

# Aluminiumpassivierung auf Basis Chrom(III)

## Eigenschaften und Erfahrungen

Peter Volk • SurTec Deutschland GmbH • Zwingenberg  
Dr. Martin Föhse • Wabco Fahrzeugsysteme GmbH • Hannover

### Themen

- Grundlagen der dreiwertigen Passivierung von Aluminium
- Erfahrungen aus der Praxis

## Grundlagen der dreiwertigen Passivierung

### Native Oxidschicht

Aluminium belegt sich unter atmosphärischen Bedingungen sofort mit einer schützenden Oxidschicht, die einen fortschreitenden Angriff durch Luftsauerstoff oder Wasser hemmt.

Art der Oxidschicht	Schichtdicke
Native Oxidschicht	1-10 nm
Oxidschicht nach Bewitterung	30-100 nm

Bei Korrosionsbelastung in einem Elektrolyten wird die Oxidschicht durchbrochen und die Oxidation der Oberfläche schreitet fort.

→ Korrosion

Unbehandelte Oberfläche, 120 h Salzsprühnebel



## Grundlagen der dreiwertigen Passivierung

### Chromatierung

Bei der Chromatierung wird die Oxidschicht künstlich erzeugt. Metallionen aus der Chromatierungslösung und aus dem Grundwerkstoff werden als Oxid abgeschieden.

Art der Oxidschicht	Schichtdicke
Farblos-Chromatierung	10-50 nm
Gelb-Chromatierung	80-1000 nm
Grün-Chromatierung	80-1000 nm

Die Oxidschicht ist wesentlich besser mit dem Grundmetall verankert, die Schichten sind dicker und die Bestandteile der Oxidschicht chemisch inerte als reines Aluminiumoxid.

Gelbchromatierung, 336 h Salzsprühnebel



## Grundlagen der dreiwertigen Passivierung

### Chrom(VI)-Ersatz

#### Chemische Eigenschaften des Eratzstoffes

- gute Wasserlöslichkeit im Sauren  
(eine Konversionsschicht erfordert stets einen ersten Beizangriff)
- Bildung von Oxiden, die in Wasser, in Säuren und in Laugen schwerlöslich sind

#### Allgemeine Eigenschaften

- Verfügbarkeit
- Recyclingfähigkeit (Verträglichkeit mit der Stahlherstellung)
- Kosten (Forderung nach insgesamt niedrigen Rohstoffkosten)
- bekannte Toxizität aller möglichen Oxidationsstufen

## Grundlagen der dreiwertigen Passivierung

### Periodensystem der Elemente

- Löslichkeit der Oxide**
  - hellgrün** schwerlöslich in Wasser
  - grün** schwerlöslich in Säuren oder Laugen
  - dunkelgrün** schwerlöslich in Säuren und Laugen

Periode	Gruppe																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H																		He
2	Li	Be											B	C	N	O	F		Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl		Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		Xe
6	Cs	Ba	* Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn
7	Fr	Ra	** Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt										
* Lanthanide			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb			
** Actinide			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No			

- in Frage kommen 6 Elemente, von ihnen am schwersten löslich ist **Chrom(III)**

## Grundlagen der dreiwertigen Passivierung

### Stabile Oxidationsstufen des Chroms

Oxidationsstufe	Beispiele für Substanzen und typische Anwendungen	
+6 (Salz)	Chromsäure, Chromate	Verchromungselektrolyte und Gelbchromatierung
+3 (Salz)	Chromnitrat, -chlorid und -sulfat Chromit: das Erz $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ Chromoxid: $\text{Cr}_2\text{O}_3$	dreiwertige Elektrolyte und Passivierungen Farbpigment, Leder- und Glasindustrie
0 (Metall)	Metallisches Chrom	Möbel Armaturen, Implantate, Bestandteil von Edelstählen



Die Oxidationsstufen 2, 4 und 5 existieren auch, sind aber extrem instabil

#### Chrom(III) im menschlichen Metabolismus

- wichtiges Spurenelement; der menschliche Körper enthält ca. 6 mg Chrom
- täglich werden mit der Nahrung 50-200 µg aufgenommen

## Grundlagen der dreiwertigen Passivierung

### Chrom(III)-haltige Passivierung SurTec 650 chromitAL

Wie bei der Cr(VI)-haltigen Chromatierung wird die Oxidschicht künstlich erzeugt. Metallionen aus der Passivierungslösung und aus dem Grundwerkstoff werden als Oxid abgeschieden.

