

Sechswertige Chromverfahren

Hartchromverfahren SurTec® 875
Dekorativchromverfahren SurTec® 871

Bettina Kerle, Mathias Opper, Sigrid Volk
SurTec GmbH

1. Einleitung.....	3		
1.1. Allgemeine Übersicht und Anwendungen.....	4		
1.2. Verfahrenstechniken.....	6		
1.3. Anlagentechnik.....	13		
2. Abscheidung aus sechswertigen Chromelektrolyten.....	14		
2.1. Kathodenreaktionen.....	15		
2.2. Anoden und Anodenreaktionen.....	20		
2.3. Zusammensetzung von Chromelektrolyten.....	25		
3. Badparameter.....	31		
3.1. Einfluß der Badparameter auf die Abscheidungsbedingungen.....	32		
3.2. Hartchrombad SurTec 875.....	34		
3.3. Glanzchrombad SurTec 871.....	37		
4. Schichteigenschaften.....	39		
5. Analytik und Badkontrolle.....	47		
5.1. Analysen für Hartchrombäder.....	48		
5.2. Methoden zur Badeinstellung für Hartchrombäder.....	54		
		5.3. Analysen für Dekorativchrombäder.....	57
		5.4. Badeinstellung für Dekorativchrombäder.....	58
		5.5. Fehleranalyse.....	60
		6. Praxiserfahrung.....	62
		6.1. Chromverfahren.....	63
		6.2. Elektrodialyse.....	66
		7. Zusammenfassung.....	69

1. Einleitung

- 1.1. Allgemeine Übersicht und Anwendungen
- 1.2. Verfahrenstechniken
- 1.3. Anlagentechnik

1.1. Allgemeine Übersicht und Anwendung

Chromverfahren:

- **Dekoratives Glanzchrom**
für Armaturen in Küche und Bad, Möbelbeschläge, Bauteile elektrischer Geräte, Fahrrad-, bzw. Autozubehörteile
Allgemein: für optisch ansprechende Abschlußschichten
- **Hartchrom**
für Kolbenstangen, Kolbenringe, Gußkukillen, Tiefdruckzylinder
Allgemein: für Teile mit hoher mechanischer Beanspruchung
- **Dreiwertige Chromverfahren**
für Badezimmerarmaturen, Bauteile elektrischer Geräte, verschleißfeste Teile
Allgemein: für optisch nicht unbedingt einwandfreies Aussehen und für mechanisch beanspruchte Teile
- **Schwarzchrom**
für Solar-Kollektoren, Badezimmerarmaturen, Boot-Ausstattung
Allgemein: wenn optisch oder funktionell schwarze Schichten gefordert sind, die auch einen guten Verschleißschutz brauchen und hohe Temperaturen aushalten sollen

Chromverfahren im Vergleich

	Glanzchrom	Hartchrom	Dreiwertige Chromverfahren	Schwarzchrom
Metallgehalt	180-400 g/l Chromsäure	100-400 g/l Chromsäure	ca. 30 g/l Chromsulfat/-chlorid	ca. 250 g/l Chromsäure
Sonstige Badbestandteile	Sulfat evtl. Fluorid	Sulfat Katalysator	Ammoniumsulfat Borsäure Na-Thiocyanat	Essigsäure Bariumacetat
pH-Wert	< 1	< 1	2-4	< 1
Abscheidungsrate	ca. 0,2 $\mu\text{m}/\text{min}$	1-1,5 $\mu\text{m}/\text{min}$	0,1-5 $\mu\text{m}/\text{min}$	ca. 0,2 $\mu\text{m}/\text{min}$
Badpflege	rel. einfach	rel. einfach	aufwendig	aufwendig
Schichtstärken	0,3-0,8 μm	20-150 μm	0,3-150 μm	0,3-0,8 μm
Aussehen der Schicht	bläulich glänzend	glänzend (meist nach Schleifen)	weniger Glanz nicht so bläulich	schwarz wenig reflektierend

1.2. Verfahrenstechniken

Teilespektrum, das für Verchromen in Frage kommt: Eisen, Messing, Kupfer, Zinkdruckguß, Aluminium

Vorbehandlungsvorschläge:

Eisenteile:	Heißentfettung SurTec 194 + SurTec 415, bei 60 °C für 5-15 min Beize HCl 1:1, eventuell inhibiert mit SurTec 424 Elektrolytische (anodische) Entfettung SurTec 194 + SurTec 419, bei 25 °C für 2-5 min
Messing, Kupfer, : Zinkdruckguß	Heißentfettung SurTec 151, bei 60 °C für 2-10 min Elektrolytische (kathodische) Entfettung SurTec 177, bei 25 °C für 2-5 min Fluoridhaltige Dekapierung SurTec 481, bei 25 °C für 0,5-2 min
Aluminium:	Heißentfettung SurTec 133, bei 60 °C für 5 min Beize (hochalkalisch) SurTec 181, bei 60 °C für 0,5-1 min Dekapierung in 30 % Salpetersäure, bei 25 °C für 1 min Zinkatbeize SurTec 652 (cyanidfrei) bei 25 °C für 1-2 min

Beispiele zum Schichtaufbau für hartverchromte Teile:

Werkstoff	Stahl	Stahl	Kupfer
möglicher Verfahrens- ablauf	cyan./cyanfrei Cu SurTec 866/864 3-5 μm		
	sauer Cu SurTec 869 ca. 20 μm		
	Hartchrom SurTec 875 20-50 μm	Hartchrom SurTec 875 20-150 μm	Hartchrom SurTec 875 20-50 μm
Beispiele	Tiefdruckzylinder	Kolbenstangen/ -ringe, Backtablets	Kupferkukillen für Gußschmelzen

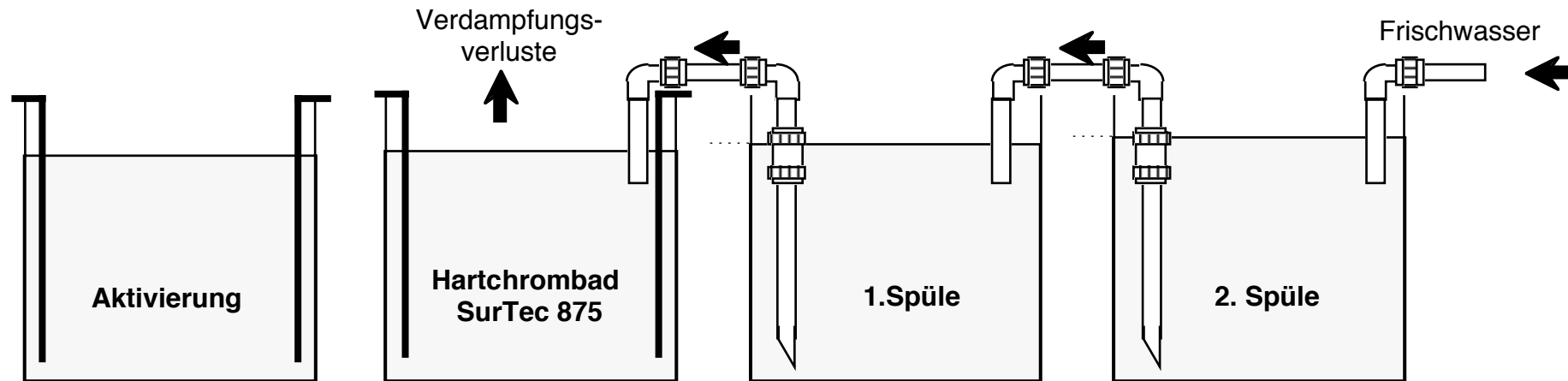
Schichtaufbau für dekorative Teile

Werkstoff	Stahl	Stahl	Zinkdruckguß	Messing / Kupfer	Aluminium
möglicher Verfahrens- ablauf	cyan. / cyanfrei Cu SurTec 866 / 864 3-5 μm	cyan. / cyanfrei Cu SurTec 866 / 864 3-5 μm	cyan. / cyanfrei Cu SurTec 866 / 864 5-8 μm		Zinkatbeize SurTec 650/652
	sauer Cu SurTec 869 10-20 μm		sauer Cu SurTec 869 15-25 μm		cyan. / cyanfrei Cu SurTec 866 / 864 5-8 μm
	Halbglanz-Ni SurTec 854 10-15 μm				
	Glanz-Ni SurTec 857 10-15 μm	Perl-Ni SurTec 852 10-15 μm	Glanz-Ni SurTec 857 10-15 μm	Glanz-Ni SurTec 857 10-15 μm	Glanz-Ni SurTec 857 10-15 μm
	Glanzchrom SurTec 871 0,3 μm	Glanzchrom SurTec 871 0,3 μm	Glanzchrom SurTec 871 0,3 μm	Glanzchrom SurTec 871 0,3 μm	Glanzchrom SurTec 871 0,3 μm
Beispiele	Möbelbeschläge Motorradteile	Möbelbeschläge	Türgriffe (Auto) Kofferbeschläge	Badezimmer- armaturen	Autofelgen

Badfolge vor und nach dem Chrombad

Besondere Vorbehandlungen:
(je nach Anforderungen)

Sandstrahlen
Polieren
organisch Entölen



Aktivierungsbad separat:

3 g/l Chromsäure, evtl. mit anodischer Stromunterstützung (ggfs. mit Umpolung)

Hartchrombad:

hohe Verdampfungsverluste, daher gute Rückführung möglich

Spülen:

Frischwasserspülen mit Rückführung
in der letzten Spüle Einsatz von Reduktionsmittel SurTec 870 R möglich

Verschleppung - besonders wichtig bei Glanzchromelektrolyten

zur Bestimmung des Verschleppungswertes:

