

Die Entfettung

Grundlagen, Theorie und Praxis

von Erich Lutter
Zweite, erweiterte Auflage
mit 38 z. T. vierfarbigen Abbildungen
und zahlreichen Tabellen



EUGEN G. LEUZE VERLAG · D-7968 SAULGAU/WÜRTT.
Verlag der Fachzeitschrift „Galvanotechnik“

Vorwort zur ersten Auflage

Die Vorentfettung ist einer der wichtigsten Arbeitsgänge bei der Oberflächenbehandlung, die Herstellung einer galvanisierfähigen Oberfläche eine der wesentlichen Grundlagen für die Abscheidung hafter, gleichmäßiger und korrosionsbeständiger Überzüge.

Ich habe mich bemüht, den Entfettungsprozeß nicht separat, sondern stets unter dem Gesichtspunkt der Galvanisierbarkeit zu betrachten.

Zweck der Ausführung ist es, vermeidbare Ursachen für mögliche Fehlerquellen herauszustellen und die Zusammenhänge zwischen dem Werkstoff und den Bindungskräften der Befettung aufzuzeigen.

Bischberg, September 1975

Erich Lutter

Vorwort zur zweiten Auflage

Die fortschreitende Automatisierung und Rationalisierung bei der Metallbearbeitung hat auch zur Anpassung und Weiterentwicklung der Vorbehandlungsmittel und -verfahren geführt, auch der Umweltschutz führte zum Umdenken und zur Neuentwicklung wirtschaftlicher und entsorgungsfreundlicher Produkte. Ein besonderes Problem ist die Substituierung chlorierter Kohlenwasserstoffe durch neutrale oder alkalisch reagierende Tensidlösungen in die in den Fertigungsprozeß integrierten Reinigungsanlagen.

Bischberg, Januar 1990

Erich Lutter

1 Der Werkstoff

1.1 Der Oberflächenzustand des Werkstoffes

Einfluß von Legierungsbestandteilen

Die Metalloberfläche stellt im physikalischen und chemischen Sinn keine gleichmäßige Fläche dar. Oft lassen sich schon mit bloßem Auge Fehlstellen, wie z. B. Risse, Poren und Lunker feststellen, welche durch Kapillarwirkung Salzreste binden können und sich auch durch sorgfältige Spülung nicht restlos entfernen lassen. Bei der nachfolgenden Dekapierung können sich durch Neutralisation unlösliche Salze bilden und damit Fehlstellen bei der Galvanisierung verursachen. Gefüge- und Legierungsbestandteile mineralischer Art können die Befestigung chemisch verändern oder von dieser beeinflußt werden, z. B. die Oxide, Sulfide, Silizide und Carbide der Elemente Kohlenstoff, Aluminium, Magnesium, Mangan, Titan, Chrom und Blei.

Besonders gefährlich sind überwalzte Fehlstellen, die erst im Dekapierungsbad aufreißen, so daß eingeschlossene Ziehmittel austreten und das nachfolgende Galvanisierungsbad verunreinigen können.

Legierungsbestandteile können die Galvanisierung erheblich stören, so z. B. Bleizusätze im Messing oder Beryllium im Leitungskupfer. Sie erfordern oft aus Mischsäuren zusammengesetzte Dekapierungsbäder.

Bekannt ist das unterschiedliche Verhalten bei der Galvanisierung beruhigter und unberuhigter Stähle. Beim Erstarren der gegossenen Blöcke entweicht das in der Schmelze gleichmäßig gelöste Kohlenmonoxid und hinterläßt Hohlräume. In der schneller erstarrenden Randzone entsteht eine sehr reine, gleichmäßig zusammengesetzte „ferritische“ und im Kern eine „perlitische“ Schicht, die mit Eisen-II-oxid und Verunreinigungen angereichert ist.

Durch Zusatz von Desoxidationsmitteln (Al, Si, Ti) wird der Sauerstoff gebunden, die Bildung des Kohlenmonoxids unterbleibt und der Stahl erstarrt „ruhig“, in der Schmelze entstehen dafür die entsprechenden Metalloxide, da diese den Strom nicht oder nur schlecht leiten, bilden sie bei der Galvanisierung „Nester“.

