

MAGOXID-COAT®/ KEPLA-COAT®

funktionelle veredelung von leichtmetallen
durch plasmachemische beschichtung



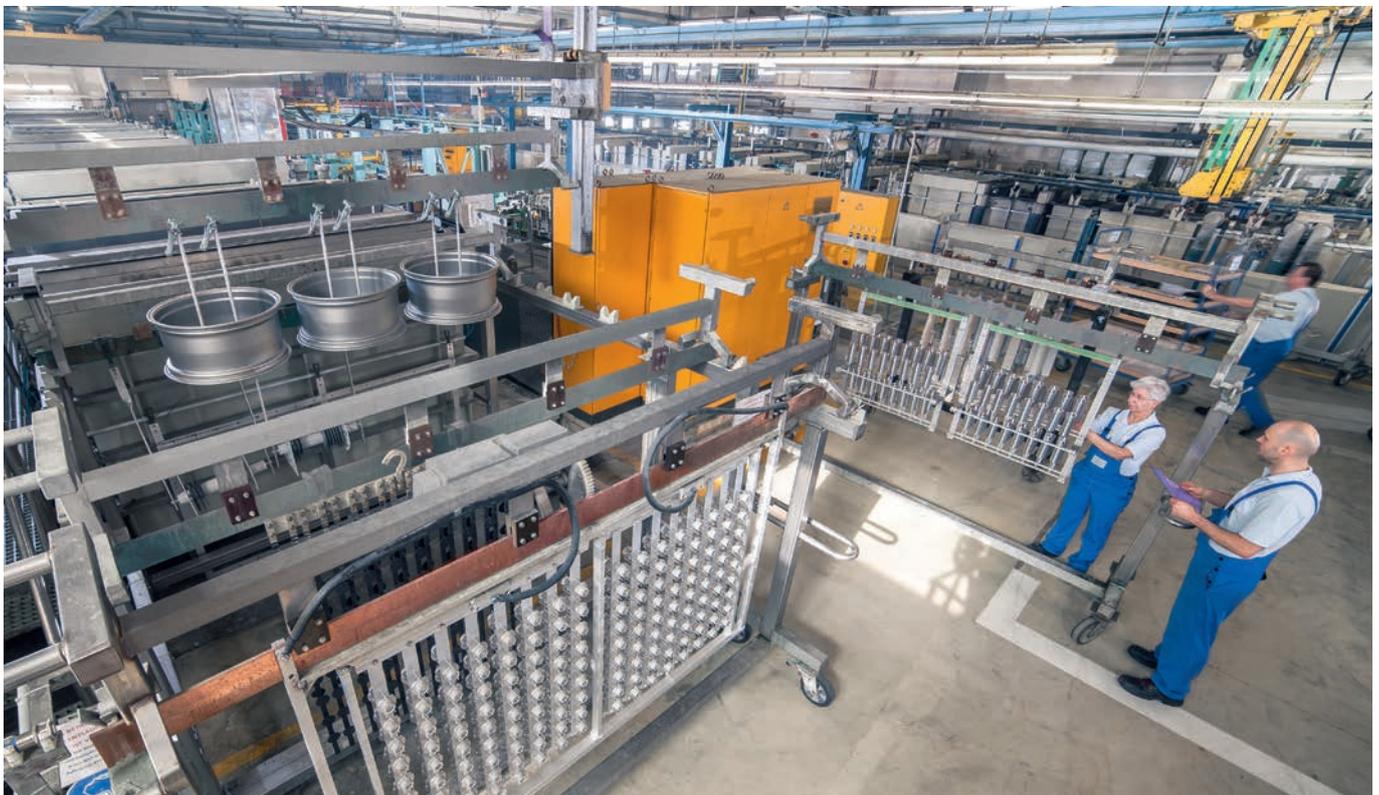
surface
technologies

ihr bauteil ist bei uns in guten händen

Alberts surface technologies ist für Sie der richtige Marktpartner wenn es um die Oberflächenveredelung von Leichtmetallen geht.

- MAGOXID-COAT® und KEPLA-COAT® verbinden technisches Know-how mit herausragender Prozesstechnologie
- Erfahrung aus tausenden Projekten in allen Schlüsselindustrien
- Verfahrensvielfalt für individuelle Bauteileigenschaften
- Höchste Präzision – eigene Elektrolyte
- Hohes Licht-Absorptionsvermögen der schwarzen Schichten
- Bauteile bis 2 m beschichtbar
- Alberts surface technologies Berlin – das Kompetenzzentrum für plasmachemische Verfahren

Vollautomatische Großteilanlage zur plasmachemischen Beschichtung im Werk Berlin.



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.

was ist MAGOXID-COAT® und KEPLA-COAT®?

Beide Verfahren sind anodisch plasmachemische Oberflächenveredelungen mit funktionellen Eigenschaftsprofilen, die – in der Summe – mit galvanischen Schichten nicht zu erzielen sind.