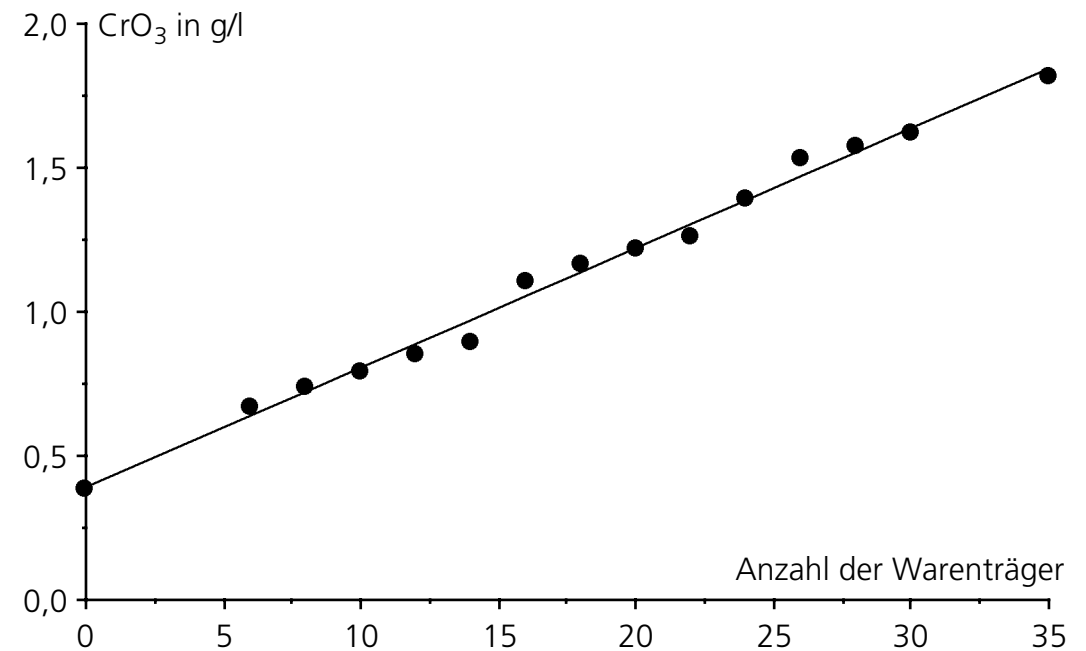
- Neuansatz der Spüle nach dem Aktivbad
- Spülbad exakt vermessen
- Bad und Spülbad im Ausgangszustand gut mischen und 100 ml Badprobe entnehmen
- 10-50 Warenträger mit breitem Teilespektrum durchfahren lassen und zählen
- in regelmäßigen Abständen Proben entnehmen und analysieren

Berechnung:
$$V_{A,n} = \frac{c_{S,n} - c_{S,0}}{c_B} \cdot V_S$$

mit: $V_{A,n}$ = eingeschlepptes Volumen
 $c_{S,n}$ = Konzentration der Spüle nach n Warenträgern
 $c_{S,0}$ = Ausgangskonzentration der Spüle
 c_B = Badkonzentration
 V_S = Badvolumen der Spüle

Beispiel: Verschleppungsberechnung des Chrombades von Fa. Kronenberger

WT	CrO ₃ in g/l	V _A , kum in l	V _A in l/WT
0	0,38		
6	0,67	3,28	0,55
8	0,74	4,07	0,51
10	0,79	4,71	0,47
12	0,85	5,39	0,45
14	0,89	5,87	0,42
16	1,10	8,32	0,52
18	1,16	9,00	0,50
20	1,22	9,61	0,48
22	1,26	10,12	0,46
24	1,39	11,62	0,48
26	1,53	13,23	0,51
28	1,57	13,72	0,49
30	1,62	14,26	0,48
35	1,81	16,51	0,47
Chrombad:	260	Mittelwert:	0,485



Berechnung des Organik-Verbrauches für SurTec 871 bei Kronrnberger:

Ausschleppung (Chrombad: 260 g/l CrO₃ und 25 ml/l SurTec 871 II)
0,5 l/WT

Rückführung (Standspüle: 90 g/l CrO₃ und 9 ml/l SurTec 871 II)
400 l nach 1140 WT = 0,35 l/WT

Chromsäureverbrauch durch Schichteinbau (25 % SA, 1000 A · 4,5 min/WT)
= 12 g/WT

Chromsäureverbrauch durch Ausschleppung
0,5 l/WT · 260 g/l – 0,35 l/WT · 90 g/l = 98 g/WT Summe: 110 g/WT

SurTec 871 II durch Ausschleppung
0,5 l/WT · 25 ml/l – 0,35 l/WT · 9 ml/l = 9 ml/WT

Verbrauch je 50 kg CrO₃ (50 kg · 9/110) = 4,1 l SurTec 871 II

1.3. Anlagentechnik

Badbehälter:	Stahlwanne mit chromsäurebeständiger Auskleidung z.B. Hartgummi, PVC
Heizung/Kühlung:	beides erforderlich, um bei konstanter Temperatur konstante Qualität zu produzieren Material: Teflon, PVC, Glas nur bei fluoridfreien Elektrolyten
Arbeitsschutz:	Schaumteppich erzeugen mit SurTec 870 AK, oder Kunststoffkugeln auf der Badoberfläche schwimmen lassen; Absaugung ist trotz dieser beiden Maßnahmen dringend empfohlen Schutzbrille, Schutzhandschuhe und geeignete Kleidung sind erforderlich
Gleichrichter:	auf ausreichende Kapazität achten (Stromdichten von 50-80 A/dm ² möglich); Restwelligkeit muß kleiner 0,4 % sein, da sonst durch „Polwechsel“ die Schicht passiv wird
Anodenanordnung:	möglichst große Anoden-Kathoden Abstände herstellen; bei komplizierten Teilen können Innenanoden oder Ablendvorrichtungen nötig sein

2. Abscheidung aus sechswertigen Chromelektrolyten

2.1. Kathodenreaktionen

2.2. Anoden und Anodenreaktionen

Folgende Reaktionen laufen an der Kathode bzw. am Werkstück ab:

erwünschte Abscheidungsreaktion:

a) Reduktion von Cr(VI) zum ungeladenen metallischen Chrom:



Nebenreaktionen:

b) Wasserstoffentwicklung:



c) Chromreduktion bis zur 3-wertigen Stufe:



Berechnung der Abscheidungsrate:

1.) abgeschiedene Stoffmenge je Fläche und Zeit

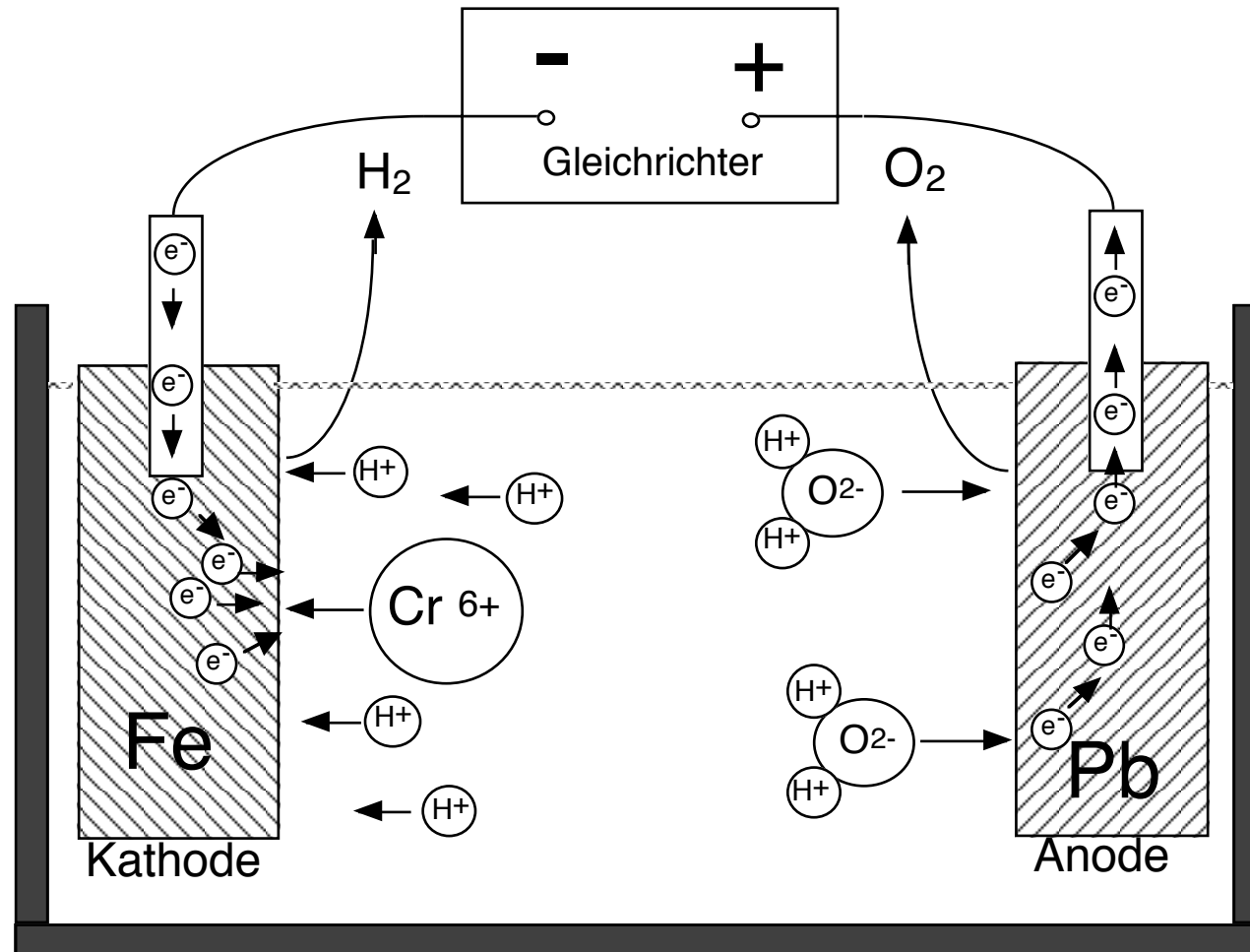
$$\begin{array}{c}
 \text{Stromausbeute} \\
 \downarrow \\
 \text{0,2 mol} \\
 \hline
 \text{6} \cdot 96485 \text{ As} \\
 \uparrow \quad \uparrow \\
 \text{Äquivalenz-} \quad \text{FARADAY-Konstante} \\
 \text{elektronen}
 \end{array}
 \cdot
 \begin{array}{c}
 \text{Stromdichte} \\
 \downarrow \\
 \text{6 A} \\
 \hline
 \text{100 cm}^2
 \end{array}
 = 20,73 \cdot 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$$

2.) abgeschiedene Schichtdicke pro Zeit

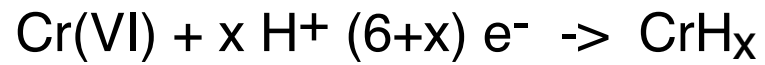
$$\begin{array}{c}
 \text{52 g} \\
 \hline
 \text{mol}
 \end{array}
 \cdot
 \begin{array}{c}
 \text{cm}^3 \\
 \hline
 \text{7,19 g}
 \end{array}
 \cdot
 \begin{array}{c}
 20,73 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \\
 \hline
 \text{cm}^2 \cdot \text{s}
 \end{array}
 \cdot
 \begin{array}{c}
 \text{60 s} \cdot 10^4 \mu\text{m} \\
 \hline
 \text{min} \cdot \text{cm}
 \end{array}
 = 0,09 \frac{\mu\text{m}}{\text{min}}$$

