2016

Jahrbuch Oberflächen technik

BAND

72

Herausgeber:
Prof. Dr. Timo Sörgel

LEUZE VERLAG
seit 1902

Fachverlag für
- Oberflächentechnik – Galvanotechnik
- Produktion Leiterplatten und Systemen

BAD SAULGAU GERMANY
www.leuze-verlag.de

2 Vor- und Nachbehandlungsverfahren

Mechanische Oberflächenbearbeitung mit einem Diamantglättwerkzeug

Von Prof. Dr. Manfred Schlatter und B.Eng. Dominik Ritter .....lesen Sie ab Seite 14

Duale Hochschule Baden-Württemberg Lörrach, www.dhbw-loerrach.de,
schlatter@dhbw-loerrach.de

Laserhärten von C45E aus werkstoffkundlicher Sichtweise

Von Andreas King[1], Gaby Ketzer-Raichle, Andreas Kopp, Tim Schubert, Tvrtko Grubesa,
Markus Hofele, Gerhard Schneider, Eckehard Kalhöfer, Harald Riegel[2] .....lesen Sie ab Seite 33

Hochschule Aalen, Beethovenstraße 1, 73430 Aalen

[1] andreas.king@gmx.de

[2] harald.riegel@hs-aalen.de

Steigerung der Alterungsbeständigkeit von Verklebungen für den Werkzeugbau mittels Laservorbehandlung

Von Alexandra Gans, Marion Gebhardt und Simon Jahn (ohne Abb.) .....lesen Sie ab Seite 41

ifw Jena – Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH,
Otto-Schott-Straße 13, D-07745 Jena, www.ifw-jena.de

Improving Stencil Print Yields with Solvent Under Wiping

By Mike Bixenman, D.B.A., Kyzen Corporation.....to read starting page 48

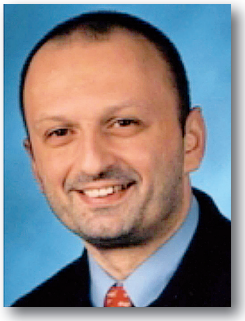
Vice President & CTO, kontakt_us@kyzen.com, www.kyzen.com

New Post-Treatment Process with Enhanced Technical Performance: Corrosion Protection for Electrical Contacts

By Dr. Svetla Nineva*, Dr. Sascha Berger and Friedrich Talgner .....to read starting page 52

* Corresponding author
Umicore Electroplating, Klarenbergstr. 53-79, 73525 Schwäbisch Gmünd, Germany,
www.umicore-galvano.com

Erzeugung Nanofaser-verstärkter Ceroxidschichten auf AZ31



Von Adrian Anthes, Owen Harper und Priv.-Doz. Dr.-Ing. Wolfram Fürbeth.....lesen Sie ab Seite 60

DECHEMA-Forschungsinstitut, Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main,
www.dechema-dfi.de

Mechanische Oberflächenbearbeitung mit einem Diamantglättwerkzeug

Von M. Schlatter und D. Ritter, Duale Hochschule Baden-Württemberg, Lörrach

In der industriellen Fertigungstechnik sind mehrere Verfahren üblich, um eine mechanische Feinbearbeitung von runden Teilen zu erreichen. Soll zusätzlich eine Verfestigung der Oberfläche erzielt werden, kommen die unter dem Begriff Glattwalzen oder Rollieren zusammengefassten, umformenden Verfahren zum Einsatz. Die vorliegenden Untersuchungen betreffen ein Werkzeug, das in Form einer geklemmten Diamantkugel in Drehrichtung stillsteht und durch die entstehende Reibung einen glättenden Umformprozess herbeiführt.

Es wurden hauptsächlich verschieden weiche Leichtmetalle bearbeitet und untersucht, ob für Stahl und Aluminium vergleichbare Ergebnisse zu erzielen sind. Außerdem wurden der Einfluss der Anpresskraft und das Überschreiten einer optimalen Anpressung sowie verschiedene Anstellwinkel untersucht.

Die Oberflächen der Aluminiumlegierung konnten durch Glätten auf eine Rauheit unter Rz = 0,5 µm verbessert werden. Beim Überschreiten einer kritischen Wälzkraft verschlechtern sich die Oberflächen und ab einer bestimmten Festigkeit kann auch die Härte im oberflächennahen Bereich deutlich erhöht werden.