Mit MAGOXID-COAT® lassen sich Magnesium-Legierungen, mit KEPLA-COAT® Werkstoffe aus Aluminium- und Titan-Legierungen veredeln. Der plasmachemische Prozess führt dabei zu Oxidkeramiksichten, die neben hohem Verschleiß- und Korrosionsschutz weitere Anforderungen wie Härte, gleichmäßiger Schichtaufbau, Dauerschwingfestigkeit, Maßhaltigkeit oder Temperaturbelastbarkeit erfüllen.

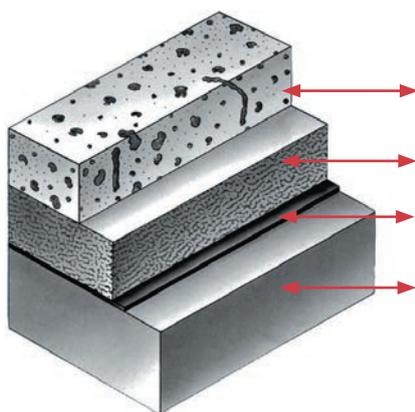
wie entstehen diese schichten?

MAGOXID-COAT® und KEPLA-COAT® sind elektrolytische Verfahren, bei denen eine äußere Stromquelle verwendet wird. Das zu beschichtende Werkstück ist dabei als Anode geschaltet. Die Oberfläche des Werkstoffes wird in entsprechende Oxide umgewandelt. Als Elektrolyte werden Salzlösungen verwendet. Die

Anodisation erfolgt über Plasmaentladungen im Elektrolyten an der Oberfläche des zu beschichtenden Teiles. Durch Einwirkung des im Elektrolyten erzeugten Sauerstoff-Plasmas auf die Metalloberfläche wird das Metall partiell in kurzer Zeit erschmolzen und es entsteht ein festhaftender Oxidkeramik-Metallverbund auf dem Werkstück. Die erzeugte Oxidschicht wächst aufgrund ihrer Volumenzunahme zu 50 % nach außen. Kanten, Hohlräume und Reliefs werden gleichmäßig beschichtet, d.h. es findet kein Kantenaufbau wie bei galvanischen Verfahren statt.

struktur der schichten

Auf einer ersten dünnen Schicht, der Sperrschicht, die in direktem Kontakt zum Metallsubstrat steht, befindet sich eine porenarme Oxidkeramiksicht, auf der eine etwa gleich dicke porenreichere Oxidkeramiksicht vorhanden ist. Diese kann als Haftgrund für Lacke und Imprägnierungen, wie zum Beispiel mit PTFE, dienen..



- 1 = porenreiche Oxidkeramiksicht
- 2 = porenarme Oxidkeramiksicht
- 3 = Sperrschicht - 100 nm
- 4 = Aluminium-, Titan- oder Magnesiumsubstrat

Die Schemazeichnung verdeutlicht den Oxidkeramik-Metall-Verbund beim MAGOXID-COAT®- bzw. KEPLA-COAT®-Verfahren.



Metallografischer Schliff der KEPLA-COAT®-Schicht an einem Gewindekamm.

einsatzgebiete und anwendungen

MAGOXID-COAT® veredelt werkstoffe.

Mit einer Dichte von $1,74 \text{ g/cm}^3$ ist Magnesium das leichteste Metall unter den Konstruktionswerkstoffen. Magnesium-Legierungen mit MAGOXID-COAT®-Beschichtung bewähren sich seit Jahren.

Mit dem MAGOXID-COAT®-Verfahren sind alle gebräuchlichen Magnesium-Legierungen beschichtbar wie AZ31, AZ61, AZ81, AZ91, AM20, AM50, AM60 und Legierungen mit einem Gehalt an Seltenen Erden und Zirkonium wie z.B. ZE41 und WE43.

chemische zusammensetzung und struktur

Bei dieser Konversionsschicht handelt es sich um eine kristalline Oxidkeramik, die einen hohen Anteil sehr resistenter Verbindungen wie Spinelle, z.B. MgAl_2O_4 , enthält.

schichtdicken und toleranzen

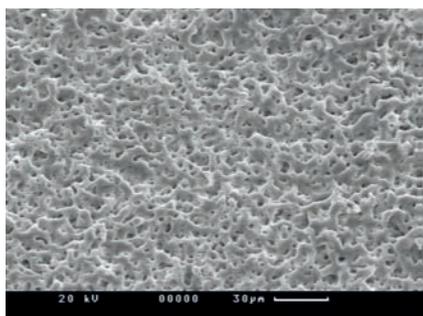
Die maximal erzielbare Schichtdicke ist legierungsabhängig. Bei der Legierung AZ91 werden bei $10\text{--}20 \mu\text{m}$ Schichtdicke bereits die funktionellen Eigenschaften erreicht. Bei MAGOXID-COAT® kann von einer Toleranz von $\pm 5 \mu\text{m}$, bezogen auf $20 \mu\text{m}$ mittlere Schichtdicke, ausgegangen werden.