↑ Molmasse Chrom ↑ Dichte Chrom
↑ Umrechnung der Einheiten

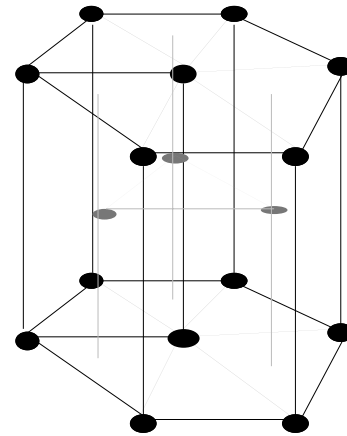
Prinzipskizze:



“Rissbildung”:



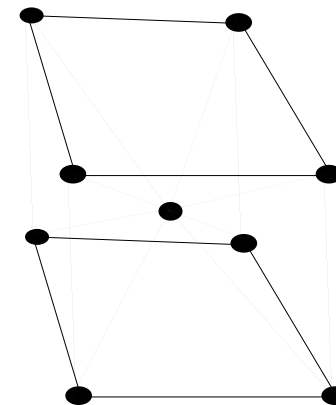
β -Chrom

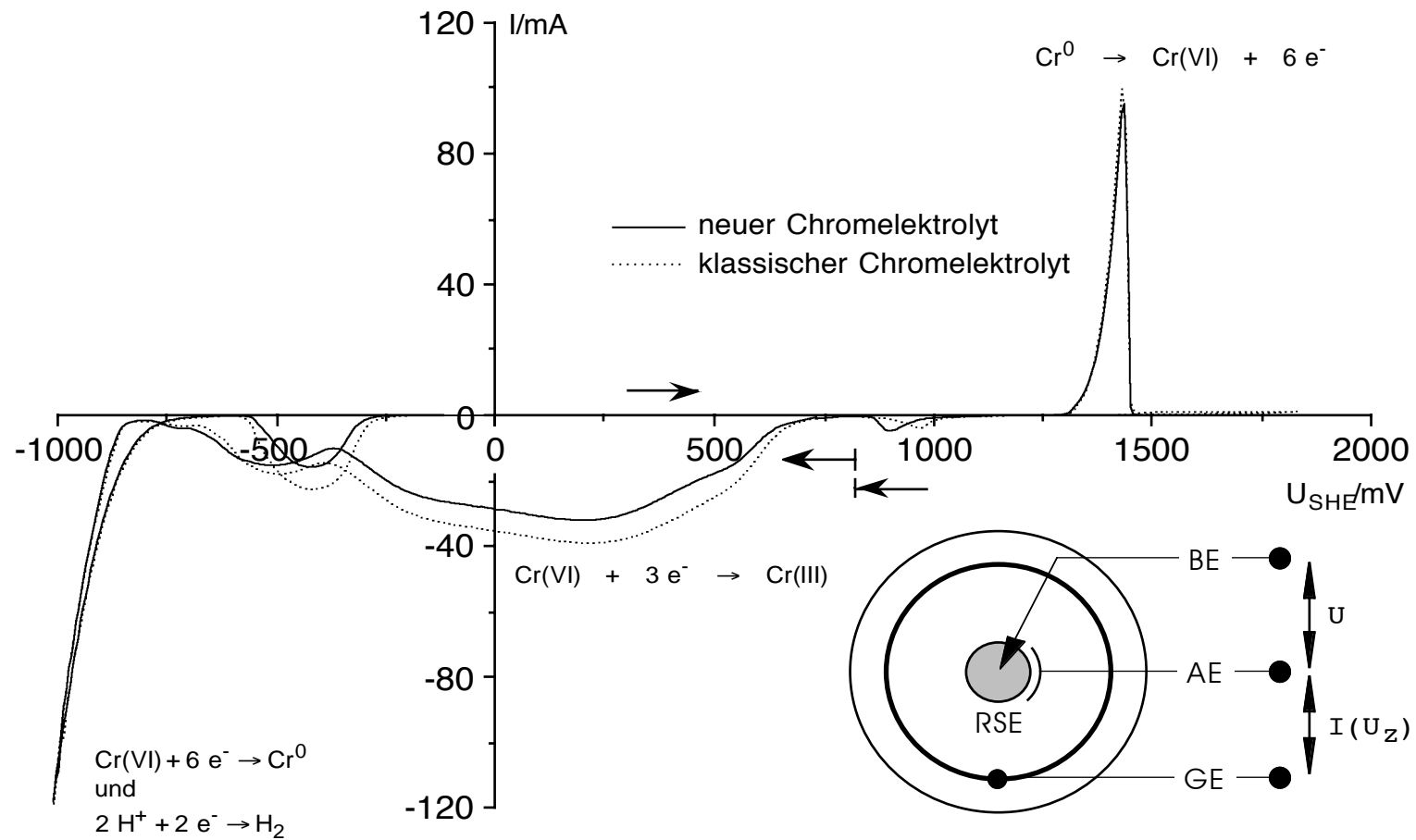


$-\text{H}_2$



α -Chrom





Zyklovoltammogramme mit 10 mV/s; rotierende Goldscheibe, 0,196 cm², 1250 U/min, 280 g/l Chromsäure, 28 °C

RSE = rotierende Scheibenelektrode, **AE** = Arbeitselektrode, **BE** = Bezugselektrode, **GE** = Gegenelektrode, **U** = Potential, **I** = Strom, **U_z** = Zellspannung

Folgende Reaktionen laufen an der Anode während der Beschichtung ab:

a) Sauerstoffentwicklung:



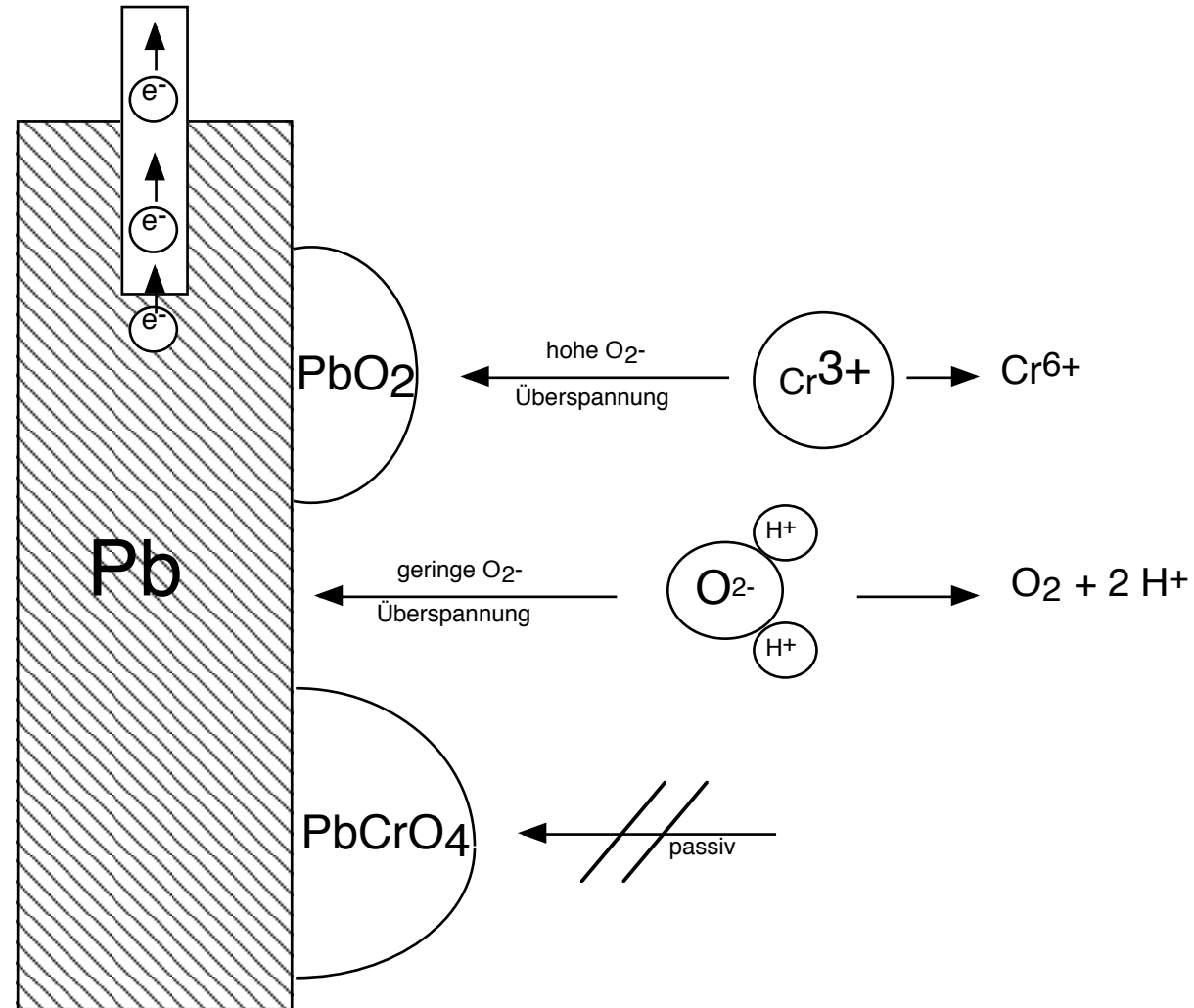
b) Oxidation von 3-wertigem Chrom:



Bei platinieren Titananoden ist der Anteil der 2. Reaktion sehr gering.

Zur Oxidation der Chrom-(III)-Salze ist daher auf Dauer eine zusätzliche Einrichtung notwendig → z.B. Elektrodialyse (s. Kap. 6)

Prinzipskizze:



Anoden- / Kathodenfläche in der Praxis etwa 2/1.

