

**Positionspapier des
Zentralverbandes Oberflächentechnik e.V. (ZVO)
zum Thema**

**DEKORATIVE GLANZVERCHROMUNG UND
FUNKTIONELLE CHROMÜBERZÜGE
IN DER DEUTSCHEN GALVANOTECHNIK**



Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Präambel	3
2	Überblick zum Element Chrom	4
2.1	Natürliches Vorkommen, Zustandsformen des Elementes Chrom und seiner Verbindungen	4
2.1.1	Dreiwertiges CHROM Cr(III)	4
2.1.2	Sechswertiges Chrom Cr(VI)	4
2.1.3	Metallisches CHROM Cr⁰	4
2.2	Zustandsformen des Elementes Chrom, in elektrochemisch hergestellten Schichten	4
3	Elektrochemische Verfahren zur Abscheidung metallischen Chroms	5
3.1	Allgemeines	5
3.2	Dekorative Glanzverchromung	5
3.3	Funktionelle Hartverchromung	6
3.4	Umwelt- und arbeitsschutzrechtliche Aspekte	7
3.4.1	Stoffkreislaufführung	7
3.4.2	Arbeitsschutzrechtliche und arbeitshygienische Gesichtspunkte im Umgang mit sechswertigem Chrom	8
3.4.3	Sechswertiges Chrom im Abwasser	8
3.5	Wirtschaftliche Bedeutung der elektrochemischen Verchromung	8
3.5.1	Allgemeines	8
3.5.2	Dekorative Verchromung	9
3.5.2.1	Unternehmen, Beschäftigte und BIP in Deutschland	9
3.5.3	Funktionelle Hartverchromung	10
3.5.3.1	Situation im industriellen Maschinen- und Anlagenbau	10
3.5.3.2	Anwendungsbeispiel	10
3.5.3.3	Unternehmen, Beschäftigte und BIP in Deutschland	11
3.5.3.4	Branchenvielfalt	12
3.6	Schlussbetrachtung	13
3.7	Literaturangaben	13

1 Präambel

Die Galvano- und Oberflächentechnik ist eine wichtige Schlüssel- und Querschnittstechnologie und damit einer der Motoren des technischen Fortschritts.

Innerhalb der Galvanotechnik bilden Überzüge aus Chrom und Chromverbindungen einen besonderen Schwerpunkt, mit wachsender wirtschaftlicher Bedeutung.

In der Chemie wird zwischen sechswertigem, dreiwertigem und metallischem Chrom unterschieden.

Die Diskussionen über die Umweltverträglichkeit von sechswertigem Chrom, die wegen der politischen Brisanz nicht mehr nur in den Fachgremien geführt werden, haben zu sachlichen Fehleinschätzungen von metallischem Chrom geführt.

Sinn und Inhalt dieses Positionspapiers zum Thema Chrom ist es daher, über die Verwendung des Metalls Chrom und seiner technischen Bedeutung in der Oberflächentechnik zu berichten. Es ist aber auch zu differenzieren zwischen Chrom als essentiellm Spurenelement und potentiellen Gefahren, die mit der Verwendung von Chrom bestehen oder nicht bestehen. Mit vorliegender Dokumentation sollen die sachlichen Fehleinschätzungen beim metallischen Chrom korrigiert werden.

2 Überblick zum Element Chrom

2.1 Natürliches Vorkommen und Zustandsformen des Elementes Chrom und seiner Verbindungen

Chrom ist mit 0,02 % am Aufbau der Erdkruste beteiligt, überwiegend in Form von Chrom(III)-Verbindungen, und ist somit allgegenwärtig. In dieser dreiwertigen Form stellt Chrom ein essentielles Spurenelement dar und regelt im menschlichen Körper viele wichtige Funktionen. Der Mensch hat einen Tagesbedarf an dreiwertigen Chromverbindungen von ca. 65 Mikrogramm (μg), den er über seine Nahrung decken sollte. Chrommangel kann u.a. Diabetes verursachen.