Die untersuchten Legierungen lassen sich umso besser glätten, je härter sie sind. Die Verfestigung lässt sich aber bei einer Legierung mittlerer Festigkeit am sichersten herstellen. Insgesamt handelt es sich beim Glätten um ein einfaches und sicheres Verfahren, das nach einer Optimierung sehr gute, reproduzierbare Ergebnisse bringt.

There are several methods for a mechanical treatment to get smooth surfaces with highly accurate tolerances in industrial manufacturing. If there is an additional strain hardening required, there are treatments known as roller burnishing or ball burnishing which work with plastic deformation of the material. In this investigation, a tool with a clamped diamond ball as a tip is used and the plastic deformation takes place due to the friction between the diamond and the surface.

The investigations were done with different light metal alloys and it has to be found, whether they can be smoothened similar to steel. In addition, the influence of the pressure of the diamond ball to the surface has to be investigated and the effect of a pressure higher than the optimal value. The influence of the angle of the tool was another question.

The surface of the aluminium alloys could be improved to a roughness better than Rz = 0,5 µm after the treatment. It could be seen that the surfaces were rougher, when the pressure exceeds a critical value. This value depends on the hardness of the material. On alloys which exceed a certain tensile strength the hardness of the surface is to increase.

The investigated aluminium alloys could be the more smoothened the more they are harder. The increase of the hardness could be reached easily with alloys with a medium tensile strength. Overall, this method of surface treatment is very simple and safe and gives very good repeatable results, when the process was tested and the limits of the application are known.

1 Feinbearbeitung und Verfestigung von Drehteilen

In der industriellen Fertigungstechnik sind mehrere Verfahren üblich, um eine mechanische Feinbearbeitung von runden Teilen mit engen Toleranzen zu erreichen. Dies kann ein sorgfältiges Feindrehen mit gewöhnlichen Werkzeugen sein, als auch Drehen mit einem Einkristalldiamant, ebenso durch Hartdrehen oder Schleifen sowie durch ein Verfahren der Gruppe Superfinish oder durch Kurzhubhonen. Soll zusätzlich eine Verfestigung der Oberfläche erzielt werden, kommen die grob unter dem Begriff Glattwalzen oder Rollieren zusammengefassten umformenden Verfahren zum Einsatz. Allerdings ist diese zusammenfassende Bezeichnung nicht korrekt, denn in der VDI-Richtlinie 2032 von 1975 [1] ist das „Rollieren“

im Gegensatz zum Glattwalzen ein spanabhebendes und kein umformendes Verfahren. Dennoch wird in Veröffentlichungen mit „Rollieren“ auch das umformende Verfahren beschrieben [2]. In dieser Arbeit geht es ausschließlich um umformendes Glätten.

Eine auf diese Weise optimierte Oberfläche hat vor allem eine erhöhte Dauerfestigkeit gegen Biegewechselbeanspruchung zum Zweck. Mit Druckspannungen in der Oberfläche müssen diese bei Biegung auf der Außenseite zunächst überwunden werden, bis die gefährlichen Zugspannungen wirksam werden und zum Bruch des Werkstücks führen können. Glattwalzen ist beispielsweise aus der Fertigung von Kurbelwellen bekannt, bei denen die Ecken der Lagerstellen durch schmale Walzen mit einer erhöhten Dauerfestigkeit und einem verbesserten Verschleißverhalten ausgerüstet werden. Bei geometrisch schwierigen Bauteilen wie z. B. bei Schraubenfedern führt Kugelstrahlen (Shot-Peening) zum selben Erfolg.

Die Vorteile einer Bearbeitung durch Glättwerkzeuge liegen in der einfachen Anwendung des gut reproduzierbaren Prozesses direkt an der Drehmaschine, in der Tatsache, dass bei diesem Umformprozess keine Späne anfallen und dadurch alle diesbezüglichen Nachteile wegfallen sowie in der beschriebenen Verbesserung von Rauheit, Härte und Verschleißfestigkeit. Damit handelt es sich bei kurzen Bearbeitungszeiten um eine sehr wirtschaftliche Bearbeitungsmöglichkeit, die z. B. in der Automobilindustrie oft genutzt wird (sehr viele Anwendungsbeispiele sind in [3] beschrieben). Alle Verfahren in diesem Zusammenhang wie Glattwalzen, Festwalzen oder Maßwalzen arbeiten nach demselben Prinzip, nur das Anwendungsziel unterscheidet sich. Bei diesen umformenden Verfahren geht es um die Einebnung eines in der Regel gedrehten Durchmessers mit dem Ziel einer verringerten Oberflächenrauheit, einer Verfestigung der Randbereiche oder einer Feinabstimmung des Durchmessermaßes. Im Weiteren wird unabhängig vom Anwendungsziel des Verfahrens der Begriff „Glätten“ verwendet. Prinzipiell sind durch lineare Bewegungen auch ebene Flächen zu bearbeiten [4], was hier jedoch nicht untersucht wurde. Der Grad der Umformung soll bei den Walzverfahren gerade so groß sein, dass die „Rauheitsberge“ in die „Täler“ verschoben werden, wie dies bereits in der genannten VDI-Richtlinie für das Glattwalzen gezeigt wurde *(Abb. 1)*.