Anodenmaterial:

in der Praxis üblich: Bleianoden

Vorteile:

- hohe Sauerstoffüberspannung durch Bildung einer Bleioxidschicht an der Anodenoberfläche
- dadurch effiziente Oxidation von Chrom(III) zu Chrom(VI)
- relativ günstig in der Anschaffung

Nachteile:

- "Formieren" vor Prozeßbeginn notwendig
- nach langen Arbeitspausen evtl. mechanische Aktivierung notwendig
- Anodenkorrosion -> Bleichromatschlamm -> Entsorgung
- Toxizität, hoher Arbeitsschutzaufwand

Anodenmaterial:

Alternative: platinisiertes Titanstreckmetall

- Streckmetallgitter- oder Rundstabanoden mit ca. 2,5 μm Platinauflage

Vorteile:

- Dimensionsstabil / nicht korrodierend
- kein Anodenschlamm -> keine Entsorgung
- Toxikologisch unbedenkliches Handling

Nachteile:

- hohe Investitionskosten
- nicht in fluoridhaltigen Elektrolyten verwendbar -> platinisiertes Niob
- Zerstörung durch Umpolen -> kein Puls-Reverse möglich
- geringere Oxidationswirkung bezüglich Cr(III) -> evtl. zusätzliche Einrichtung notwendig

Anodenwerkstoffe für Chromelektrolyte:

Chromelektrolyttyp	Kruzzeichen	platinierteres Titan
schwefelsauer (nur auf Schwefelsäurebasis)	PbSb2 PbSb5 PbSn6	geeignet
mischsauer (Schwefelsäure/Flußsäure)	PbSn6 PbSn2Ag2 (*)	nicht geeignet (Alternative: platinierteres Niob)
fluoridfrei (z.B. SurTec 875)	PbSn6 PbSb5	geeignet

Bem.: Die Zahl hinter dem Element entspricht dem jeweiligen Massenanteil in %.
In der Praxis wird der PbSn-Typ als preisgünstigste Variante bevorzugt verwendet.

(*) vor allem bei Einschleppung von Chlorid bevorzugt zu verwenden -> Ausfällung als Silberchlorid

Chromelektrolyte, Hart- und Glanzchrombäder, setzen sich zusammen aus:

- Chromtrioxid
- Fremdsäure
- Chrom (III)
- Netzmittel

Chromtrioxid / Chromsäure

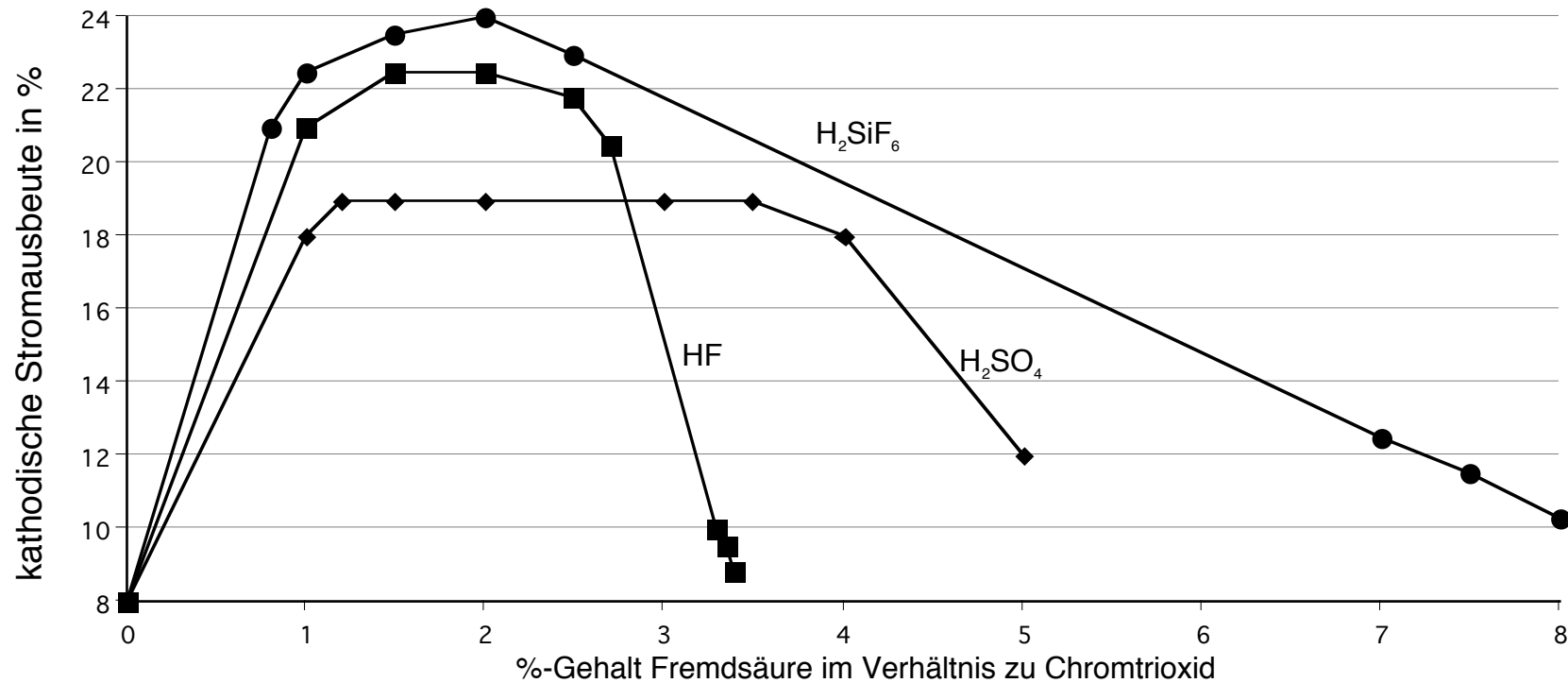
Hauptbestandteil - Metallträger

- ◇ Abscheidung aus reinen Chromlösungen ist nicht möglich
 - dichter Film von Chromchromaten an der Kathode verhindert den Zutritt von Chromanionen und deren Reduktion zu Metall
 - nur Wasserstoffbildung

Fremdsäure

- ◇ Um eine technisch brauchbare Chromschicht zu erhalten, müssen Fremdanionen als Katalysatoren (Fremdsäure), im ganz bestimmten Verhältnis zur Chromsäure, zugegeben werden
- ◇ Wirksame Fremdsäuren
 - H_2SO_4 (Schwefelsäure)
 - HF (Fluorwasserstoffsäure)
 - H_2SiF_6 (Kieselfluorwasserstoffsäure)
 - Gemisch von Schwefelsäure und Kieselfluorwasserstoffsäure bzw. deren Salze

- ◇ Der Fremdsäuregehalt beträgt 1,0 - 2 % bezogen auf das im Elektrolyten enthaltene Chromtrioxid. Mit diesem Fremdsäuregehalt hat der Chromsäureelektrolyt die höchste Stromausbeute und damit die größte Abscheidungs geschwindigkeit



- ◇ die Stromausbeute ist je nach Fremdsäure unterschiedlich und steigt in der Reihenfolge
 - H₂SO₄ - HF - H₂SiF₆ an.

- ◇ Vorteile von Chrombädern mit den Fremdanionen Fluorid, Silicofluorid und Gemische dieser Salze mit Sulfat:
 - höherer Wirkungsgrad erzielbar
 - höhere anwendbare Stromdichte
 - sehr harte Chromüberzüge
 - der Stromdichtebereich für die Glanzabscheidung des Chroms ist beträchtlich erweitert
 - Deckfähigkeit und Tiefenstreuung sind stark verbessert

- ◇ Nachteile dieser Chrombäder:
 - korrosive Wirkung auf Wannen und Anoden
 - bei partieller Verchromung - Unterwanderung durch den Elektrolyten
 - empfindlicher gegenüber Verunreinigungen

Chrom (III)

- ◇ geringe Mengen an Cr^{3+} verbessern die Tiefenstreuung
- ◇ in der Regel wird beim Neuansatz Reduktionsmittel (SurTec 870 R, Oxalsäure, Weinsäure, Zucker etc.) zugegeben, um Cr^{6+} zu Cr^{3+} zu reduzieren
- ◇ Cr^{3+} entsteht an der Kathode durch Reduktion von Cr^{6+}
- ◇ an der Anode oxidiert Cr^{3+} zu Cr^{6+}
- ◇ der Cr^{3+} - Gehalt wird durch die Anodenfläche gesteuert
 - ist die Anodenfläche im Verhältnis zur Kathodenfläche zu klein (oder Anoden passiv), steigt der: Cr^{3+} - Gehalt an. Ab ca. > 6g/l (Glanzchrom) oder ca. > 10 g/l (Hartchrom):
 - Aussehen der Chromüberzüge verändert sich
(im niedrigen Stromdichtebereich braune Flecken)
 - Glanzstromdichtebereich wird enger
 - Verringerung der Deckfähigkeit
 - bei weiterem Ansteigen von Cr^{3+} ist eine glänzende Abscheidung gar nicht mehr möglich

Netzmittel

- ◇ durch die starke Gasentwicklung an der Anode und Kathode werden Elektrolyttropfen mit in die Atmosphäre gerissen
 - Badnebel sind stark korrosiv und
 - für Menschen giftig / krebserregend / sensibilisierend / ätzend

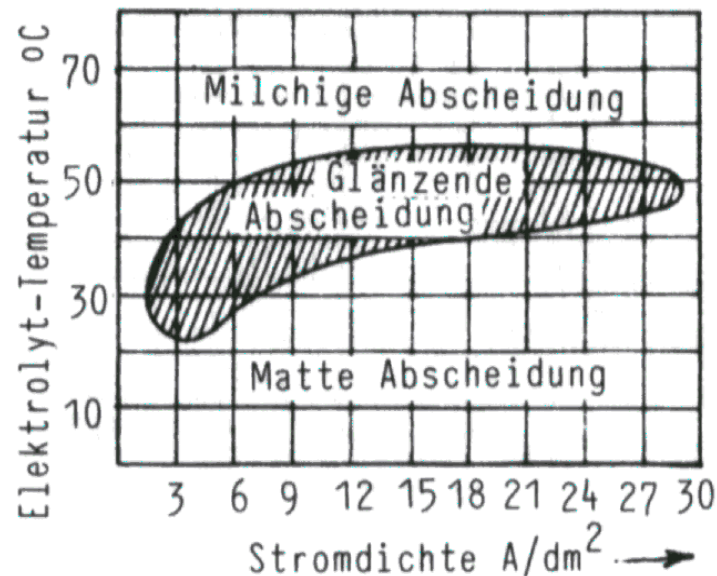
- ◇ zur Verringerung der Badnebel und zur besseren Abspülbarkeit werden Netzmittel eingesetzt
 - Netzmittel setzt die Oberflächenspannung herab
 - es bildet sich eine Schaumdecke

3. Badparameter

- 3.1. Einfluß der Badparameter auf die Abscheidungsbedingungen
- 3.2. Hartchrombad SurTec 875
- 3.3. Glanzchrombad SurTec 871

3.1 Einfluß der Badparameter auf die Abscheidungsbedingungen

- ◇ Der Abscheidungsbereich glänzender und harter Chromüberzüge ist verhältnismäßig eng und von der Stromdichte und der Temperatur abhängig.
- ◇ außerhalb dieses Bereiches werden graue, matte und spröde oder milchig matte und weiche Chromschichten abgeschieden



Die Lage und Größe des Glanzbereiches ist bei verschiedenen Chromelektrolyten unterschiedlich, aber stets von ähnlicher Form.