Weitere Zustandsformen des Elementes Chrom sind neben dem erwähnten dreiwertigen Chrom das sechswertige Chrom sowie metallisches Chrom.

Zwischen der dreiwertigen und der sechswertigen Zustandsform besteht auch in der Natur ein chemisches Gleichgewicht. In natürlicher Umgebung mit Wasser und Luftsauerstoff wird stets ein Anteil des Chroms als sechswertiges Ion neben dem dreiwertigen Ion vorliegen.

2.1.1 Dreiwertiges Chrom Cr(III)

Die dreiwertige Zustandsform ist die stabilste Form, sie ist daher wenig reaktiv. Dreiwertiges Chrom ist nicht zellgängig. Darin ist auch die **Unbedenklichkeit** des dreiwertigen Chroms gegenüber menschlichem und tierischem Erbgut bzw. Gewebe begründet. Von dreiwertigem Chrom ausgehende Allergien sind nicht bekannt.

2.1.2 Sechswertiges Chrom Cr(VI)

Chrom ist in dieser Oxidationsstufe chemisch sehr reaktiv. Das sechswertige Chrom weist ein sehr hohes Oxidationspotential auf. Dieses ist so nachhaltig, dass dadurch menschliches Gewebe und Erbgut verändert werden kann. Sechswertiges Chrom ist zellgängig und als gefährlicher Arbeitsstoff klassifiziert (mutagen und kanzerogen).

2.1.3 Metallisches Chrom Cr⁰

Metallisches Chrom ist wie jedes Metall ladungsneutral. Es bildet sofort nach der Herstellung eine Passivschicht aus und verhält sich, ähnlich wie Edelmetalle, nicht reaktiv. Negative Auswirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt sind nicht bekannt. Metallisches Chrom und seine Legierungen werden in der Medizin- und Lebensmitteltechnik in großem Umfang eingesetzt.

2.2 Zustandsformen des Elementes Chrom, in elektrochemisch hergestellten Schichten

Von den unter 2.1 dargestellten drei möglichen Zustandsformen des Elementes Chrom kommen in der galvanotechnischen Fertigung die beiden positiv geladenen Zustandsformen, das sechswertige und das dreiwertige Chrom, als Ausgangsstoffe zur Anwendung. Dekorative und funktionelle Chromüberzüge weisen ausschließlich Chrom als Metall ohne drei- oder sechswertige Verbindungen auf.

3 Elektrochemische Verfahren zur Abscheidung metallischen Chroms

3.1 Allgemeines

Bei diesen Verfahren werden die zu beschichtenden Bauteile in eine Lösung, die sechswertiges und/oder dreiwertiges Chrom enthält, eingebracht. Durch elektrochemische Reduktion wird metallisches Chrom abgeschieden.

Als Ergebnis dieses Beschichtungsprozesses ist an der Bauteiloberfläche ausschließlich metallisches Chrom vorhanden.

Die elektrochemischen Verfahren zur Abscheidung von metallischem Chrom finden in der dekorativen Glanzverchromung und der funktionellen Hartverchromung ihre Hauptanwendungsgebiete.

3.2 Dekorative Glanzverchromung

Unter der dekorativen Glanzverchromung versteht man Chromüberzüge, die eine Schichtstärke von ca. 0,1 bis 3,0 Mikrometer (μm) aufweisen. Diese Chromüberzüge werden überwiegend auf Glanznickelschichten aufgebracht, um die Korrosion der Nickelüberzüge entscheidend zu verzögern.

Von industrieller und technischer Bedeutung sind folgende positive Eigenschaften:

- Hohe Härte und Verschleißbeständigkeit
- Optisch attraktiv, hohes Design-Potential
- Langlebig glänzend und beständig
- Recyclingfähig und toxikologisch unbedenklich
- Hygienische, leicht zu reinigende Oberfläche

Glanzchromüberzüge werden überwiegend aus Lösungen abgeschieden, die sechswertiges Chrom enthalten. Um die beabsichtigten Eigenschaften entwickeln zu können, benötigen Glanzchromüberzüge eine gleichmäßig ausgebildete Struktur. Diese Struktur äußert sich in Form eines Rissnetzwerkes oder einer Porosität, die elektrochemisch nur aus sechswertigen Chromprozessen abgeschieden werden kann.