Anzahl der Einschlüsse pro cm² Oberfläche [1]

kohlenstoffarm, unberuhigt	1 351
kohlenstoffreich, kaltgewalzt	2 669
aluminiumberuhigt	4 562

Einfluß der Rauigkeit

Im physikalischen Sinn ist die Metalloberfläche stets rau, auch durch aufwendige Vorbehandlungsverfahren lassen sich kaum Einebnungen unter $0,1\mu\text{m}$ erreichen. Dies hat zur Folge, daß die tatsächliche Oberfläche die mathematisch errechnete um etwa 200 - 300% übertrifft, in demselben Maß steigen natürlich auch die Adhäsions- und Adsorptionskräfte zwischen Werkstück und Befettung.

Die Ablösung von Mineralöl im alkalischen Entfettungsbad in Abhängigkeit von der Rauigkeit des Grundmaterials [2]

	Reinigungsgrad in %
gewalzt, je nach Oberflächengüte	97-86
fein geschliffen	83
mittel geschliffen	62
grob geschliffen	56
gesandstrahlt	14

Auch die chemische Aufrauung des Grundmaterials durch Beizen und Dekapieren kann die Entfettungswirkung erheblich beeinflussen. So sank nach denselben Angaben der Reinigungsgrad des Stahls von 97% bei normaler Dekapierungsdauer auf 17%, wenn die Dekapierung in 50 vol%iger Salzsäure bei 75°C auf 5 Min. verlängert wurde. Bei diesen Versuchen wurde die Befettung erst nach der Dekapierung vorgenommen.

Die Ablösung eines niedrigviscosen Mineralöls von hochglanzpoliertem Aluminium ergab einen Reinigungsgrad von 99%, er sank auf 89% bei aufgerauhter Oberfläche.

Es muß hierbei darauf hingewiesen werden, daß auch ein Zusammenhang zwischen Adsorption und Glanzbildung besteht und daß der Verbrauch an Einebnern, Inhibitoren, Glanzbildnern und Netzmitteln in einem direkten Verhältnis zur Rauigkeit und der tatsächlichen Oberfläche steht.

Wenn Werkstücke im Fertigungsablauf sowieso schon geschliffen werden müssen, so ist genau zu kalkulieren, ob der Wegfall eines Schleifvorgangs wirklich zu einer Verbilligung und nicht über einen erhöhten Verbrauch an organischen Zusatzmitteln zu einer tatsächlichen Verteuerung führt.

2 Die Befettung

2.1 Die inneren Bindungskräfte der Befettung

Bei der Entfettung müssen Bindungskräfte überwunden werden, diejenigen
innerhalb der Befettung : Kohäsion
zwischen Werkstoff und Befettung : Adhäsion und Adsorption

Nach dem Zusammenhalt im Molekülverbund enthält die Befettung Substanzen mit

polarer Bindung (heteropolare Ionenbindung):

Salzartige Stoffe, deren Kristallgitter durch elektrostatische Bindungskräfte zusammengehalten werden, z.B. Oxide, Sulfide, Phosphate, Chloride etc.

unpolarer Bindung (homöopolare Atombindung):

Substanzen, die durch die relativ schwachen van der Waals'schen Kräfte zusammengehalten werden, z.B. Fette, Wachse, Öle sowie organische Lösungsmittel. Vorhanden sind außerdem anorganische Schleifkörper mit dreidimensional gerichteten Raumvalenzen, z.B. Korund und verschiedene Carbide, sowie Schmier-, Zieh- und Trennmittel mit zweidimensional gerichteter Bindung, z.B. Grafit, Schwefel, Glimmer, Talk.

Die Ansicht alle diese Substanzen mit Atombindung durch ebenfalls unpolare Lösungsmittel ablösen zu wollen, muß in der Praxis versagen, weil dabei nur die inneren Bindungskräfte der Materie berücksichtigt werden. Tatsächlich übersteigen jedoch die Haftkräfte, welche die Befettung an den Werkstoff binden, die inneren Bindungskräfte um ein Vielfaches. So ist es z.B. unmöglich, wie jeder Praktiker weiß, Mischungen von Mineralöl und dispergiertem Grafit, kolloidalem Molybdändisulfid oder Schwefel durch reine Lösungsmittelentfettung zu entfernen, wenn nicht die Adhäsionskräfte durch zusätzliche Energiezufuhr oder Bewegung (Spritzdruck oder Ultraschall) überwunden werden können. Man kann also keineswegs die Entfettung nur unter den Aspekten der inneren Bindungskräfte betrachten, sondern es müssen auch die Haftkräfte zwischen Befettung und Werkstoff berücksichtigt werden.