Glanzbereich der Chromabscheidung in Abhängigkeit von Stromdichte und Temperatur (Schraffierter Bereich)

	Chromsäure	Temperatur	Stromdichte
höhere Stromausbeute	+	+	+
bessere Deckfähigkeit	+	-	+
kleinere Anbrennungsgrenze	+	+	-
bessere Tiefenstreuung	#	+	+
höhere Härte	-		+

+ hoch - niedrig

Die Tiefenstreuung ist abhängig von der Leitfähigkeit des Elektrolyten

Bei höheren Chromsäuregehalten verbessert sich die Tiefenstreuung

> 300 g/l CrO₃ nimmt die Tiefenstreuung allmählich wieder ab

3.2 Hartchrombad SurTec 875

Das Hartchromverfahren SurTec 875 besteht aus zwei Produkten:

SurTec 875 A: (Ansatzlösung) 50 Gew% CrO₃ + Katalysator + SurTec 870 AK
Schwefelsäure wird separat zugegeben

SurTec 875 V: (Verbrauchslösung) 50 Gew % CrO₃ + Katalysator + SurTec 870 AK

Beispiele für einen Neuansatz:

Sollgehalt in g/l CrO₃ · 2 = Zugabemenge in g/l SurTec 875 A

Soll 120 g/l CrO₃ = 240 g/l SurTec 875 A

Soll 180 g/l CrO₃ = 360 g/l SurTec 875 A

Soll 250 g/l CrO₃ = 500 g/l SurTec 875 A

◇ Badparameter (Praxiswerte):

SurTec 875 A:	200 - 500 g/l
Sulfat:	1 - 2 % vom Chromsäuregehalt
Temperatur:	55 - 65 °C
Spannung:	ca. 6 - 8 V
Stromdichte:	ca. 50 - 60 A/dm ²

◇ Hilfsanoden werden bei sehr stark profilierten Teilen eingesetzt.

◇ Abblendungen werden verwendet

- ◇ Instandhaltung:
- SurTec 875 V entsprechend nach CrO₃ Analyse ergänzen
 - H₂SO₄ wird bei Bedarf separat zugegeben bzw. wenn der Sulfat-Gehalt zu hoch ist, muß das Sulfat mit BaCO₃ ausgefällt werden

◇ Umstellung:

- eine Umstellung von Wettbewerbshartchrombädern (auch fluoridhaltige Bäder) ist möglich
- bei sehr hohen Metallverunreinigungen (10 - 15 g/l) ist eine Umstellung nicht mehr sinnvoll
- nach Umstellungsanalyse im Hause SurTec wird der Katalysator von einem SurTec Servicetechniker zugegeben und ggfs. Ca(OH)_2 und/oder BaCO_3

◇ Vergleich zu Wettbewerbsverfahren:

- Wettbewerbsverfahren arbeiten in der Regel bei 250 g/l CrO_3
- SurTec 875 hat trotz dem geringeren CrO_3 - Gehalt eine vergleichbare bis bessere Deckfähigkeit und Abscheidungsgeschwindigkeit.
- Der Glanzgrad und die Schichteigenschaften sind vergleichbar mit den Wettbewerbsverfahren.

3.3 Glanzchrombad SurTec 871 (Praxiswerte)

CrO ₃ :	200 - 280 g/l
Sulfat:	1 - 1,5 g/l = 25 - 37 ml/l SurTec 871 I
Fluorid:	ca. 0,2 g/l = 25 ml/l SurTec 871 II
SurTec 870 AK (Netzmittel):	2,5 ml/l

Temperatur:	28 - 35 °C
Spannung:	ca. 5 V
Expositionszeit:	ca. 5 min
Schichtdicke:	0,3 - 0,8 µm

- ◇ Hilfsanoden werden nur noch bei sehr stark profilierten Teilen eingesetzt.
- ◇ Ablendungen werden verwendet.

◇ Instandhaltung:

- CrO₃ wird entsprechend nach Analyse ergänzt
- SurTec 871 II und SurTec 870 AK nach Verschleppung
- Verbrauch SurTec 871 I gering bis gar nicht:
 - durch Sulfat-Einschleppungen von CrO₃ (sollte max. 800 ppm Sulfat enthalten)
 - und / oder
 - durch Sulfat-Einschleppungen aus den Nickelbädern
- Ist der Sulfatgehalt zu hoch, muß das Sulfat mit BaCO₃ ausgefällt werden

◇ Vergleich zu Wettbewerbsverfahren:

- der Wettbewerb arbeitet überwiegend mit höheren Chromsäuregehalten und mit höheren Temperaturen
- der Glanzgrad (abhängig von der Ni-Zwischenschicht) und die Farbe ist vergleichbar
- die Deckfähigkeit und die Tiefenstreuung ist besser als vom Wettbewerb

4. Schichteigenschaften

Chromüberzüge sind:

- glänzend mit bläulich weißer Farbe
- hart
- glatt
- unmagnetisch

Chromüberzüge haben:

- eine gute Verschleißbeständigkeit und Abriebfestigkeit
- hohe Zugspannungen, sind daher wenig duktil und stark reißempfindlich bei mechanischer Beanspruchung (z. Bsp. biegen, verformen)
- ein gutes Reflexionsvermögen

Auf Chromüberzügen bildet sich, bereits unter Einwirkung des Luftsauerstoffs:

- eine dünne, dichte Oxidhaut, ohne das metallische Aussehen zu verändern
 - dadurch löst sich die Schicht erst bei etwa 1,3 V auf
 - dadurch haben Chromüberzüge eine geringe Benetzbarkeit, Klebeneigung (Antihafteffekt)
 - dadurch sind sie anlaufbeständig bis ca. 500 °C
 - dadurch sind sie nicht lötfähig
 - dadurch sind sie schlecht leitfähig

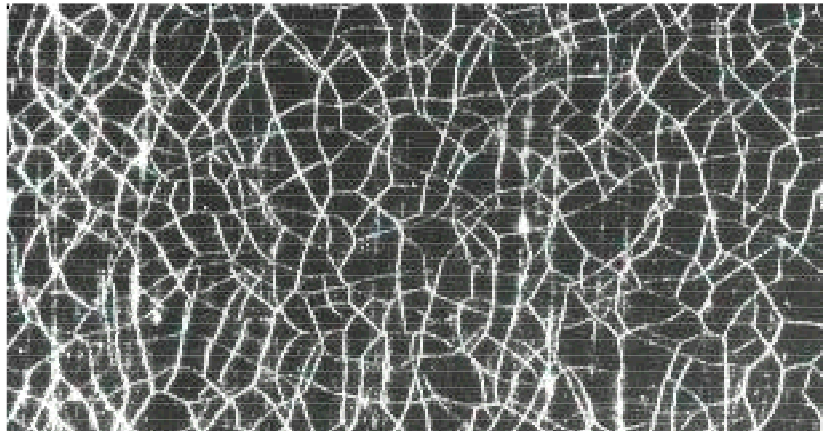
Chrom ist

beständig gegen	weniger beständig gegen	nicht beständig gegen
org. Säuren	Flußsäure	Salzsäure
Phosphorsäureverbindungen	Schwefelsäure	Chloridverbindungen
Salpetersäureverbindungen		
Alkalien #		

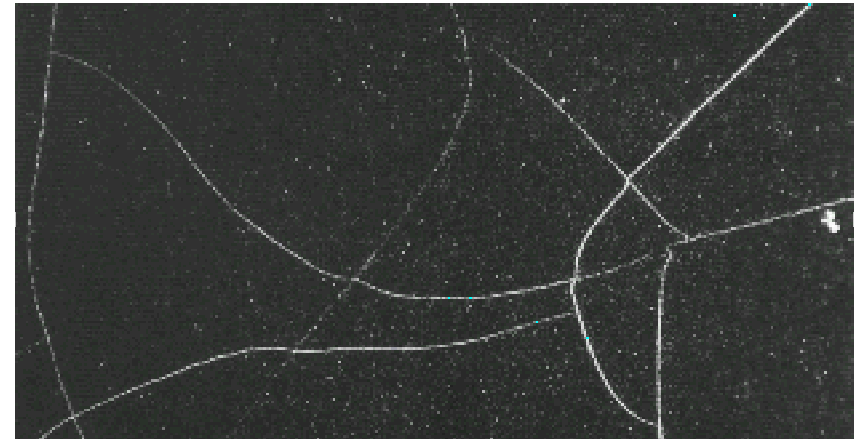
in Alkalien läßt sich der Chromüberzug anodisch ablösen

Rißbildung der Chromüberzüge

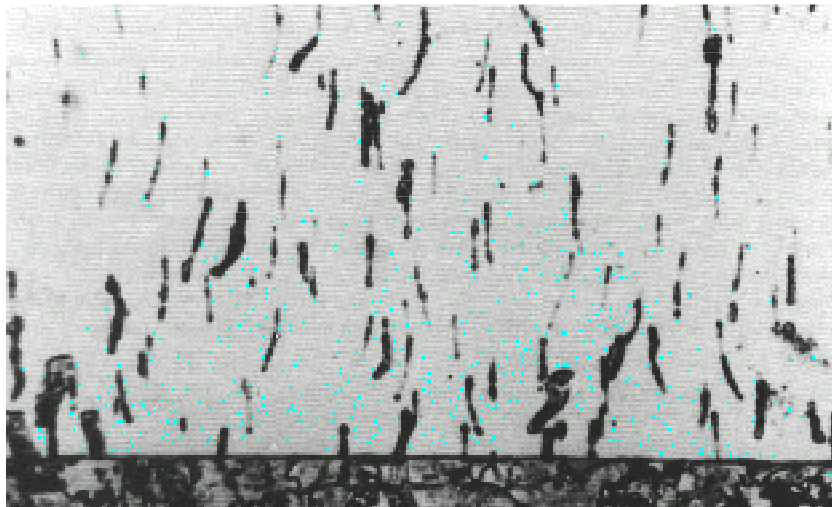
- beim Verchromen bilden sich, infolge der starken Wasserstoffabscheidung an der Kathode, überwiegend Chromhydride
- Chromhydride haben ein hexagonales Gitter; bei ihrem Zerfall entsteht jedoch kubisch raumzentriertes Chrom, das ein geringeres Volumen einnimmt als das Chromhydrid
- die Volumenverminderung hat sehr hohe innere Spannungen zur Folge - der Metallfilm reißt ab einer gewissen Schichtdicke auf
- über der nun spannungsarmen Chromschicht wächst während des Verchromens eine neue spannungsreiche Schicht, die schließlich wieder aufreißt
- bei dickeren Schichten liegen somit mehrere rissige Schichten übereinander
- ab ca. 20 μm Schichtdicke überdecken sich die Risse soweit, dass sie nicht mehr bis auf das Grundmetall gelangen (mikrorissige Chromüberzüge)