Die dekorative Glanzverchromung findet ihren Einsatz in folgenden Industrien:

- Sanitär
- Automobil
- Motorrad und Zweirad
- Möbel und Konsumgüter

Dekorative Chromschichten können auch in Prozessen aus dreiwertigen Chromverbindungen hergestellt werden. Vorteilhaft erweist sich die verbesserte Deckfähigkeit der Verfahren im Vergleich zum sechswertigen Prozess. Die Eigenschaften der Chromschichten unterscheiden sich jedoch erheblich. So ist u.a. die geringere Härte Ursache für eine verminderte Lebensdauer beschichteter Produkte. Des Weiteren besitzen diese Verfahren zu ihrer Stabilisierung den Nachteil des Einsatzes starker organischer Komplexverbindungen und zum Teil auch von Chloriden. Chloridhaltige Elektrolyte produzieren Chlorgas an den Anoden. Die Stoffkreislaufschließung ist mit dreiwertigen Verfahren nicht möglich. Die Abwasservorbehandlung und die Einhaltung bestehender Anforderungen werden dadurch

erheblich erschwert. Verfahren auf Basis dreiwertiger Chromverbindungen haben sich daher nicht durchsetzen können.

3.3 Funktionelle Hartverchromung

Bei der funktionellen Hartverchromung wird das metallische Chrom in Schichtstärken von 3 – 5000 Mikrometern (μm) elektrochemisch abgeschieden. Diese Schichten weisen eine hohe Härte und Korrosionsbeständigkeit auf. Sie werden aus diesem Grunde als Verschleiß- und Korrosionsschutz in allen Industriebereichen des Maschinen- und Automobilbaus eingesetzt.

Von industrieller und technischer Bedeutung sind weitere positive Eigenschaften:

- reibungsarm und tribologisch vorteilhaft
- antiadhäsiv
- mechanisch bearbeitbar
- chemisch beständig
- thermisch belastbar
- recyclingfähig und toxikologisch unbedenklich
- optisch ansprechender, metallischer Glanz

In der Kombination ihrer Eigenschaften stellt die funktionelle Hartverchromung eine alternativlose Schlüsseltechnologie für viele Anwendungen dar. Hier die Auswahl einiger Beispiele:

- Bei abrasivem Verschleiß im Kontakt mit mineralischen Stoffen wie bei
 - Steineherstellung
 - Betonpumpen
 - landwirtschaftliche Geräte
 - erdbewegende Fahrzeugen
- Bei abrasivem Verschleiß im Umgang mit Fasern, wie bei
 - Herstellung und Verarbeitung von Papier
 - Textilherstellung
- Tribologisch anspruchsvolle Funktion bei der Herstellung von Stahl, als Auskleidung für Kokillen und Walzenbeschichtung
- Korrosionsschutz, in Kombination mit Verschleißschutz auf allen Arten von Hydraulik-Laufflächen
- Thermische Belastung und Tribologie auf Kolbenringen und Zylindern im Innern von Verbrennungsmotoren
- Tribologische Funktion und Korrosionsschutz, preiswerte Oberfläche für Stoßdämpfer an Fahrzeugen

- Antiadhäsive Eigenschaften auf Werkzeugen und Formen bei der Herstellung von Folien und Kunststoffen
- Verschleißschutz und chemische Beständigkeit auf Pressplatten, zur Herstellung von Laminat- Fußböden und Holzwerkstoffen

Der elektrochemische Beschichtungsprozess für diese Oberflächen zeichnet sich aus durch:

- niedrige Bearbeitungstemperatur
- unbegrenzte Schichtstärken
- reversibler auftragender Prozess
- geeignet für Großbauteile
- kostengünstige Beschichtung
- prozesssicher und gut automatisierbar
- überwiegend geschlossene Stoffkreisläufe

Zusammenfassend ist festzustellen, dass alle Bereiche industrieller Produktion die technischen Vorzüge der funktionellen Hartchromschicht nutzen. Hartchrom ist integrativer Bestandteil moderner Industriefertigung. Hartchrom ist in den wichtigsten Anwendungen, technisch und wirtschaftlich, ohne Alternative.