	SurTec 650	Gelb-chromatierung
Schichtdicke	80 nm	100-400 nm
elekt. Kontaktwiderstand nach der Beschichtung	0,25 mOhm/cm <sub>2</sub>	0,27 mOhm/cm <sub>2</sub>
elekt. Kontaktwiderstand nach 168 h Salzsprühn.	0,51 mOhm/cm <sub>2</sub>	0,73 mOhm/cm <sub>2</sub>

Das Cr(III)oxid bewirkt, dass die Oberfläche sehr inert gegen korrosiven Angriff ist.

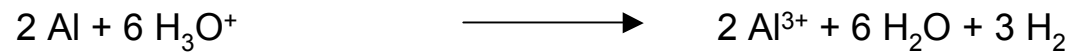
SurTec 650 chromitAL, 336 h Salzsprühnebel



## Grundlagen der dreiwertigen Passivierung

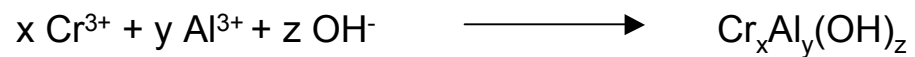
### Reaktionsmechanismus

#### Aktivierung der Oberfläche



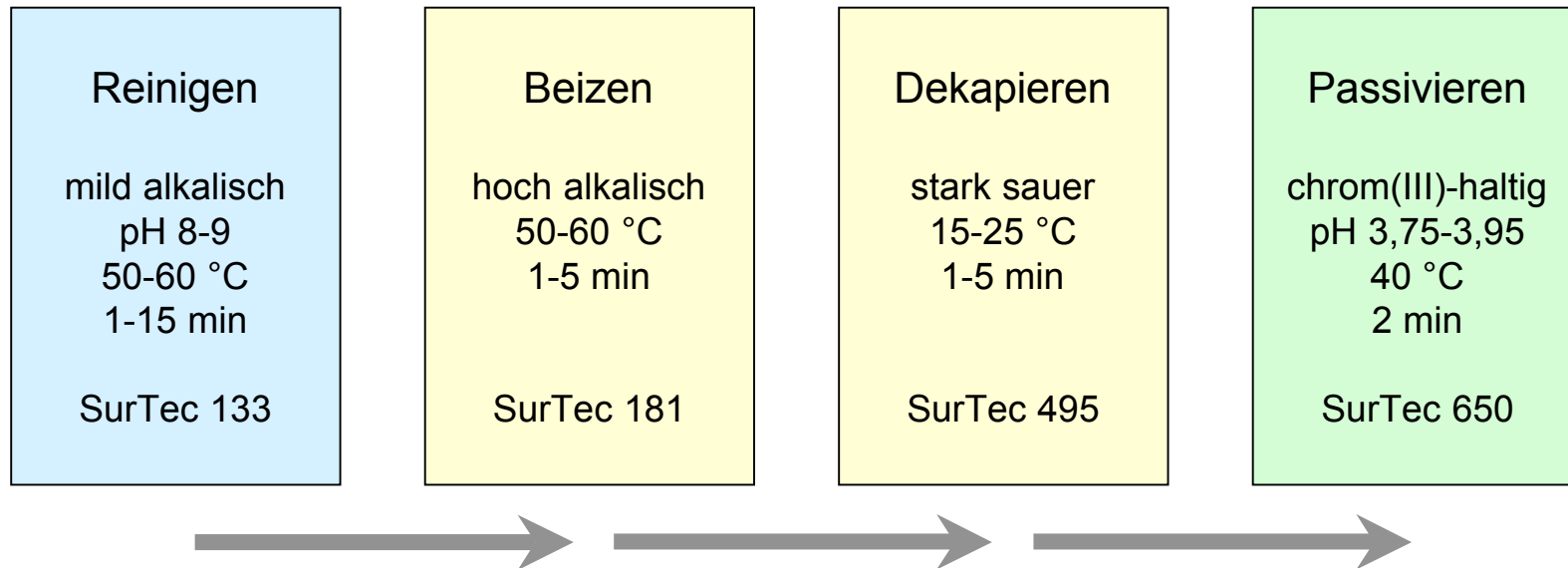
Die Aktivierung ist unterstützt durch Fluoride

#### Abscheidung der Passivierungsschicht



## Grundlagen der dreiwertigen Passivierung

### Verfahrensablauf



Zwischen den einzelnen Schritten muss gespült werden.

