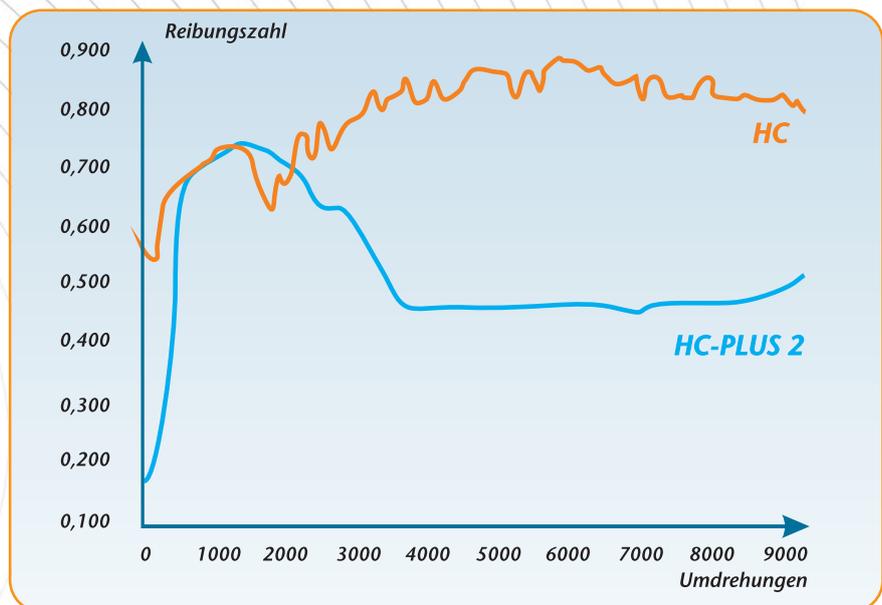
Die HART-COAT®-Schicht kann durch PTFE (Polytetrafluorethylen) in ihrem Gleit- und Korrosionsverhalten verbessert werden. Die PTFE-Teilchen werden nachträglich auf die HART-COAT®-

Schicht aufgebracht. Man erhält optimale Trockenschmiereigenschaften. Das Reinigen der Oberfläche wird durch ihr Antiadhäsionsverhalten erleichtert.

HC-PLUS 2 Oberflächen- imprägnierung mit PTFE

Die vorgenannten Eigenschaften treffen auch auf HC-PLUS 2 zu, das sich aber von HC-PLUS dadurch unterscheidet, dass die Trockenschmierstoffe in die Schicht eingelagert sind.

Dadurch findet bei HC-PLUS 2 kein zusätzlicher Schichtaufbau statt. Bei abrasivem Verschleiß bleiben darüber hinaus die Gleiteigenschaften der Schicht erhalten.



Gleitversuch mit Stift-Scheibe-Tribometer: $F_N = 5 \text{ N}$; $r = 6 \text{ mm}$; $v = 6 \text{ m/min}$; 9.000 Umdrehungen; Stift 100Cr6; Scheibe AlMgSi1, 50 μm HC bzw. HC-PLUS 2

HC-Nach- verdichtung

Die HC-Nachverdichtung zum Verschließen der Poren wird in der Regel in vollentsalztem Wasser, zumeist ohne Verdichterzusätze, zwischen 96 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.