3.4 Umwelt- und arbeitsschutzrechtliche Aspekte

3.4.1 Stoffkreislaufführung

Die für den elektrochemischen Verchromungsprozess eingesetzten sechswertigen Chromverbindungen unterliegen folgenden Reaktionen und Abläufen:

- Reduktion zum metallischen Chrom als beabsichtigte Reaktion
- Austrag aus dem Prozessbehälter in die Spülen
- Austrag aus dem Prozessbehälter über die Abluft und deren Reinigung
- Regeneration oder stoffliche Verwertung

Zur Verminderung von Verlusten und zur Vermeidung von Umweltbelastungen wird der Austrag von Chromsäure mit den Spülwässern in die Verchromungsstufe zurückgeführt und damit die Verdunstungsverluste des Elektrolyten ausgeglichen. Für die funktionelle Hartverchromung ist in den meisten Fällen eine vollständige Rückführung möglich.

Die dekorative Glanzverchromung erlaubt bei Einsatz von Konzentratoren, wie z.B. Verdampfer oder Verdunster, auch eine vollständige Rückführung.

Wird der Verchromungsprozess als geschlossenes System betrieben, reichern sich bei den verschiedenen Anwendungen metallische Verunreinigungen in nicht tolerierbaren Mengen an. Der Chromelektrolyt muss dann ersetzt werden, wenn keine geeigneten Regeneriermaßnahmen vor Ort anwendbar sind. Für den Fall des erforderlichen Austausches kann der verbrauchte Elektrolyt extern stofflich verwertet und recycelt werden.

3.4.2 Arbeitsschutzrechtliche und arbeitshygienische Gesichtspunkte im Umgang mit sechswertigem Chrom

Bei der elektrochemischen Abscheidung des metallischen Chroms entstehen Aerosolnebel, die als gereinigte Abluft abgeführt werden müssen. Präventive Maßnahmen dienen dem Arbeits- und Umweltschutz. Zur sicheren und kontinuierlichen Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen am Arbeitsplatz und in der Umwelt werden in den Betrieben folgende Maßnahmen umgesetzt, überwacht und dokumentiert:

- jährlich wiederkehrende sicherheitstechnische Unterweisung
- Rauch-, Ess- und Trinkverbote am Arbeitsplatz für die Mitarbeiter, die mit sechswertigem Chrom in Kontakt kommen können
- regelmäßige und wiederkehrende Raumluftmessungen, ausgeführt durch die zuständigen Berufsgenossenschaften/Gewerbeaufsichtsämter
- Überprüfung von Leistung und Funktion der Abluftsysteme
- jährliche Gesundheitsuntersuchungen der Mitarbeiter

Die Umsetzung sämtlicher Maßnahmen führt zu dem Ergebnis, dass weder Mitarbeiter noch Umwelt mit sechswertigem Chrom in Kontakt kommen. Dadurch wird eine Belastung von Mensch und Umwelt sicher vermieden.

Die fachgerechte Verwendung des sechswertigen Chroms als Einsatzstoff der elektrochemischen Chrombeschichtung stellt keine Gefahrenquelle dar.

3.4.3 Sechswertiges Chrom im Abwasser

Die mit metallischem Chrom beschichteten Bauteile werden nach der Verchromung aus dem Chromelektrolyten herausgehoben und anschließend in mehrstufigen Gegenstrom-Spülkaskaden gereinigt. Das Spülwasser-Elektrolytgemisch wird, soweit es nicht zum Ausgleich der Verdunstungsverluste genutzt werden kann, der Abwasservorbehandlung unterzogen. Durch Reduktion des sechswertigen Chroms in die dreiwertige Form wird die Fällung als Chromhydroxid durchgeführt, bevor das gereinigte Abwasser über die Kanalisation der kommunalen Abwasseranlage zugeführt wird.