Bei anschließender Lackierung: Leitfähigkeit des von den Teilen ablaufenden Wassers:  
< 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Trocknungstemperatur: < 65 °C am Objekt

## Grundlagen

unbehandelt

**SurTec 133**

5 %, 60 °C, 5 min

**SurTec 181**

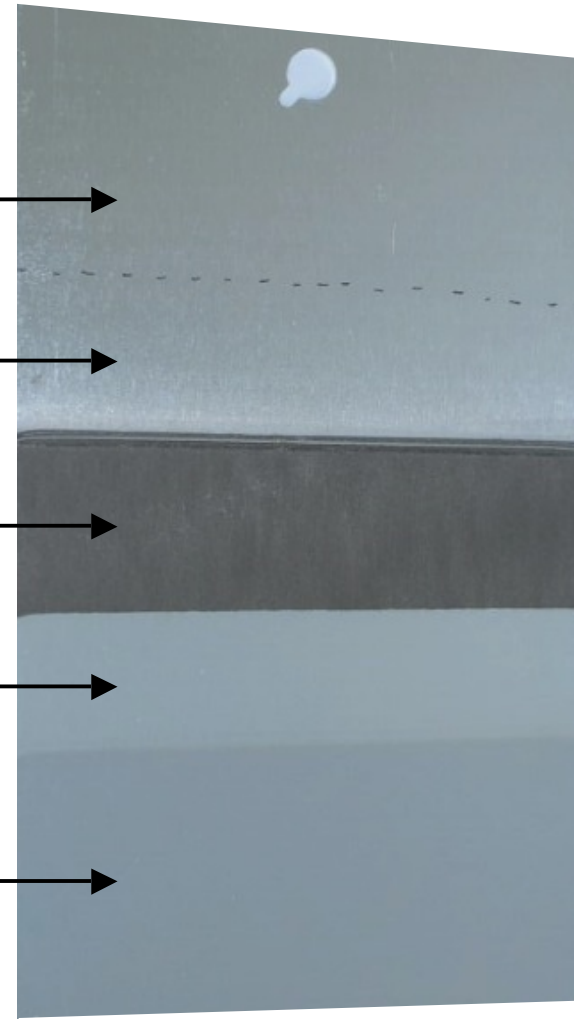
5 Vol%, 55 °C, 5 min

**SurTec 495**

5 % in 5 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, RT, 2 min

**SurTec 650**

20 Vol%, 40 °C, 2 min



**WABCO**



# **Erfahrungen aus der Praxis**

### Druckluftherzeugung und Bremsen

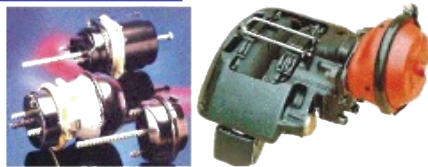
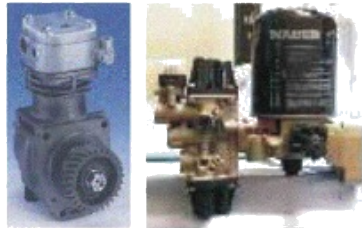
#### Druckluft-Management

Kompressor, Lufttrockner  
Schutzventil elektr.

Druckluftaufbereitung Druckluftbehälter, Governor

#### Bremszylinder und Radbremsen

Scheiben- und  
Trommelbremse  
Bremszylinder



### Antriebsstrang

automatisierte Getriebe-  
steuerung, Kupplungs-  
betätigung und -regelung,  
Retardersteuerung



### Anhänger-Systeme

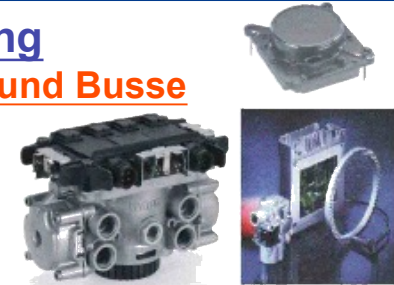
Anhänger-Bremsregelung pn.  
ABS, EBS, ECAS,  
Zentralelektronik für  
Anhänger



### Fahrdynamik-Regelung

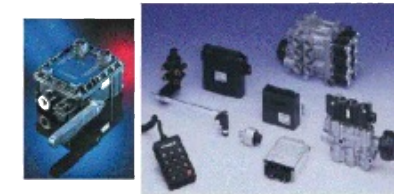
#### Bremsregelung für Lkw und Busse

Bremsregelung  
pneum. ABS, EBS, ESC  
hydraulisches ABS, ACC



#### Fahrwerksregelung

Luftfederventil  
elektronisch geregelte  
Luftfederung (ECAS)  
elektronische Dämpfer-  
regelung (ESAC)