Kohäsion

Hierbei handelt es sich um zwischenmolekulare, den Zusammenhalt der Materie bewirkende Kräfte, welche im allgemeinen in Feststoffen größer als innerhalb von Flüssigkeiten sind, so z. B. die physikalischen, durch die Massenanziehung wirkenden van der Waals'schen Kräfte.

Viscosität

Als Viscosität wird der Widerstand bezeichnet, den die Flüssigkeitsteilchen einer gegenseitigen Verschiebung entgegensetzen, die Viscosität ist also das Maß der inneren Reibung eines fließfähigen Stoffes.

Die Einheit der dynamischen Viscosität ist

$$1 \text{ P} = 1 \text{ Poise} = 1 \text{ dyn/s} \cdot \text{cm}^{-2} = 100 \text{ cP (Centipoise)}$$

oder nach Einführung des internationalen Einheitensystems:

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ Pascalsekunde}$$

Als Umrechnung gilt:

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s (Millipascalsekunde)}$$

$$1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s (Pascalsekunde)}$$

Die kinematische Viscosität berücksichtigt auch die Dichte des fließfähigen Stoffes, sie ist als Verhältnis der dynamischen Viscosität zur Stoffdichte zu definieren, ihre Einheit ist 1 Stokes

$$1 \text{ St} = 1 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$1 \text{ St} = 1 \text{ Stokes} = 100 \text{ cSt (Centistokes)}$$

Die spezifische Viscosität stellt das Verhältnis der dynamischen Viscosität des fließfähigen Stoffes zur Viscosität des Wassers bei 0° C dar.

Andere empirische Viscositätseinheiten sind:

°E = Englergrade

R[°] = Redwood-Sekunden

S[°] = Saybolt-Sekunden

Die Viscosität des Wassers, im Entfettungsbad also die äußere Phase, beträgt bei

$$15^\circ \text{ C} = 1,14 \text{ cP}$$

$$95^\circ \text{ C} = 0,30 \text{ cP}$$

Die Viscosität ist stark temperaturabhängig:

$$\text{leichtes Maschinenöl: } 15^\circ \text{ C} = 113,8 \text{ cP}$$

$$40^\circ \text{ C} = 34,2 \text{ cP}$$

$$100^\circ \text{ C} = 4,9 \text{ cP}$$

4 Entfettungsbäder, Bestandteile und Wirkung

4.1 Zusammensetzung des Abkochentfettungsbades

Die einzelnen Entfettungsvorgänge:

Umnetzung, Verdrängung und Abrolleffekt
 Zerteilung durch Dispergierung und Emulgierung
 Stabilisierung der Dispersion und Emulsion

werden von den Badkomponenten in unterschiedlicher Weise beeinflusst.

	Anor- ganische Salze	Ober- flächenaktive Netzmittel	Grenz- flächenaktive Tenside	Organische Zusatz- mittel
Benetzung	—	x	x	—
Emulgierung	—	—	x	—
Dispergierung	x	x	x	x
Verseifung	x	—	—	x
Schmutztragevermögen	x	x	x	x
Wasserenthärtung	x	—	—	x
Alkalireserve	x	—	—	—
Pufferungsvermögen	x	—	—	—
Oberflächenaktivierung	x	—	—	x

Aus der *Tabelle* ist ersichtlich, daß das anorganische Salzskelett nicht nur als Gerüstsubstanz für die Abkochentfettung anzusehen ist, sondern die Arbeitsweise hochbelasteter Bäder entscheidend beeinflussen kann. Verschiedene Badbestandteile werden in ihrer Wirksamkeit durch andere Komponenten noch verstärkt oder ergeben erst zusammen die gewünschte Wirkung durch einen synergistischen Effekt.

Dispergierungsvermögen [8]

	Alkylsulfate	Ethoxylate	Pyrophosphate
Ruß: hydrophob	x	xx	—
Ton: hydrophil	—	—	xx

Eine der wesentlichsten Eigenschaften der Entfettungslösung ist die Alkalität, niedrige, stark gepufferte pH-Werte müssen bei der Entfettung von Nichteisenmetallen eingehalten werden, während für Eisen und Stahl im allgemeinen mit höherer Alkalität gearbeitet wird.