Zum Schutz der Umwelt und des Öko-Systems Wasser/Gewässer, hat der Gesetz- und Verordnungsgeber sehr niedrig bemessene Abwassergrenzwerte erlassen. Dieser liegt für das sechswertige Chrom bei <0,1 Milligramm pro Liter (mg/l) und ist mit der zur Verfügung stehenden Verfahrenstechnik sicher einzuhalten, so dass durch die Anlagentechnik keine Beeinträchtigungen der Umwelt und des kostbaren Rohstoffes Wasser entstehen können.

3.5 Wirtschaftliche Bedeutung der elektrochemischen Verchromung

3.5.1 Allgemeines

Industriell hergestellte Bauteile aus Eisen- und NE- Metallen weisen auf Grund der verwendeten Werkstoffe oft nur ungenügende funktionelle bzw. dekorative Eigenschaften auf. Dies gilt z.B. für Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit oder für Optik und Glanz. Erst durch aufgebraute Beschichtungen erhalten sie ihre Eignung für den funktionellen oder für den dekorativen Einsatz.

Eine solche Beschichtung stellt die elektrochemische Chrom-Abscheidung dar, die sowohl funktionell bedeutungsvolle als auch dekorativ ansprechende Schichten erzeugt. Das elektrochemisch abgeschiedene metallische Chrom steigert durch seine hohe Härte bei funktionellen Oberflächen den Verschleißwiderstand, verbessert gleichzeitig die Korrosionsbeständigkeit eines Bauteils maßgeblich und erhöht damit dessen Lebensdauer. Ebenso vermag es durch sein edles, silbrig glänzendes Aussehen, die optische Wirkung eines dekorativen Bauteils wesentlich zu verbessern.

3.5.2 Dekorative Glanzverchromung

Die dekorative Verchromung stellt die bevorzugte Endoberfläche für eine Mehrheit von galvanisierten Konsum- und Ausrüstungsgütern dar. Qualitativ und wirtschaftlich erreichen alternative Oberflächen nicht die benötigten Eigenschaften. Der wirtschaftliche Nutzen besteht, bei vergleichbar kleinem Aufwand, in der optisch attraktiven Oberfläche mit sehr hoher Härte, chemischer Beständigkeit und toxikologischer Unbedenklichkeit. Dadurch ist eine lange Gebrauchsdauer der beschichteten Güter gewährleistet. Als Beispiel sei hier die Verwendung der dekorativen Verchromung von Mischarmaturen in der Sanitärindustrie genannt. Selbst bei intensivem gewerblichen Einsatz und bei Verwendung von abrasiven Reinigungsmitteln schützt diese Chromoberfläche über Jahrzehnte hochwertige Wasserhähne und ähnliche Güter. Die dekorative Chromoberfläche trägt damit zur Schonung von Ressourcen bei.

Bei alternativ beschichteten Oberflächen, z.B. aus dreiwertigen Verchromungs-Prozessen bzw. bei Lacken, beträgt die Gebrauchsdauer nur einen Bruchteil dieser Lebensdauer.

3.5.2.1 Unternehmen, Beschäftigte und BIP in Deutschland

In Deutschland werden in ca. 650 Betrieben Verfahren mit sechswertigen Chromelektrolyten zur dekorativen Verchromung eingesetzt. Die Verchromung stellt zumeist den letzten Schritt in einer Reihe von Beschichtungsprozessen dar.

Durchschnittlich beschäftigen diese Betriebe jeweils ca. 50 Mitarbeiter. Somit sind ca. 32 500 Arbeitsplätze unmittelbar und zum Teil auch mittelbar mit der dekorativen Verchromung in Deutschland verbunden.

Bei einem Umsatz von ca. 65.000,00 € pro Mitarbeiter entspricht dies einem gesamtwirtschaftlichen Volumen von 2,1 Mrd. €.