verschleißfestigkeit

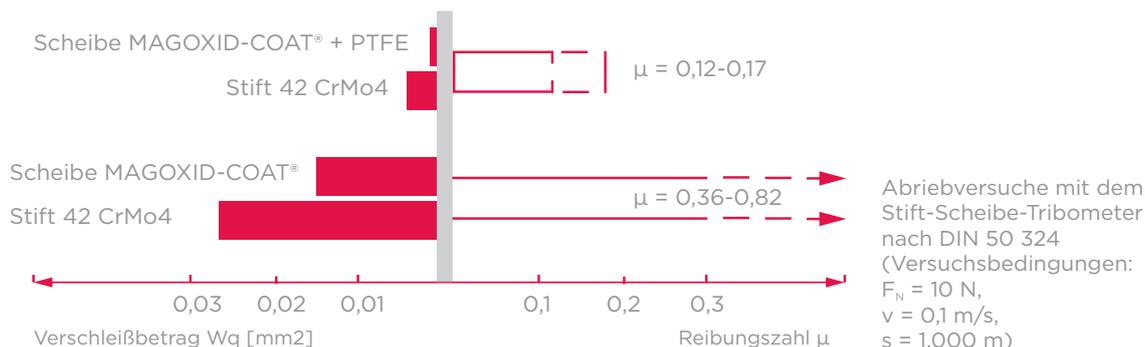
Aufgrund ihrer hohen Dichte und Zusammensetzung ist die MAGOXID-COAT®-Schicht sehr verschleißbeständig.

gleiteigenschaften

Die Oberflächenstruktur der MAGOXID-COAT®-Schicht ermöglicht die Aufnahme von PTFE oder anderen Schmierstoffen. Die Oxidschicht liegt als erstarrte Schmelze vor mit entsprechendem Rauheitsprofil (siehe REM-Aufnahme links). Daraus geht hervor, dass keine Spitzen vorhanden sind, die zu Schichtausbrüchen führen können.



REM-Aufnahme einer MAGOXID-COAT®-Schicht.



Über 25 Jahre Praxis-Erfahrung mit der plasmachemischen Beschichtung von Leichtmetallen. Hier bei einer Detailklärung in Vorbereitung auf den nächsten Chargendurchlauf im Werk Berlin.



einsatzgebiete

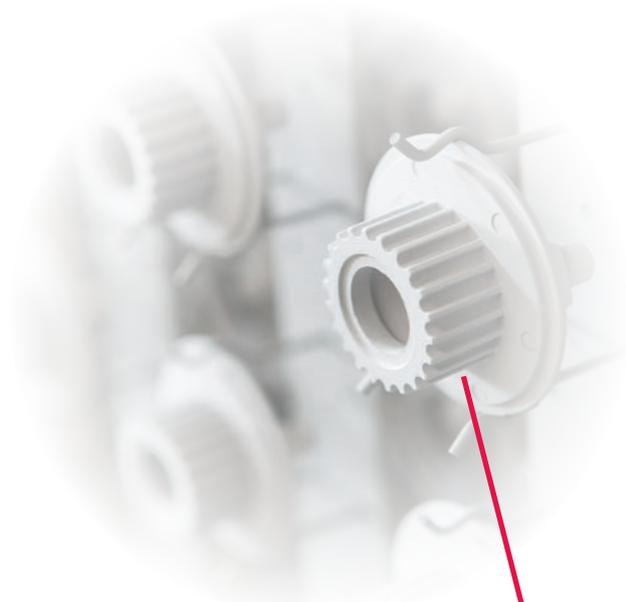
1/ Magnesium-Bauteil: links vor und rechts nach der plasmachemischen Beschichtung.

2/ MAGOXID-COAT® beschichtetes Magnesium-Zahnrad: ideal für den Leichtbau des Brose-Tretlagermotors.

1/



2/



schichteigenschaften

korrosionsbeständigkeit

Bewertungskriterium für die Korrosionsbeständigkeit ist der neutrale Salzsprühtest nach DIN EN ISO 9227. Für eine Untersuchung wurde als Grundwerkstoff AZ91HP (Platten von Norsk Hydro) eingesetzt. Die darauf aufgebrachtten MAGOXID-COAT®-Schichten hatten eine Schichtdicke von 25 µm. (Prüfergebnisse ohne und mit EP-Pulverlack siehe Tabelle unten).

Korrosionsbeständigkeit von MAGOXID-COAT®-Schichten nach DIN EN ISO 9227 und Bewertung nach DIN EN ISO 10 289

MAGOXID-COAT®	=	80 - 100 h
MAGOXID-COAT® + EP-Pulverlack	=	750 - 1.000 h

dauerschwingfestigkeit

Nach den Vorgaben der DIN 50 100 wurde die Dauerschwingfestigkeit des Systems AZ91HP/MAGOXID-COAT® (20 µm) untersucht. Die daraus erhaltenen Wöhlerkurven zeigen, dass durch die MAGOXID-COAT®-Beschichtung die Dauerschwingfestigkeit des Grundmaterials AZ91HP unwesentlich beeinträchtigt wird.

durchschlagfestigkeit

(Spitze/Platte) 13 V/µm nach ISO 2376

aussehen und farbe

Weiß-grau (AZ91); Tendenz zu violetten Farbtönen (WE43, ZE41)

härte

Die Härte von MAGOXID-COAT®-Schichten ist aufgrund der geringen Schichtdicke und des weichen Basismaterials nicht eindeutig bestimmbar.