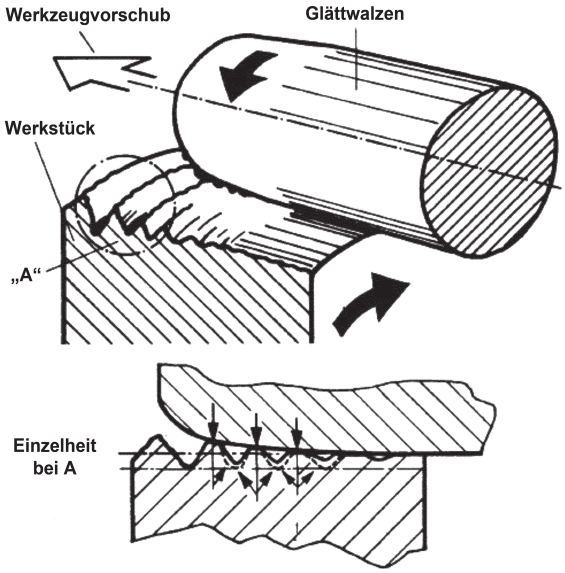


Abb. 1: Glättung der Oberfläche durch Glattwalzen; Abb. 20 in [1]

Bei den umformenden Verfahren sind jedoch drei unterschiedliche Vorgehensweisen zu beschreiben: Eine Gruppe von Werkzeugen ist mit Walzen oder Rollen ausgerüstet, die entsprechend *Abbildung 1* eine größere Strecke entlang des Durchmessers eines Drehteils abdecken und je nach Form der Rolle oder ihrem Eingriffswinkel die Rauheiten nach und nach glätten. Eine weitere Variante mit einer Rolle, die nur eine Punktberührung zulässt, ist für das Glätten an geometrisch komplizierteren Flächen wie Radien gedacht, kann aber auch mit einem passenden Vorschub für längere zylindrische Bereiche an Drehteilen oder im Einstechverfahren für kurze Zylinder eingesetzt werden *(Abb. 2)*. Statt einer Rolle wird in einigen Werkzeugen auch eine hydrostatisch gelagerte Kugel verwendet, was für das Bearbeitungsergebnis keinen Unterschied darstellt (verwendet in [4]). In beiden Fällen ist darauf zu achten, dass die jeweils geeigneten Bearbeitungsparameter gewählt werden, die sich etwas unterscheiden.

Die dritte Gruppe arbeitet schließlich mit einem Werkzeug, das sich im Gegensatz zur bisher beschriebenen Vorgehensweise nicht mit der Werkstückgeschwindigkeit mitbewegt, sondern in Drehrichtung stillsteht und durch diese Relativbewegung

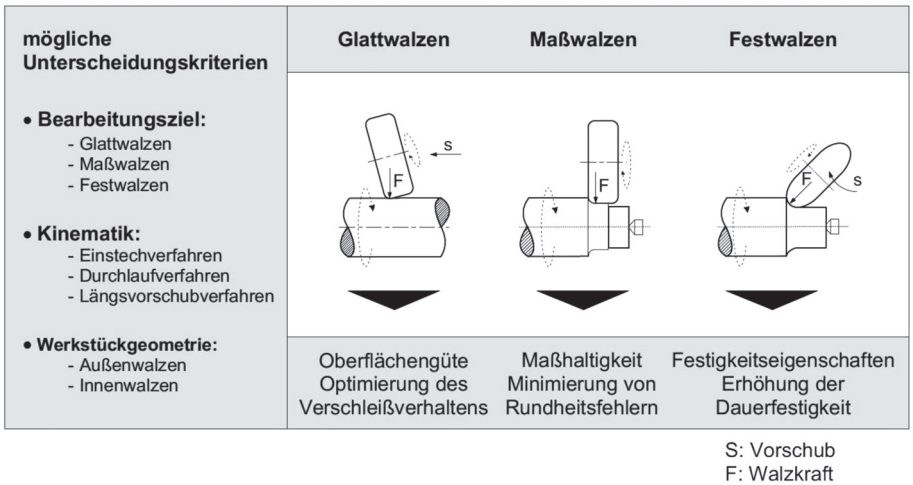


Abb. 2: Schematische Darstellung der Oberflächenfeinwalzverfahren; Abb. 3.99 aus [5]

und die dadurch entstehende Reibung den Umformprozess zusätzlich begünstigt.