Sollte durch Veränderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen eine dekorative Verchromung in Deutschland künftig nicht mehr möglich sein, würden voraussichtlich 80% der gesamtwirtschaftlichen Summe, also ca. 1,7 Mrd. €, dem deutschen Wirtschaftsraum verloren gehen.

Zusammen mit der dekorativen Verchromung würden auch vorgeschaltete Fertigungsschritte in Regionen vorteilhafterer Rahmenbedingungen abwandern, zumal die Einfuhr dekorativ verchromter Güter wegen der toxikologischen Unbedenklichkeit des metallischen Chroms keinen Beschränkungen unterliegen würde. Hochwertige und absolut unbedenkliche Oberflächen würden ersatzweise importiert, da dann in Deutschland nur noch mit alternativen Verfahren minderwertigere Chromschichten produziert werden könnten.

3.5.3 Funktionelle Hartverchromung

3.5.3.1 Situation im industriellen Maschinen- und Anlagenbau

Die Situation im produzierenden Gewerbe ist, wie in allen anderen Bereichen der deutschen und europäischen Wirtschaft, durch permanenten Kostendruck und gleichzeitig steigenden Qualitätsanforderungen seitens der Abnehmer gekennzeichnet. Im industriellen Maschinen- und Anlagenbau werden Bauteile aus ökonomischen Gründen aus einfachen, d.h. großtechnisch verfügbaren und fertigungstechnisch problemlos verarbeitbaren Werkstoffen, wie zum Beispiel Werkzeugstählen, Gusswerkstoffen oder Aluminiumlegierungen, hergestellt. Diese Materialien können sowohl kostengünstig als auch in ausreichender Menge am Markt zunehmend als Recycling-Material erworben werden. Sie stellen einerseits an die mechanischen Fertigungsverfahren wie Drehen, Fräsen und Bohren keine besonderen Herausforderungen. Andererseits können sie jedoch nicht die an industriell produzierte Maschinenbauteile gestellten hohen Eigenschaftsprofile und Qualitätsanforderungen erfüllen. Die Folge ist, dass diese Werkstoffe in dieser Form industriell und großtechnisch alleine nicht genutzt werden können und somit ihre technischen und wirtschaftlichen Vorteile dem Markt nicht zur Verfügung stehen.

Die Lösung für das beschriebene Problem, zwischen ökonomischer Fertigung einerseits und hohem technischem Anforderungsprofil andererseits, liefert die moderne Beschichtungstechnik. Sie kombiniert die Anwendung kostengünstiger, weil problemloser und in großtechnischem Maßstab verfügbarer Werkstoffe mit nachträglich aufgebrachtene Oberflächenbeschichtungen. Diese funktionellen Beschichtungen verleihen dem Bauteil alle geforderten technischen Leistungsmerkmale. Ihre Auswahl orientiert sich am Anforderungsprofil an das fertige Werkstück, zum Beispiel in puncto Verschleiß-, Abrieb- und Korrosionsbeständigkeit, an der Bauteilgröße und an der Stückzahl.

So hat sich die technisch-funktionelle Hartverchromung seit Jahrzehnten als galvanische Beschichtungstechnik für erhöhten Verschleiß-, Abrieb- und Korrosionsschutz bewährt. Das mittels galvanotechnischer Prozesse auf der Bauteiloberfläche abgeschiedene metallische Chrom verleiht den ansonsten für den technischen Einsatz nicht geeigneten Grundwerkstoffen alle notwendigen Eigenschaften. Für die Vielseitigkeit und die breite industrielle Akzeptanz der galvanischen Beschichtungstechnologie Hartchrom seien Beispiele wie Kolbenstangen von Stossdämpfern und Hydraulikzylindern, Zylinder aus der Druckindustrie, Umformwerkzeuge, Förderrohre, Laufflächen und Kolbenringe von Verbrennungsmotoren, abrasiv belastete Bauteile in der Textilindustrie oder Walzen für die Stahlherstellung genannt.