rautiefe (nach DIN 4768)

Z.B. AZ91: $R_a=1,6 \mu\text{m}$ bei einer Schichtdicke von 20 µm, Ausgangsrautiefe $R_a=0,5 \mu\text{m}$

ausgasrate

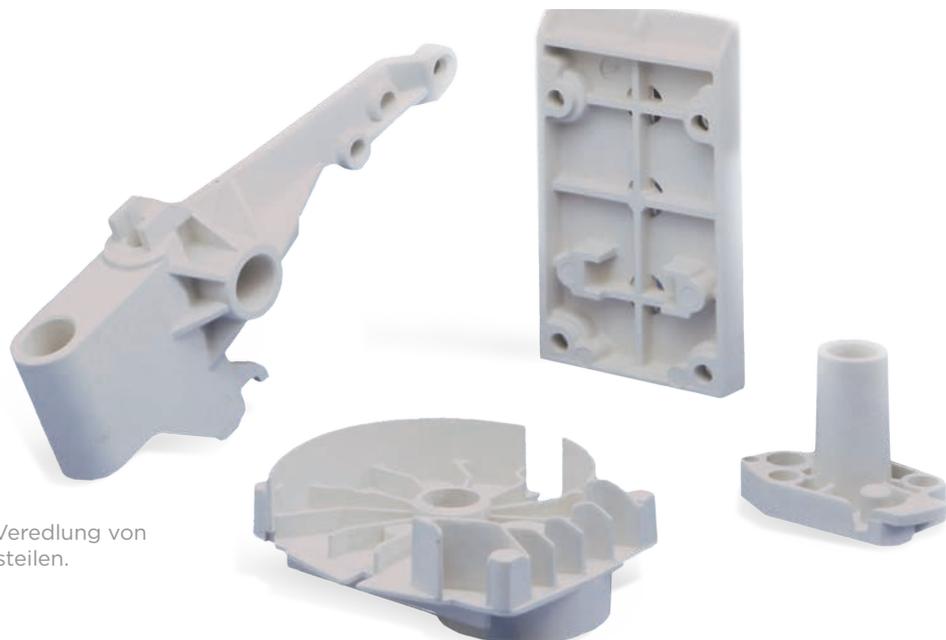
Sie beträgt unter definierten Vakuumbedingungen: $10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$

Die Analyse des Restgases ergab geringe Spuren an H_2O .

TML < 0,025 %

RML < 0,04 %

CVCM = 0 %



MAGOXID-COAT®-Veredelung von diversen Druckgussteilen.

schichteigenschaften

KEPLA-COAT® veredelt werkstoffe

KEPLA-COAT® eignet sich für fast alle Aluminium-Knet-, -Guss- und -Druckgusslegierungen. Bei der Legierungsauswahl beraten wir Sie gerne.

chemische Zusammensetzung und Struktur

KEPLA-COAT®-Schichten auf Aluminium-Werkstoffen bestehen bis zu 60 % aus α -Al₂O₃ (Korund), der Rest besteht überwiegend aus γ -Al₂O₃ und α -AlOOH (Böhmit).

schichtdicken und toleranzen

Die Schichtdicken sind legierungsabhängig und betragen max. 150 μ m. Für funktionelle Aluminiumbauteile sind 10-60 μ m üblich. Die Schichtdickentoleranz auf bearbeiteten Flächen beträgt je nach Legierung ± 10 μ m bei einer Schichtdicke von 50 μ m. In speziellen Fällen sind geringere Toleranzen möglich.

maßhaltigkeit

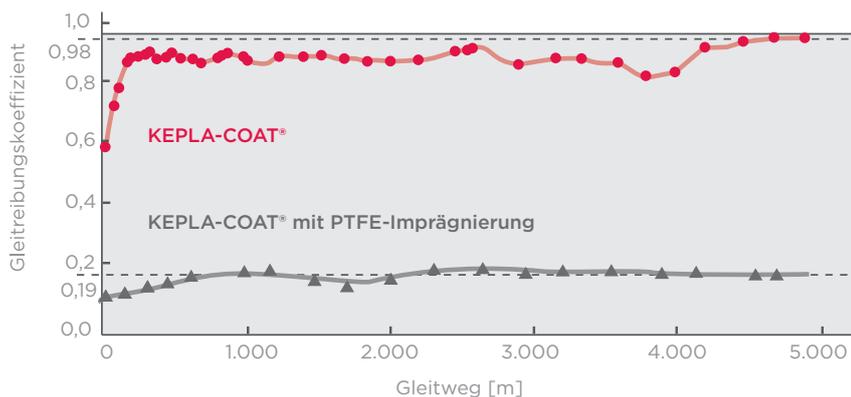
Schichtwachstum ca. 50 % ins Material, 50 % nach außen, ein Materialverzug tritt nicht auf.

gleiteigenschaften

Die Oberflächenstruktur der KEPLA-COAT®-Schicht ermöglicht die Aufnahme von PTFE oder anderen Schmierstoffen. Die Oxidschicht liegt als erstarrte Schmelze vor mit entsprechendem Rauheitsprofil. Es sind keine Spitzen vorhanden, die zu Schichtausbrüchen führen können.

dauerschwingfestigkeit

KEPLA-COAT®-beschichtete Substrate weisen eine wesentlich höhere Dauerschwingfestigkeit auf als Substrate mit vergleichbaren Schichten. Sie beträgt 65-80 % der Festigkeit vom Ausgangszustand des Grundmaterials.