Werkzeuge mit diesem Bearbeitungsprinzip wurden mehrfach in der Literatur beschrieben, aber die Bearbeitungsergebnisse werden dabei oft nicht im Detail dargestellt bzw. nur an ausgesuchten Beispielen [6–11].

2 Untersuchungen mit dem Diamantglättwerkzeug

Für die vorliegenden Untersuchungen wurde ein Werkzeug verwendet wie in [8] auf der Titelseite gezeigt *(Abb. 3)*. Im Unterschied zu den hydrostatisch gelagerten Kugeln ist bei diesem Werkzeug eine Diamantkugel an der Werkzeugspitze fest eingespannt und „reibt“, geschmiert durch das in der Drehmaschine befindliche Kühlschmiermittel, während der Bearbeitung über die Oberfläche. Durch den systemtypischen Andruck wird der Werkstoff des Werkstücks plastisch verformt und wie bei den Rollen werden Rauheitsberge und -täler ausgeglichen. Ein vergleichbares Werkzeug kommt in [11] zum Einsatz. Vorteil dieses Systems ist, dass kein Aggregat für die Erzeugung des hydraulischen Drucks benötigt wird. Von Nachteil ist die Gefahr, dass der Bearbeitungspunkt des Diamanten bei falscher Einstellung verschleißen kann, weil er während der gesamten Bearbeitung identisch bleibt. Während die Umformkraft bei den hydrostatischen Werkzeugen über den Druck der Hydraulikpumpe geregelt wird, übernimmt dies bei den Glättdiamanten eine jeweils dem Werkstoff angepasste Feder.

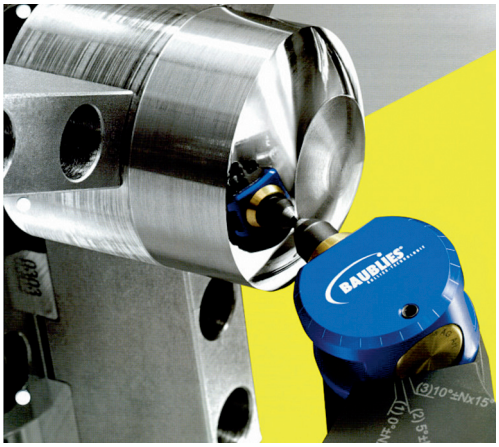


Abb. 3: Diamantglättwerkzeug [8]

Die Theorie des Verfahrens bzw. die umformtechnischen Vorgänge wurden bereits vor über 50 Jahren beschrieben [12] und werden in dieser Form auch bei modernen Werkzeugen so umgesetzt *(Abb. 4)*. Das Werkzeug, also die Walze, die rollende oder festsitzende Kugel formt die Rauheitsspitzen plastisch um und schiebt die umgeformten Oberflächenbereiche in einem genau definierten Maß vor sich her. Dadurch gleichen sich die „Berge“ und die „Täler“ aus und bilden insgesamt aus dem zuvor durch die Rillen eines Drehmeißels gekennzeichneten Durchmesser

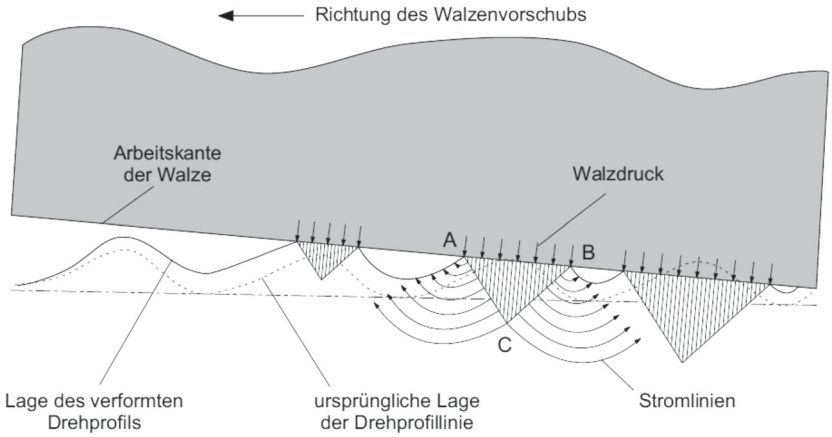


Abb. 4: Stromlinien der plastischen Bewegung des Werkstoffs beim Oberflächenfeinwalzen mit Vorschub; aus [12], zitiert in [13], grafisch neu gesetzt in [5]