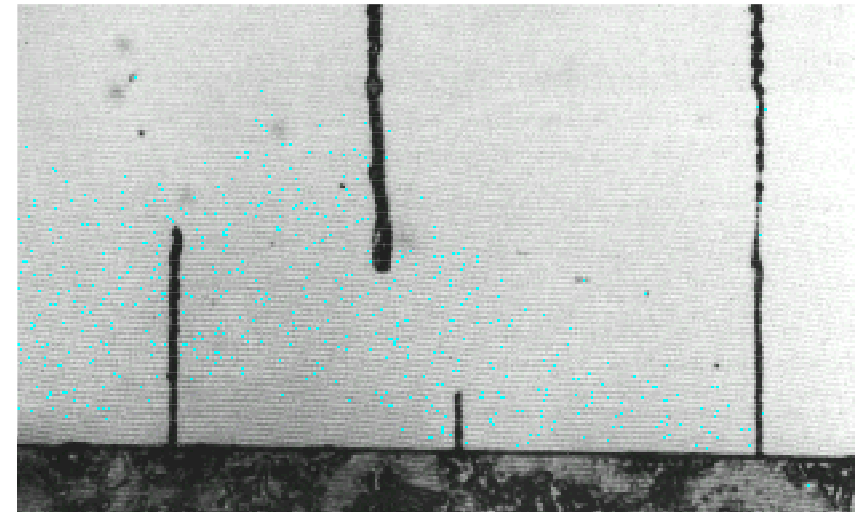
Rißnetzwerk (mikrorissig) eines Chromüberzuges mit mehr als 300 Risse/cm (Vergrößerung 200:1)



Rißnetzwerk (makrorissig) eines Chromüberzuges mit weniger als 50 Risse/cm (Vergrößerung 200:1)



Schliffbild eines Hartchromüberzuges mit vielen kurzen Rissen (Vergrößerung 1000:1)



Schliffbild eines Hartchromüberzuges mit wenigen langen Rissen (Vergrößerung 1000:1)

normale Glanzchrombäder weisen	10 - 20 Risse / cm auf
mikrorissiges Chrom hat etwa	400 - 800 Risse / cm

- Mikrorisse Chromschichten haben einen wesentlich besseren Korrosionsschutz als makrorissige Chromüberzüge:
 - ab ca. 20 μm überdecken sich die Risse soweit, dass sie nicht mehr bis auf das Grundmetall gelangen
 - infolge des günstigeren Verhältnisses von anodischen zu kathodischen Oberflächenbezirken ist bei korrodierenden Einwirkungen eine gute Korrosionsbeständigkeit gegeben
- Eine Abscheidung rißfreier Chromüberzüge ist möglich, allerdings haben auch diese Schichten noch hohe innere Spannungen und reißen nachträglich auf (Makro-Risse).

Hartchrom SurTec 875

Die Bezeichnung Hartchrom ist irreführend, da es nur ein Metall Chrom gibt, welches sowohl aus Glanzchrombädern wie aus Hartchrombädern abgeschieden wird. Beide Chromschichten haben die gleiche Härte, sie unterscheiden sich lediglich durch ihre Schichtdicke.

Anwendung:

- Verschleißschutz
- Abriebbeständigkeit
- Härte
- Gleitfähigkeit
- Schichtdicken: 1 μm - mehrere Millimeter

SurTec 875

Härte:	900 - 1100 HV
Risse:	ca. 400 Risse / cm - nach dem Schleifen 400 - 600 Risse / cm
Glanzgrad:	gut

Glanzchrom SurTec 871

dekorative Anwendung (Dekorativ-Chrom)

0,3 - 1,0 μm Schichtdicke

bei dieser Schichtdicke bietet das Chrom nur sehr geringen Korrosionsschutz

daher werden Schichtsysteme: Ni / Cr oder Cu / Ni / Cr abgeschieden

porenfreie Nickelüberzüge schützen das Grundmetall

Korrosionsprüfung: Corrodokote-Verfahren nach DIN 50958

5. Analytik und Badkontrolle

- 5.1. Analysen für Hartchrombäder
- 5.2. Methoden zur Badeinstellung für Hartchrombäder
- 5.3. Analysen für Dekorativchrombäder
- 5.4. Badeinstellung für Dekorativchrombäder
- 5.5. Fehleranalyse

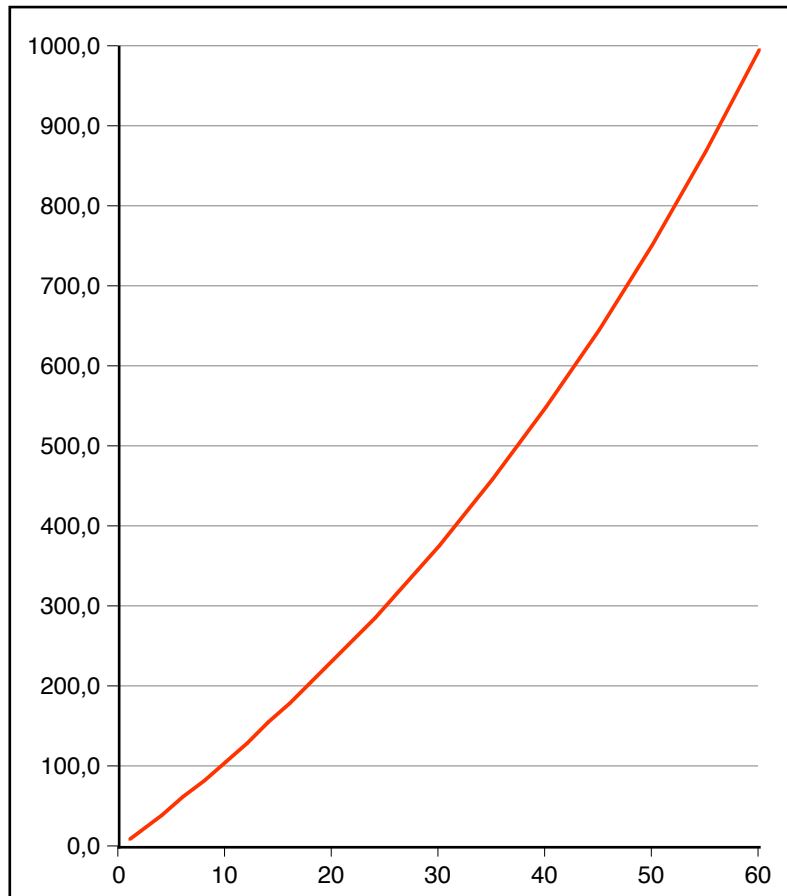
5.1. Analysen für Hartchrombäder

Chromsäurebestimmung:

- Reagenzien: konz. Salzsäure, Kaliumiodid, 0,1 N Natriumthiosulfatlösung, 1%ige Stärkelösung (frisch angesetzt)
- Durchführung: 10 ml Bad im 500 ml Meßkolben mit VE-Wasser auffüllen. Davon 10 ml in einen 250 ml Erlenmeyerkolben pipettieren, mit VE-Wasser auf 100 ml verdünnen, 10 ml konz. Salzsäure und 2 g Kaliumiodid zugeben. Mit 0,1 N Thiosulfatlösung bis zur schwachen Gelbfärbung titrieren, dann Zusatz von 3 Tropfen Stärkelösung und bis zur Entfärbung titrieren.
- Berechnung: Verbrauch in ml \cdot 16,67 = g/l CrO₃

Bei automatischer Titration ist die Zugabe von Stärkelösung nicht nötig; der Endpunkt wird mit einer Platinelektrode festgestellt.

Chromsäurebestimmung über die Baddichte:



Chromsäuregehalt		Dichte
in %	in g/l	in g/ml
1	10,1	1,006
2	20,3	1,014
4	41,2	1,030
6	62,7	1,045
8	84,8	1,060
10	107,6	1,076
12	131,2	1,093
14	155,4	1,110
16	180,3	1,127
18	206,1	1,145
20	232,6	1,163
22	259,8	1,181
24	288,0	1,200
26	317,2	1,220
28	347,2	1,240
30	378,0	1,260
35	459,6	1,313
40	548,4	1,371
45	645,8	1,435
50	752,5	1,505
55	869,6	1,581
60	997,8	1,663

Chrom-III-Bestimmung

- Reagenzien: Natronlauge 10 %, H₂O₂ 30 % konz. Salzsäure, Kaliumiodid, 0,1 N Natriumthiosulfatlösung, 1%ige Stärkelösung (frisch angesetzt)
- Durchführung: Gleiche Verdünnung wie zur Cr-VI Bestimmung: 10 ml Bad im 500 ml Meßkolben mit VE-Wasser auffüllen. Davon 10 ml in einen 250 ml Becherglas pipettieren, 50 ml VE-Wasser und Natronlauge bis ca. pH 10 zugeben (Farbe schlägt dabei um). Ca. 0,3 ml H₂O₂ zugeben und die Lösung 30-40 min kochen. Das überschüssige H₂O₂ muß vollständig verkocht sein. Die Verdampfungsverluste am Ende wieder auffüllen und die abgekühlte Lösung mit 10 ml konz. Salzsäure ansäuern (muß danach orange gefärbt sein). 2 g Kaliumiodid zugeben, mit 0,1 N Thiosulfatlösung bis zur schwachen Gelbfärbung titrieren, dann Zusatz von 3 Tropfen Stärkelösung und bis zur Entfärbung weitertitrieren.
- Verbrauch in ml = b
- Berechnung: Verbrauch für CrO₃-Bestimmung in ml = a
(b - a) · 8,7 = g/l Cr (III)

Sulfatbestimmung:

Bestimmung durch Fällung und Titration

- Reagenzien: konz. Salzsäure, Ethanol, 3%ige Bariumchloridlösung, konz. Ammoniaklösung, 0,1 N EDTA-Lösung, Eriochromschwarz-T-Indikator (1%ige Verreibung mit NaCl), 0,1 N Zinkchloridlösung.
- Durchführung: 20 ml Bad in ein 250 ml Becherglas pipettieren, mit VE-Wasser auf 150 ml verdünnen, 20 ml konz. Salzsäure und 30 ml Ethanol zugeben. Die Lösung zur Reduktion der Chromsäure 10 min kochen. 10 ml Bariumchloridlösung in die siedende Lösung tropfen. Den entstandenen Niederschlag in der Wärme absetzen lassen, nach 30 min über ein Blaubandfilter abfiltrieren und mit warmer verd. Salzsäure chrom- und bariumfrei waschen. Filter in 200 ml einer Lösung aus **exakt** 20 ml 0,1 N EDTA und 20 ml konz. Ammoniak in VE-Wasser aufnehmen und 30 min kochen. In die abgekühlte Lösung 20 ml konz. Ammoniak und eine Spatelspitze Indikator geben und den EDTA-Überschuß mit 0,1 N Zinkchloridlösung von blau nach rot zurücktitrieren.
- Berechnung: $(20 - \text{Verbrauch in ml}) \cdot 0,4805 = \text{g/l SO}_4^{2-}$
- Korrektur: Erhöhung: Zugabe der fehlenden Menge mittels Schwefelsäure
Ausfällen von 0,1 g/l: Zugabe von 0,2 g/l BaCO₃