Gleitversuch mit Stift-Scheibe-Tribometer nach DIN 50 324

$F_N = 5N, v = 10 \text{ cm/s}$

Stift: 100Cr6,

Scheibe: AlMgSiPb (EN AW-5012)

Kurve rot:

Scheibe KEPLA-COAT®; 40 μ m

Reibungszahl:

Anfang: 0,61 - Ende: 0,98

Kurve grau:

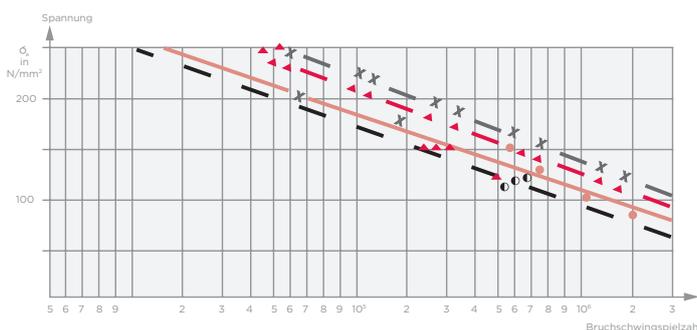
Scheibe KEPLA-COAT®; 40 μ m

und PTFE-Imprägnierung

Reibungszahl:

Anfang: 0,11 - Ende: 0,19

jeweils $\bar{\sigma}$ -Wert aus 3 Messungen



Wöhlerkurven nach DIN 50 100 zur Ermittlung der Dauerschwingfestigkeit:

Ausgangszustand der Legierungen

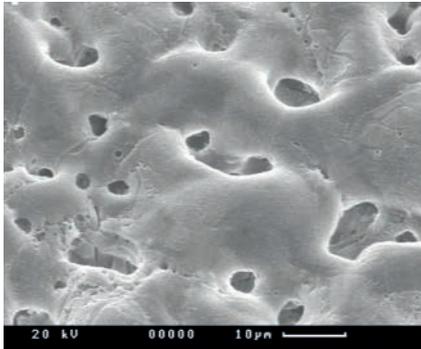
● AlSi1MgMn (EN AW-6082)

✕ AlCu4PbMgMn (EN AW-2007)

Beschichtet mit KEPLA-COAT® (40 μ m)

● AlSi1MgMn (EN AW-6082)

▲ AlCu4PbMgMn (EN AW-2007)



1/ REM-Aufnahme einer KEPLA-COAT®-Schicht:
Sehr gut sind die Poren zu erkennen.

2/ Die Plasmaentladungen im Elektrolyten
zeigen sich durch ein kräftiges Leuchten.



schichteigenschaften

korrosionsbeständigkeit

Weißer KEPLA-COAT®-Schichten auf Aluminium-Werkstoffen widerstehen aggressiven Gasen wie Chlor und Bortrichlorid. Im Salznebeltest DIN EN ISO 9227/DIN EN ISO 10 289 weisen sie eine Korrosionsbeständigkeit von mehr als 1.000 Stunden (Bewertungsgrad Rp 10/9) bei 30 µm Schichtdicke auf AlSi1MgMn (EN AW-6082) auf.

verschleißfestigkeit

Verschleißuntersuchungen mit dem Taber-Abraser-Prüfgerät zeigen eine sehr gute Abriebfestigkeit. Die Verschleißrate liegt in der Größenordnung von hart-anodischen Oxidschichten auf Aluminium.

durchschlagfestigkeit

(Spitze/Platte) 10 V/µm nach ISO 2376

aussehen und farbe

Im Allgemeinen grau-weiß

härte

Die Härte der KEPLA-COAT®-Schicht ist abhängig von der Zusammensetzung und der Struktur des Grundmaterials. Sie liegt bei der Legierung AlSi1MgMn (EN AW-6082) mit einer Schichtdicke von 30–50 µm im Bereich von 500 bis zu 1500 HV 0,025. Bedingt durch die spezifische Ausbildung der Oxidschicht wird nur die sog. „Scheinhärte“ gemessen, die maßgeblich von dem Volumen der vorliegenden Poren beeinflusst wird. In Zweifelsfällen kann eine Musterbeschichtung bezüglich der zu erreichenden Härte und Verschleißfestigkeit Klarheit verschaffen.

rautiefe (nach DIN 4768)

Z.B. AlSi1MgMn (EN AW-6082): $R_a = 1,2 \mu\text{m}$ bei einer Schichtdicke von 20 µm, Ausgangsrauheit $R_a = 0,14 \mu\text{m}$