3.5.3.2 Anwendungsbeispiel

In der Praxis sieht die oben angeführte Verknüpfung von wirtschaftlicher Fertigung in der industriellen Produktion und die Erfüllung der technischen Anforderungsprofile durch die moderne galvanische Beschichtungstechnik, am Beispiel eines Zylinders aus der Druckindustrie dargelegt, wie folgt aus:

Zylinder für Druckmaschinen werden in Dimensionen von typischerweise 1200 mm Länge und 600 mm Durchmesser, bei einem Stückgewicht von ca. 1000 kg, aus einem handelsüblichen Gusswerkstoff kostengünstig hergestellt. Die technischen Anforderungen an den Druckzylinder beziehen sich darauf, dass der Zylinder im Einsatz keine

Korrosionserscheinungen und keine geometrischen Veränderungen durch Verschleiß und Abrieb aufweisen darf.

Diese Vorgabe gilt sowohl für die Maßhaltigkeit, denn nur die Einhaltung der exakten Zylindermaße erlaubt die hohe Rotations- und Druckgeschwindigkeit einer Druckmaschine, als auch für die Mikrostruktur, die sogenannte Topographie, der Oberfläche. Zusätzlich darf das zu bedruckende Papier in seinen Eigenschaften, hinsichtlich Bedruckbarkeit und Benetzbarkeit, durch Verschleiß- und Abriebprodukte von der Zylinderoberfläche nicht negativ beeinflusst werden. Keine dieser elementaren Anforderungen an einen Zylinder in einer Druckmaschine können vom eingesetzten kostengünstigen Gusswerkstoff erfüllt werden.

Aus diesem Grunde ist eine nachträgliche Beschichtung des Gusswerkstoffes erforderlich, die der Zylinderoberfläche alle für den Einsatz wichtigen und somit von ihr zu leistenden Eigenschaften verleiht. Im konkreten Fall erhält der Zylinder der Druckmaschine durch die galvanisch aufgebraute Hartchromschicht mit einer Gesamtschichtstärke von nur 250 Mikrometer (μm), entsprechend 0,25 Millimeter (mm), alle relevanten technischen Eigenschaften und ist anschließend in der Lage, die abrasiven Beanspruchungen durch die scharfkantigen Papierbögen, selbst in millionenfacher Auflage, jahrelang zu bestehen.

Ein Vergleich der Dimensionen zeigt die ansonsten verborgene Leistungsfähigkeit und technische Bedeutung einer Hartchromoberfläche. So verleihen die oben genannten 0,25 mm Schichtstärke Hartchrom einem Druckzylinder mit einem Durchmesser von 600 mm alle technischen Eigenschaften wie Verschleiß-, Abrieb- und Korrosionsfestigkeit. Prozentual ausgedrückt bestehen ca. 0,04 % des gesamten Druckzylinder- Durchmessers aus einer Hartchrombeschichtung, und nur diese Zehntel-Promille gewährleisten die Funktionsfähigkeit und die lange Lebensdauer. Die „restlichen“ ca. 99,96 % des Gesamtdurchmessers aus dem Gusswerkstoff gefertigt, stellen „lediglich“ den geometrischen Grundkörper dar.

Die Leistungsfähigkeit und technische Bedeutung der galvanischen Hartverchromung wird zusätzlich durch ihre Wirtschaftlichkeit untermauert. Sie zählt dadurch im Kosten-Nutzen-Verhältnis zu den effektivsten und vielseitigsten Beschichtungstechniken überhaupt.

3.5.3.3 Unternehmen, Beschäftigte und BIP in Deutschland

Dem Zentralverband Oberflächentechnik e.V. (ZVO) sind 285 Betriebe in Deutschland bekannt, die funktionelle Hartverchromung als Dienstleistungs- oder als InHouse- Fertigung durchführen. Der ZVO geht davon aus ca. 80% der existenten Unternehmen zu kennen. Somit dürfte die Gesamtzahl etwa 350 Betriebe betragen.