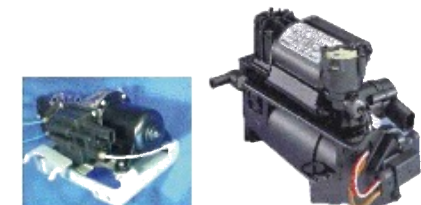
#### Architektur der Fahrzeugelektronik

Temperaturregelung (Stadt-/Reisebus)  
Türsteuerung (Stadt-/Reisebus)  
Zentraler Bordrechner  
Reifendrucküberwachungs-  
system



### Pkw Systeme

Pkw Luftfedersystem  
Vakuumpumpe



## ■ Korrosionsschutz

- Außenliegende Gehäuseteile
- 240h NSS-Test ISO 9227, Beurteilung nach 72h, 168h und 240h
- Maximal 3% Korrosion der Oberfläche

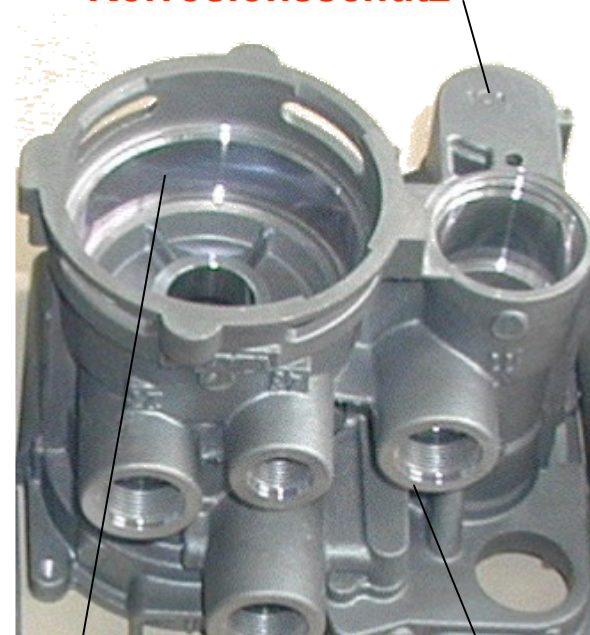
## ■ Rauheit

- Alle Oberflächen werden passiviert
- Dichtflächen etc.: geringe Rauheit
- Laufflächen etc.: definierte Rauheit (Verschleiß, Haftreibung, Fettfilm, ...)

## ■ Prozessbedingungen

- Geringe Kosten (Chemie, Betrieb, Anlagenumstellung etc.)
- Stabiler Prozess (Badverhalten etc.)
- Hohe Toleranz gegenüber variierenden Verfahrensparametern
- Geeignet für Oberflächen unterschiedlicher Güte (verschiedene Lieferanten)

**Außenliegende Oberflächen:  
Korrosionsschutz**



**Dichtflächen, Anschlüsse:  
Reinheit, geringe Rauheit**

**Laufflächen für Kolben etc.:  
Definierte Rauheit**

1. **Beladen**
2. **Verdichten**
  - Harzbehandlung (Trockenvakuum, Eintauchen in Harz, Abtropfen, Druckbehandlung)
  - Spülen (insgesamt drei Stationen, Harzrecycling)
  - Aushärten (Wasser, 90°C)
3. **Vorbehandlung**
  - Siehe nächste Folie
4. **Passivieren**
  - Aktivbad
  - Spülen
5. **Trocknen**
  - Schleudern unter Vakuum
  - Beheiztes Vakuum
6. **Entladen**



### ■ Mechanische Bearbeitung

- Zerspanen (Bohren, Fräsen, ...)
- Waschen (Entfernen von KSS)
- Entgraten (Manuell oder auf Hochdruck-Wasserstrahlanlage mit Robotern)
- Zusammenstellung von Körben für Anlagenbestückung

### ■ Vor Einfahren in Anlage

- Lagerung in Vorlaufbahnhof
- Waschstraße mit Hochdruck und Heißwasser (horizontale Drehung)

### ■ Vorbehandlung auf Anlage

- Verdichten, Spülen, Aushärten (95°C)
- Entfetten (SurTec 140 & 089) @ 65°C
- Spülen in drei Schritten
- Dekapierung mit Salpetersäure (2%)
- 2faches Spülen