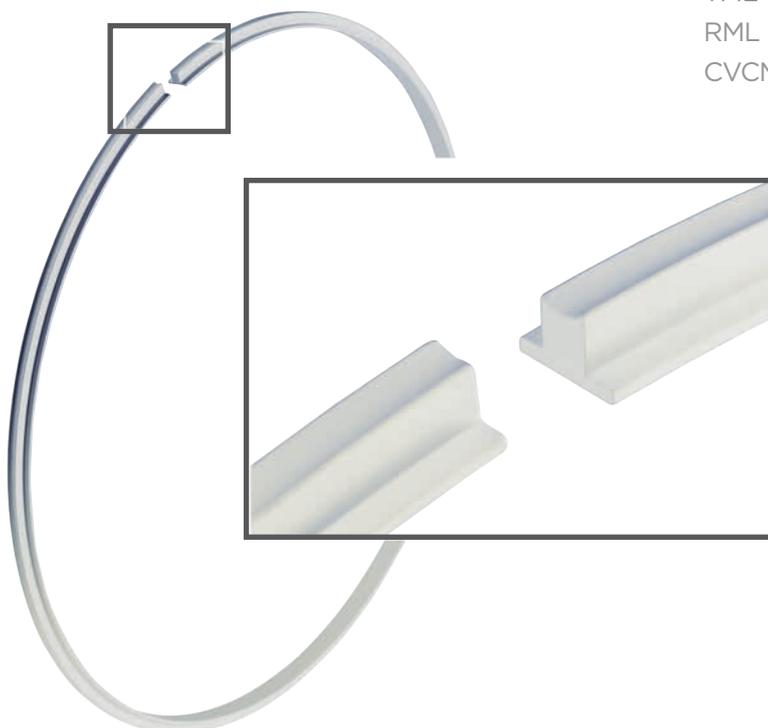
ausgasrate

Sie beträgt unter definierten Vakuumbedingungen: $10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$. Die Analyse des Restgases ergab geringe Spuren an H_2O .

TML < 0,025 %

RML < 0,04 %

CVCM = 0 %



Zentrierringe aus AlSi1MgMn (EN AW-6082) werden als Dichtelemente bei der Verbindung von Turbomolekularpumpen mit Vakuumanlagen eingesetzt. Im Falle eines Rotor-Stator-Crashes, der schlimmsten aller denkbaren Fehlfunktionen, wird die Rotationsenergie des Rotors innerhalb von Millisekunden an das Gehäuse übertragen. Damit die Zentrierringe über Reibung die dann entstehenden hohen Drehmomente an das System übertragen und ein Verdrehen der Turbomolekularpumpe im Flansch verhindern können, müssen ihre Oberflächen extrem verschleißfest sein und eine definierte Rauigkeit besitzen.

Zu diesem Zweck werden sie nach dem KEPLA-COAT®-Verfahren beschichtet. Dadurch erhöht sich der Reibwert der Oberfläche je nach Reibwert der Oberfläche je nach Reibpartner um den Faktor 2 bis 3. Die 25 µm dicke, sehr haftfeste Schicht verbessert darüber hinaus die Korrosionsbeständigkeit des Aluminium-Werkstoffes.

1/ KEPLA-COAT®-beschichtetes Rohr mit unbeschichtetem Gewinde.

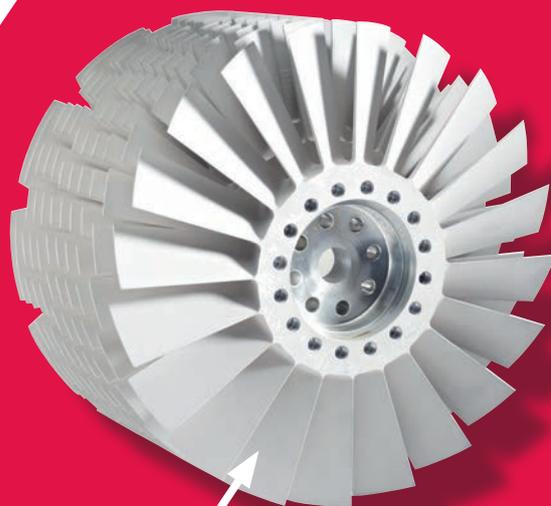
2/ Ein Beispiel für härteste Anforderungen an KEPLA-COAT®-veredelte Bauteile aus Aluminium-Legierungen: geometrisch anspruchsvolle Rotoren aus AlSi1MgMn (EN AW-6082) in Turbo-Molekularpumpen, die Plasma-Ätzprozessen ausgesetzt sind.

Von entscheidender Bedeutung sind hier poren- und rissfreie Schutzschichten, die durch Reaktionsgase nicht unterwandert werden können.

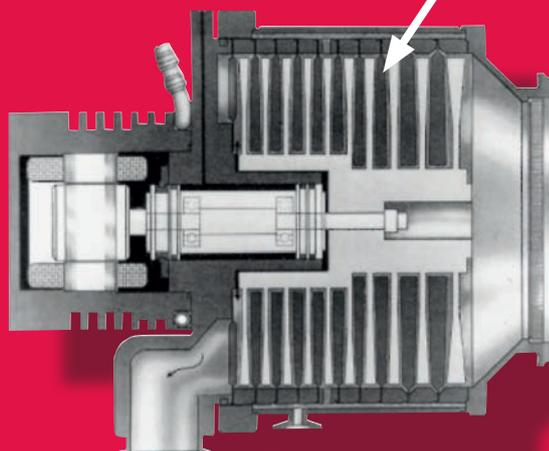
Außerdem werden die Rotoren durch die extrem hohe Drehzahl mechanisch stark beansprucht. Herkömmliche Verfahren zum Oberflächenschutz – wie Eloxieren, Verchromen oder Vernickeln – konnten diesen Dauerschwingbelastungen nicht standhalten.