Je Betrieb stehen durchschnittlich circa 30 Arbeitsplätze in direktem Zusammenhang mit der funktionellen Verchromung. Daraus resultieren 10.500 direkt Beschäftigte. Bei einem durchschnittlichen Umsatz von 80.000 € pro Mitarbeiter, errechnet sich für die funktionelle Hartverchromung in Deutschland ein gesamtwirtschaftliches Volumen von jährlich 840 Mio. €.

Bei vorsichtiger Schätzung beträgt der Anteil der Hartverchromung ca. 5% der gesamten Wertschöpfung bei Herstellung industrieller hartverchromter Bauteile. Die übrigen Produktionsprozesse sind untrennbar mit der Beschichtung verbunden, so dass sich ein BIP von 16,8 Mrd. € als Summe der direkt und indirekt mit der Hartverchromung in Verbindung stehenden Wertschöpfung errechnet. Setzt man die gleichen relativen Verhältnisse, 5%

direkt, 95% indirekt, auch für die Beschäftigtenzahlen voraus, so ergibt sich eine Summe von 210.000 Arbeitsplätzen, die direkt und indirekt mit der funktionellen Hartverchromung in Deutschland verbunden sind.

Der ZVO geht davon aus, dass der deutsche Anteil am EU-Hartchrommarkt etwa 30% beträgt.

3.5.3.4 Branchenvielfalt

Die funktionelle Hartverchromung ist eine auf weite Bereiche der Wirtschaft angewandte Fertigungstechnik. Daher wird sie als eigenständige Branche nicht wahrgenommen. Die Hartverchromung ist nicht nur unverzichtbarer Bestandteil für den Bereich Maschinenbau, sondern ist auch in folgenden Industriebereichen ohne Alternative:

Druckindustrie:

45 Betriebe der Druckindustrie in Deutschland, hierzu gehören die Verlage aller großen Zeitschriften, müssen täglich die funktionelle Hartverchromung im eigenen Haus durchführen. Auflagen für Zeitschriften und Kataloge, von über 100.000 Exemplaren, im Tiefdruckverfahren, erfordern hartverchromte Zylinder.

Automobilindustrie:

Stoßdämpfer, Kolbenringe, Bremskolben, Motorventile und moderne Einspritzdüsen-Systeme sind heute nur mit der funktionellen Hartverchromung bei den Systemlieferanten herstellbar.

Weitere Industriezweige:

Stahlindustrie, Bergbauindustrie, Textilindustrie, Papierindustrie, Münzprägung, Wehrtechnik und Luftfahrtindustrie sind weitere bedeutende Abnehmerbereiche funktioneller Hartchrom-Beschichtungen.

3.6 Schlussbetrachtung

Trotz massiver Anstrengungen innerhalb und außerhalb der Branche, gleichwertige Alternativen zu finden, ist es nicht gelungen Oberflächen zu produzieren, die auch nur annähernd die vielfältigen positiven Eigenschaften der Hartchromschicht aufweisen. In einzelnen Eigenschaften übertreffen Vakuumtechniken (PVD, CVD), Nitrierung oder Flammsspritzen die funktionelle Hartverchromung, nicht aber in Summe ihrer Eigenschaften. Entscheidender Vorteil der funktionellen Hartchromschichten sind neben den technischen Eigenschaften die Herstellkosten. Selbst Großbauteile können kostengünstig bearbeitet werden, verglichen mit dem Aufwand, der zum Beispiel für Vakuumtechniken betrieben werden muß.

Damit deckt die funktionelle Hartverchromung ein sehr viel breiteres technisches und wirtschaftliches Spektrum von Anwendungen ab, als es jede Alternative tun könnte.

3.7 Literaturangaben

Modern Plating, Fourth Edition, Mordechai Schlesinger & Milan Paunovic, Copyright 2000 by John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-16824-6

BIA-Report 1/2002, Gefahrstoffliste 2002, BIA-Report 1/2003, Grenzwerteliste HVBG Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften

Periodensystem der Elemente, VCH Verlag