Sulfatbestimmung durch Abzentrifugieren

- Reagenzien: HCl, konz., BaCl₂ - Lösung, 15 % (150 g BaCl₂ x 2 H₂O / l)
- Durchführung: In zwei graduierte Zentrifugengläser werden 20 ml Badprobe und 2,5 ml HCl, konz. eingefüllt. Bei der Bestimmung in Chrombädern kann es auch ohne Zugabe von Bariumchlorid zur Niederschlagsbildung kommen; durch Zentrifugieren (eine Minute bei ca. 1000-1500 U/min) wird dieser abgesetzt und das Volumen abgelesen. Zugabe von 1,0 ml BaCl₂ - Lösung, Zentrifugenglas mit einem Stopfen verschließen, gut mischen und 2 Minuten stehen lassen. Anschließend eine Minute bei ca. 1000-1500 U/min abzentrifugieren und das Niederschlagsvolumen ablesen. Da Niederschlagsbildung und Absetzverhalten etwas variieren können, sollten zwei Bestimmungen **nacheinander** durchgeführt werden.
- Berechnung: Da die Graduierungen von Zentrifugengläsern unterschiedlich sein können, muß vor der ersten Messung eine Eichung der Gläser durchgeführt werden. Dazu wird eine Standardlösung hergestellt, entsprechend der Vorschrift behandelt und abzentrifugiert.
- Standardlösung: Durch Lösen von 6,247 ml 1N (0,5 M) H₂SO₄ (Titrino) in 100 ml VE - Wasser kann eine Testlösung mit 3,00 g/l Sulfat hergestellt werden.

Fremdmetalle (Fe, Cu, Ni)

Bestimmung per Atomabsorptions-Spektrometrie (AAS):

Je nach Fremdmetallgehalt ist eine geeignete Verdünnung zu wählen und gegen einen passenden Eichstandard zu vergleichen.

Beispiel bei ca. 10 g/l Eisen im Bad:

10 ml Bad auf 100 ml im Meßkolben verdünnen, davon 5 ml entnehmen und auf 500 ml im Meßkolben auffüllen. Mit der Standardlösung von 10 ppm vergleichen.

Hartchrom-Katalysator

Bestimmung nur mit Ionenchromatographie möglich, gegen eine Standardlösung. (Diese Bestimmung ist nicht im SurTec-Labor möglich, sondern wird von uns an ein externes Analytikinstitut gegeben.)

Hullzellentest

Zur Überprüfung der Deckfähigkeit und der Anbrennungsgrenze des Bades.

250 ml Badprobe werden auf Arbeitstemperatur gebracht, in eine Porzellan-Hullzelle mit platinierter Titananode gegeben und evtl. auf der Heizplatte auf Temperatur gehalten.

Ein frisch vernickeltes Hullzellblech (in einem Becherglas mit dem dort vorhandenen Elektrolyten parallel beschichtet, mit 3-5 A für 5 min) wird in die Chrom-Hullzelle gegeben und mit 5 A für 5 min beschichtet (Strom langsam hochfahren).



HEEF

SurTec 875

Bestimmen der Stromausbeute

In einem 600 ml Becherglas mit eingepaßter Rundanode aus platinierem Titan werden 500 ml des Elektrolyten auf Arbeitstemperatur gebracht. Ein Metallstab wird mit exakt 60 A/dm² beschichtet, bis 1800 As geflossen sind (2,5 min).

Der Glanzgrad der abgeschiedenen Hartchromschicht wird beurteilt, auf Anbrennungen am unteren Stabende wird geachtet, dann wird die Schicht in 5 %iger Natronlauge wieder quantitativ aufgelöst: In einen 100 ml Standzylinder werden ca. 90 ml NaOH gegeben, der Stab wird exakt in der Mitte einer Rundkathode fixiert und mit 2 A wird 20 min lang alles Chrom abgelöst.

Die Lösung wird quantitativ in ein 250 ml Becherglas überführt und mit 15 ml HCl (konz.) angesäuert, abkühlen gelassen und titriert: Zugabe von 2 g KI, mit 0,1 N Na-Thiosulfatlösung bis zur leichten Gelbfärbung titrieren, dann Zugabe von einigen Tropfen Stärkelösung und bis zur Entfärbung titrieren.

Berechnung der Stromausbeute:

$$\frac{0,1 \text{ mol} \cdot \text{ml Thiosulfat} \cdot 96485 \text{ As/mol} \cdot 6 \cdot 100 \%}{1000 \text{ ml} \cdot 60 \text{ A} \cdot 150 \text{ s} \cdot 3} = \text{Stromausbeute}$$

kurz: $\text{ml Thiosulfat} \cdot 1,0756 = \text{Stromausbeute}$

5.2. Methoden zur Badeinstellung für Hartchrombäder

Versuchsaufbau zur Bestimmung der Stromausbeute:



5.3. Analysen für dekorative Glanzchrombäder

Chromsäure, Sulfat, Chrom-III und Fremdmetalle werden bestimmt wie bei Hartchrombädern.

Fluoridbestimmung

- Geräte: Fluoridsensitive Elektrode (z. B. Metrohm 6.0502.150)
Ag/AgCl/KCl-Bezugselektrode (z. B. Metrohm 6.0726.100)
pH-Meter mit mV-Anzeige (ggf. Adapter für die Elektroden)
3 PE-Becher (100 ml) und 3 PE-Meßkolben (100 ml)
Magnetrührer und 3 kleine Teflonrührkerne
- Reagenzien: Chromsäure (reinst), 50%ige Lsg. SurTec 871 II, 45%ige Natronlauge
- Durchführung: Probenvorbereitung: 50 ml Bad in einen 100 ml PE-Becher pipettieren, mit Natronlauge auf pH 7 einstellen (Fremdmetalle fallen als Hydroxide aus und stören nicht weiter). Zwei 50 ml Vergleichsproben mit gleichem Chromsäuregehalt wie das Bad ansetzen. Zur Vergleichsprobe a) 1 ml und zur Vergleichsprobe b) 4 ml der 50%igen Lösung von SurTec 871 II geben. Beide Vergleichsproben mit Natronlauge auf pH 7 einstellen. Alle drei Proben quantitativ in je einen 100 ml PE-Meßkolben überführen, in kaltes Wasser stellen und auf Raumtemperatur abkühlen lassen. Anschließend mit VE-Wasser auffüllen und gut durchmischen.

Potentialmessung (Temperatur aller Proben muß gleich sein!):
Ca. 50 ml von Vergleichsprobe a) zurück in den PE-Becher geben. Mit einem Teflonrührkern auf dem Magnetrührer langsam rühren (Einstellung merken). Beide Elektroden eintauchen und das Potential U1 in mV am pH-Meter ablesen und notieren. Elektroden mit VE-Wasser abspülen und die Potentiale in den anderen beiden Proben (zuerst Badprobe: UB, dann Vergleichsprobe b): U2) wie beschrieben messen und notieren.

Berechnung: $\frac{U_B - U_1}{U_2 - U_1} \cdot 0,2865 = \text{g/l Fluorid (Näherungsformel)}$

$$0,0760 \cdot \exp\left(\frac{U_B - U_1}{U_2 - U_1} \cdot 1,386\right) = \text{g/l Fluorid (exakte Formel)}$$

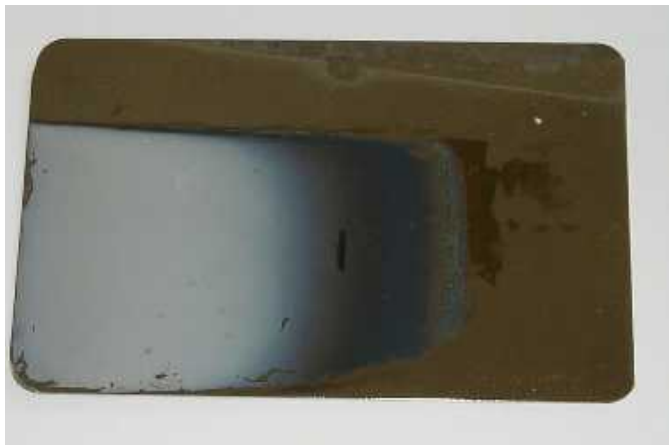
Korrektur: Erhöhung um 0,1 g/l = Zugabe von 13 ml/l SurTec 871 II

5.4. Badeinstellung für dekorative Glanzchrombäder

Hullzellentest

250 ml Badprobe werden auf Arbeitstemperatur gebracht, in eine Porzellan-Hullzelle mit platinierter Titananode gegeben und evtl. auf der Heizplatte auf Temperatur gehalten.

Ein frisch vernickeltes Hullzellblech (in einem Becherglas mit dem dort vorhandenen Elektrolyten parallel beschichtet, mit 3-5 A für 5 min) wird in die Chrom-Hullzelle gegeben und mit 3 A für 3 min beschichtet (Strom langsam hoch- und herunterfahren).