1/



2/



verfahrensvarianten MC schwarz und KC schwarz

das verfahren

Schwarze Oxidkeramik-Schichten können auf Magnesium-Werkstoffen (MAGOXID-COAT® schwarz) sowie auf Aluminium- und Titan-Werkstoffen (KEPLA-COAT® schwarz) erzeugt werden. Beide Schichten enthalten lichtechte und chemisch inerte Spinelle.

einsatzgebiete und anwendungen

MC schwarz und KC schwarz sind z.B. als Beschichtungen von optischen Teilen und auch von Feingewinden gedacht. Sie eignen sich ebenso für Wärmestrahler, für die Vakuumtechnik, für die Mikroelektronik sowie für die Luft- und Raumfahrt.

übliche schichtdicken

8-15 μm (MAGOXID-COAT® schwarz).
5-10 μm (KEPLA-COAT® schwarz für Aluminium-Werkstoffe).
5-10 μm und 25-50 μm (KEPLA-COAT® schwarz für Titan-Werkstoffe).

Die Schichtdickentoleranzen sind legierungsabhängig.

schichteigenschaften

aufrauung (messungen nach DIN 4768)

Nach einer Beschichtung mit 10 μm MAGOXID-COAT® schwarz erhöht sich bei einem Ausgangswert von $R_a = 0,5 \mu\text{m}$ die Rautiefe auf $R_a = 1,1 \mu\text{m}$.

Bei einer Ausgangsrautiefe von $R_a = 0,14 \mu\text{m}$ beträgt nach einer Beschichtung mit 10 μm KEPLA-COAT® schwarz die Rautiefe $R_a = 0,5 \mu\text{m}$.

temperaturbeständigkeit

Bei den Beschichtungen für Aluminium- und Magnesium-Werkstoffen ist die Temperaturbeständigkeit nur vom Grundmaterial abhängig.

KEPLA-COAT® schwarz-Schichten für Titan-Werkstoffe sind bis 700 °C beständig.

dauerschwingfestigkeit

Aufgrund des kristallinen Aufbaus der Schichten wird die Dauerschwingfestigkeit nur unwesentlich beeinflusst.

ausgasrate

Sie beträgt unter definierten Vakuumbedingungen: $10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$. Die Analyse des Restgases ergab geringe Spuren an H_2O .

TML < 0,025 %

RML < 0,04 %

CVCM = 0 %

MAGOXID-COAT® schwarz:

Optische und thermische Eigenschaften:

Schichtdicke: 10 μm
Absorptionsgrad: > 95 %
Reflexionsgrad: < 5 %
Farbabstand: 24 %
Glanzwert: 7 %
Emissionsgrad: 81 %

KEPLA-COAT® schwarz:

Optische und thermische Eigenschaften:

Schichtdicke: 8 μm für Grundwerkstoff Aluminium
Absorptionsgrad: > 95 %
Reflexionsgrad: < 5 %
Farbabstand: 29 %
Glanzwert: 30 %
Emissionsgrad: 65 %

Schichtdicke: 8 μm für Grundwerkstoff Titan

Absorptionsgrad: > 95 %
Reflexionsgrad: < 5 %
Farbabstand: 25 %
Glanzwert: 15 %
Emissionsgrad: 80 %

Korrosionsbeständigkeit

10 μm dicke schwarze KEPLA-COAT®-Schichten auf AlSi1MgMn (EN AW-6082) überstehen eine Testzeit bis zu 500 h (Bewertungsgrad Rp 5) in der Salzsprühkammer nach DIN EN ISO 9227/DIN EN ISO 10 289.



1/ KEPLA-COAT®-beschichtete Titanbeschläge für die Spiegelzellen des IR-Teleskops „SOFIA“.
 An der Teleskopstruktur befinden sich in der Nähe des infraroten Strahlenganges Titanbeschläge und Titankegel. Um Streulicht zu minimieren, sind sie mit einer tiefschwarzen, lichtbeständigen Oxidkeramikschrift (KEPLA-COAT® schwarz) versehen.



2/ Hinsichtlich der Materialauswahl und des geeigneten Beschichtungsverfahrens beraten wir Sie gerne.



verfahrensvarianten MC schwarz und KC schwarz

1/ Ringblenden aus einer Aluminium-Legierung für Stadion-scheinwerfer erhalten eine schwarze KEPLA-COAT®-Schicht, die temperaturbeständig und UV-strahlungsresistent ist.

2/ Eine schwarze MAGOXID-COAT®-Schicht auf Gehäuse und weiteren Komponenten für einen optischen Fahrzeugsensor reduziert Lichtreflexionen und sorgt für einen guten Korrosionsschutz.