Gussteil, Zerspanen

Waschen & Verdichten

1. Entfetten (65°C)

2. Standspüle

3. Standspüle

4. Kreislaufspüle

5. Dekapieren (2% HNO<sub>3</sub>)

6. Standspüle

7. Kreislaufspüle

Passivieren & Trocknen

Montage, Endprodukt

### ■ Badparameter

- Ansatz mit 20% SurTec Chromital 650 in voll-entsalztem Wasser (Gesamtvolumen 1.400 L)
- pH-Wert 3,90 (Variation zwischen 3,60 und 4,00)
- pH-Wert Kontrolle durch Zugabe von Natronlauge (1%) und / oder Schwefelsäure (5%)
- Filtration mit Feinfilterpumpe

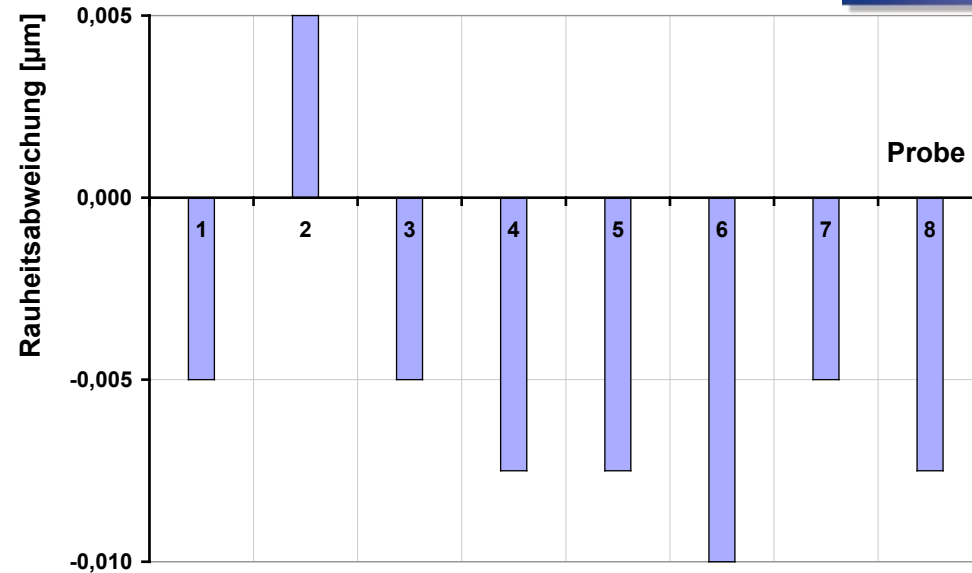
### ■ Prozessbedingungen

- Kontaktzeit ca. 2min (Variation zwischen 1 und 4min)
- Badtemperatur 38°C (Variation zwischen 30 und 40°C)
- Badbewegung durch vertikale Drehung der Charge
- Zweifaches Spülen



- **Chargengröße**
  - Produktionsnahe Bedingungen mit 3 Körben pro Charge zu je 36 Aluminiumteilen (alle gekennzeichnet)
- **Verschleppung**
  - Durch horizontale Drehung und schöpfende Teile bzw. Körbe
- **Badtemperatur**
  - Im Versuchsstadium noch keine leistungsfähige Regelung
- **Vorbehandlung**
  - Auch Versuche mit variierender Entfettung und Dekapierung
- **Trocknung**
  - Teilweise mit Heißluft (siehe Verschleppung) – aber kein negativer Einfluss nachweisbar





### Tüpfeltest auf passiviertem Teil

### Erzielte Rauheit $R_a$ nach Passivierungsprozess

#### ■ Korrosion

- Erfüllung der 240h-Exposition im Salzsprühtest, Optimierung läuft

#### ■ Rauheit

- Tendenziell Verringerung der Rauheit (vermutlich einebnende Effekte)

#### ■ Badkontrolle

- pH-Wert relativ stabil, alle Testverfahren erprobt, Verbrauchsermittlung folgt



- **SurTec 650 chromitAL ist eine Cr(VI)-freie Alternative zur Gelbchromatierung**
- **gleiche Vorbehandlung vor SurTec 650 wie vor Cr(VI)-haltigen Passivierungen**
- **Anforderungen werden erfüllt**
  - vergleichbarer Korrosionsschutz wie bei einer Gelbchromatierung
  - Rauheit der Oberfläche wird tendenziell leicht verringert (unkritisch)
- **Großserien-geeignet**
- **Einhaltung der Badparameter auch im Produktionsprozess möglich**
- **geringe Anpassung der Anlagentechnik im Vergleich zur Gelbchromatierung nötig (Temperatur, pH-Wert)**