Extremer Sulfatmangel



Sulfatmangel

optimaler Sulfatgehalt



Fehlertabelle für Chromverfahren

Erkennbarer Fehler	Mögliche Ursache	Fehlerbehebung
schlechte Deckfähigkeit	Sulfatgehalt zu hoch	mit 0,2 g/l Bariumcarbonat werden 0,1 g/l Sulfat ausgefällt
	Anfangsstromdichte zu gering	Deckstrom für 10-20 s verwenden (ca. das 1,5 fache der normalen Stromdichte)
	Temperatur zu hoch	Temperatur auf 55 °C einstellen
Chromschicht ist matt, spröde, an den Kanten rauh	Temperatur zu niedrig	Temperatur auf 35 bzw. 60 °C erhöhen
	Stromdichte zu hoch	Stromdichte auf 10 bzw. 50 A/dm ² einstellen
Chromschicht matt, rauh	Metallgehalt zu gering	Zusatz von 20 g/l Chromsäure
Blasen, schlechte Haftfestigkeit	schlecht entfettet	Vorbehandlung und deren Dauer überprüfen
Glanzintervall stark eingengt	Cr-III Gehalt zu hoch	Durcharbeiten mit kleiner Kathoden- und großer Anodenfläche
		Kontakte überprüfen
schlechte Streuung der Schicht	mangelhafte Kontaktierung	Oberflächenberechnung überprüfen, Stromdichte erhöhen
	Stromdichte zu gering	
	Warenträger ist zu dicht behängt, Teile blenden sich gegenseitig ab	Abstand der Teile voneinander überprüfen, Anoden-Kathodenabstand vergrößern
keine Abscheidung in Durch- brüchen und Bohrungen	zu starke Gasentwicklung dort	Bohrungen mit Blei oder PVC verschließen
milchige Schleier	Chlorid-Verunreinigung	Zugabe von Silbercarbonat (entsprechend Vorversuchen)

Weitere Fehlermöglichkeiten speziell bei dekorativen Glanzelektrolyten

Erkennbarer Fehler	Mögliche Ursache	Fehlerbehebung
mausgraue Flecken	zu niedriger Sulfatgehalt	Analyse und Zugabe von entsprechender Menge SurTec 871 I
dunkler Übergang von Chrom zu Nickel	Mangel an Fluoridkatalysator SurTec 871 II	Analyse oder Hullzelltest und entsprechende Zugabe an SurTec 871 II
Blasen, schlechte Haftfestigkeit	ungenügende Vorbehandlung/ Aktivierung	Überprüfen der Vorbehandlung, längere/aggressivere Aktivierung
schlechte Deckfähigkeit	Verunreinigungen im Ni-Elektrolyt bei korrekter Sulfatmenge, Temperatur und Deckstrom: Fremdmetalle im vorgelagerten Nickelbad	Kontrolle des vorgeschalteten Nickelbades Komplexieren der Fremdmetalle im Ni-Bad

6. Praxiserfahrung

6.1. Chromverfahren

6.2. Elektrodialyse

SurTec 871

Glanzchromverfahren im Einsatz bei LKS Kronenberger in Seligenstadt.

Kunde bescheinigt folgende Vorteile seit der Umstellung:

- bessere Streufähigkeit des Elektrolyten
- dadurch keine Hilfsanoden mehr erforderlich
- vergleichsweise einfache Badführung:
 - Chromsäure- und Sulfatgehalt im Labor von LKS
 - SurTec 871 II nach Hullzellentest / monatlich eine Analyse mit fluoridsensitiver Elektrode im Analytiklabor von SurTec
- gleichbleibende Beschichtungsqualität

SurTec 875

Stromausbeuten in verschiedenen Installationen: 16,3 - 20,4 %

Beispiel: Im Einsatz bei COFAP / Portugal.

Vergleich zu bisher eingesetztem HEEF-Elektrolyten:

Parameter	HEEF	SurTec 875
Chromsäuregehalt	180 g/l	105 g/l
Sulfatgehalt	1,2-1,3 g/l	1,2 g/l
Betriebstemperatur	min. 60°C	ab 55°C
Schichtdicke 58 A/qdm , 143 min.	82 +/- 12 μm	94 +/- 8,5 μm -> + 14%

Ergebnisse: Haftung: gut
 Mikrorisse (soll 400-500/cm): ~ 465 Risse/cm
 Härte: (soll min. 800 HV): ~ 960-1040 HV

Bevorzugte Arbeitsgänge bei der Hartverchromung:

1. 1-5 Minuten anwärmen (stromlos) im anodischen Ätzbad.
2. Anodisches Ätzen ca. 20-30 Sekunden bei 30 A/qdm und ca. 55°C
3. 1-5 Minuten stromloses anwärmen im Hartchromelektrolyten - unter kathodischem "Schutzpotential" von ca. 2 V
4. Langsames Hochregeln des Stromes von 0 auf den Arbeitsstrom
5. Hartverchromung auf die gewünschte Schichtdicke, z.B. bei 55-60°C und 50 A/qdm

Für geometrisch komplizierte Teile:

- Hilfsanoden
- Abblendungen aus Kunststoff oder Metall wg. Anbrennungen/Aufwachsungen

Trotz optimaler Prozeßführung/Anlagentechnik werden Teile in der Regel auf Übermaß verchromt und nachträglich auf Paßmaß fertiggearbeitet (z.B. geschliffen).

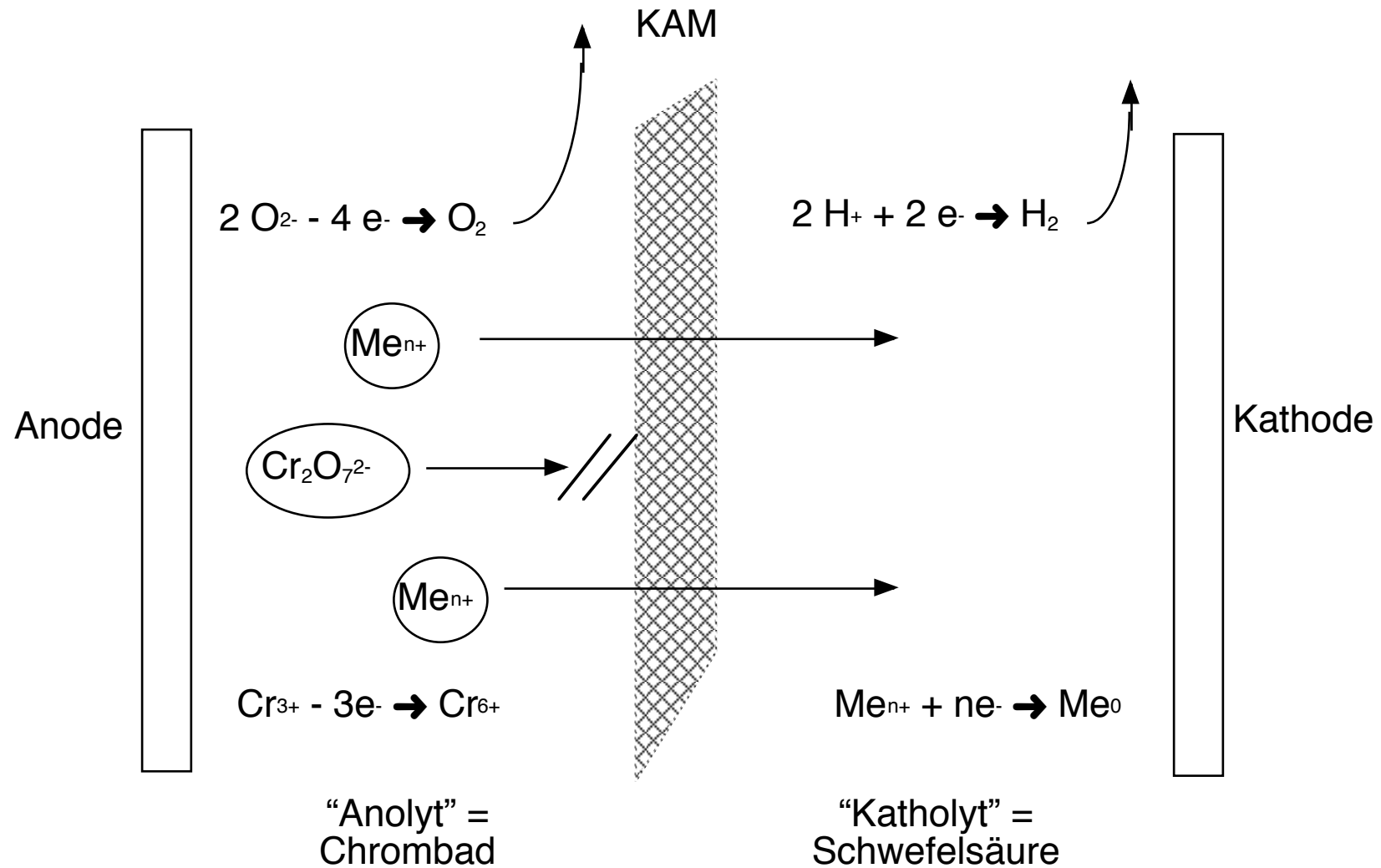
Elektrodialyse zur Chrombadregeneration:

- Oxidation von Cr(III) zu Cr(VI)
- Reduzierung von Fremdmetallen
- Wiederverwendung des Elektrolyten

Funktionsprinzip:

- Membrantrennprozeß im elektrische Feld mit Kationenaustauschermembran (KAM)
- Im Elektrolyten befindet sich die Anode (PbO_2), die Cr(III) zu Cr(VI) oxidiert
- Fremdmetalle wandern durch Memnbran in Katholyten (verd. Schwefelsäure)
- Chrom(VI) liegt als Anion vor (Chromate) und wird durch KAM im Elektrolyten gehalten
- Je nach Ausführung Durchlauf- oder Chargenbehandlung

Schematische Funktionsweise der Elektrodialyse:



Vorteile der Einrichtung einer kontinuierlichen Anlage:

- Konstanthalten des Fremdmetallanteils bei geringen Konzentrationen
- Konstanthalten des Cr(III)-Anteils durch Regulierung des Durchsatzes
- Fahrweise mit platinieren Titananoden möglich
- gleichbleibende Schichtqualität, Schichteigenschaften
- Keine Erhöhung des Chromsäuregehaltes mit zunehmendem Badalter nötig

Rentabilität der Elektrodialyseanlage:

Die reinen Energiekosten für die Reduzierung des Fremdmetallanteils auf 1/5 der Ausgangskonzentration belaufen sich auf ca. 550 DM/m³ Chrombad.

Dem entgegen entstehen für die Entsorgung und den Neuansatz von 1 m³ Kosten in Höhe von ca. 2000 DM.

Je nach Kosten der Elektrodialyseanlage amortisiert diese sich folglich nach der Regeneration von 10-30 m³ Chrombad.

Verschiedene Firmen bieten auch die Möglichkeit kleinere mobile Anlagen zu mieten.

7. Zusammenfassung

Vortragsinhalte:

- Verfahren, Anwendungen, Verfahrenstechniken
- Abscheidungsreaktionen, Anodenprozesse, Anoden
- Elektrolytzusammensetzungen
- Verfahrensparameter in der Praxis
- Schichteigenschaften, Parameter, Einflußgrößen
- Analytik, Prozeßführung
- Praxisbeispiele als Bestätigung der Laborergebnisse

SurTec 875 und SurTec 871

- einfache Prozeßführung aufgrund einfacher Analysen per Titration und Hullzelle
- qualifizierte technische Unterstützung zu den Verfahren von Laborseite
- positive Praxiserfahrungen