3/ Endoskope für die Medizintechnik aus einer Titan-Legierung. Die schwarze KEPLA-COAT®-Schicht minimiert Streulicht und ist optisch perfekt schwarz.

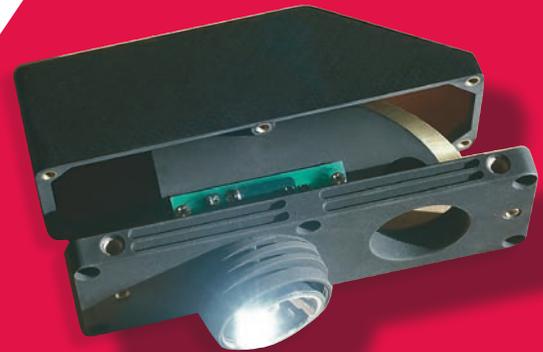
4/ Ein Planfräskopf in Magnesiumausführung: besseres Werkzeughandling durch weniger Gewicht sowie verminderte Maschinenbelastung durch geringere Massenträgheit und kleinere Fliehkräfte. Eine MAGOXID-COAT®-Schicht schützt vor Verschleiß und Korrosion.



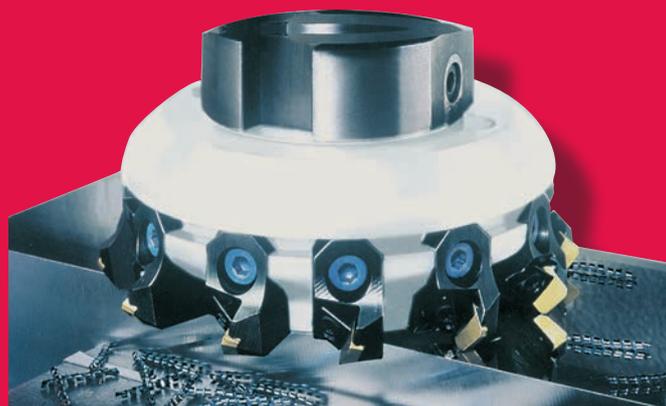
1/



3/



2/



4/

verfahrensvarianten oxidkeramische schichten für leichtmetalle

Motivation für den Einsatz von Leichtmetallen ist natürlich, Bauteilgewicht einzusparen. Magnesium-Legierungen bieten zudem Vorteile im Gießprozess. Es lassen sich feinere Strukturen erzeugen.

Die plasmachemischen Verfahren sorgen für verschleiß- und korrosionsfeste Oberflächen (weiße Varianten) bzw. für UV-beständige und Licht absorbierende Schichten (schwarze Varianten).

1/ Eine 40 µm dicke KEPLA-COAT®-Schicht sorgt bei einem Zylinder für 2-Takt-Motoren für den erforderlichen Korrosions- und Verschleißschutz der Zylinderlaufbahn.

2/ 3D-Laufrad für Expansionsturbinen und Turboverdichter. Die 50 µm dicke KEPLA-COAT®-Schicht ist schwingungsbelastbar und übersteht Temperaturschocks von +100 °C bis -196 °C.

3/ Magnesiumfelgen mit weißer MAGOXID-COAT®-Schicht zur Erhöhung des Korrosions- und Verschleißschutzes. Die Schicht ist zugleich eine Art Grundierung (oder Haftvermittler) für nachfolgende Oberflächenbehandlungen, die in diesem Fall aus gleich sieben verschiedenen Beschichtungen bestehen. Die Magnesiumfelgen werden in Hochleistungssportwagen eingesetzt.



3/

einsatzgebiete und anwendungen

Mit **MAGOXID-COAT® weiß** werden Magnesium-Bauteile beschichtet, um sie vor Verschleiß und Korrosion zu schützen. MAGOXID-COAT® weiß kann auch nachträglich lackiert werden (u.a. Felgen für Sportwagen, Fahrräder und Rollstühle).

MAGOXID-COAT® schwarz kommt zum Einsatz, wenn für Magnesium-Bauteile eine sehr gute Lichtabsorption und eine hohe UV-Beständigkeit gefragt sind.

KEPLA-COAT® weiß wird überwiegend für Maschinenbauteile eingesetzt, und eignet sich für Sonderanwendungen, dort wo andere Schichten etwa auf Grund mangelnder Dauerschwingfestigkeit versagen.

KEPLA-COAT® schwarz wird dort verwendet, wo eine sehr gute UV-Beständigkeit und eine hohe Lichtabsorption gefordert werden. Eine «Berliner Spezialität» ist die einseitige Beschichtung von 50 µm dünnen Titan-Folien mit KEPLA-COAT® schwarz, die sich z.B. für eine Beklebung von Bauteilen eignen.



Werk Berlin mit der Produktionshalle für Beschichtungen mit MAGOXID-COAT® und KEPLA-COAT®.

www.aalberts-st.com

berlin@aalberts-st.com

Aalberts Surface Technologies GmbH

Coswiger Straße 16
DE-12681 Berlin
+49 30 549904 0