eine glatte und spiegelnde Oberfläche aus. Dies ist bei Planflächen oder beliebig anders geformten Flächen ebenso möglich, so lange sie mit einem geeigneten Programm einer Drehmaschine abgefahren werden können. Dabei verschieben sich die Werkstoffbereiche unter dem Walzdruck nahezu gleichmäßig in Richtung des Walzenvorschubs als auch ihm entgegen *(Abb. 4)*.

Für die vorliegende Untersuchung stellten sich als Ergänzung zu den bereits bekannten Zusammenhängen folgende Fragestellungen: Wie verhalten sich verschieden weiche Leichtmetalle beim Glätten? Können sie gleichermaßen geglättet und gleichzeitig verdichtet werden, wie dies in der Literatur hauptsächlich für Eisenwerkstoffe beschrieben wird? Was geschieht beim Glätten, wenn die optimale Kraft für den Andruck bei den verschiedenen Leichtmetallen überschritten wird und welche Ergebnisse sind erzielbar, wenn das Glätten unter verschiedenen Anstellwinkeln des Glättwerkzeugs erfolgt? Antworten auf derartige Fragestellungen helfen dem Anwender in der Praxis einzuschätzen, welchen Spielraum er für die Anwendung des Verfahrens hat und wie sicher er die gewünschte Glättwirkung reproduzierbar erreichen kann.

Alle Versuche wurden auf einer Drehmaschine CTX310eco des Herstellers DMG durchgeführt und für alle Versuche kam das Glättwerkzeug „DDW-Variabel Diamant ‚a‘, Aufnahme VKT 20 mm, LH Linke Ausführung“ und ein Glättdiamant „Form C mit einem Radius von 2,00 mm“ der Baublies AG, Renningen, zum Einsatz *(Abb. 3)*. Die Verbesserung der Rauheitswerte wurden sowohl taktil mit dem Messgerät „Hommel-Etamic T8000 RC“ der Jenoptik Hommel-Etamic, Herrenberg, als auch über die Flächen gemessen mit dem Weißlichtinterferometer „MicroProf 200“ der FRT Fries Research & Technology, Bergisch-Gladbach, erfasst.

2.1 Vorversuche mit verschiedenen Werkstoffen

Im Rahmen von Vorversuchen, die dem Erlernen des sicheren Umgangs mit dem Werkzeug dienten, wurden folgende Werkstoffe bearbeitet: Aluminium DIN EN AlCu4PbMgMn (EN AW-2007 bzw. Werkstoff-Nr. 3.1645), Baustahl DIN EN S235JR (EN 10025-2 bzw. Werkstoffnummer 1.0038) und rostfreier Stahl DIN EN X2CrNi18-9 (Werkstoffnummer 1.4307). Die empfohlene Rauheit der Vorbearbeitung für dieses und ähnliche Werkzeuge soll laut [14] bis zu 15 µm betragen (Rauheitsmaß nicht angegeben, vermutlich Rz). Die Vorbearbeitung durch Drehen bei abgestuften Durchmessern zwischen 24 und 40 mm ergab beim Baustahl mit einer Schnittgeschwindigkeit von 200 m/min und einem Vorschub von 0,17 mm eine durchschnittliche Rauheit von Rz = 12,8 µm, jeweils quer zu den ursprünglichen Bearbeitungsriefen, also parallel zur Drehachse des Werkstücks gemessen. Dieser Wert konnte durch eine erste Versuchsreihe mit acht Versuchen auf eine

3 Beschichtungsverfahren

Zinn, Zinn, Zinn ...

Von Oliver Brenscheidt.....lesen Sie ab Seite 73

ON Metall GmbH, Wiedmannsweg 2a, 59757 Arnsberg-Herdringen,
www.on-metall.de

Science and Industry of Processes for Zinc-based Coatings with Improved Properties

By Benu Chatterjee ..... to read starting page 79

chatterjee@blueyonder.co.uk

Korrosionseigenschaften der Ni-W-Composite als Kontaktmaterial für Steckverbinder

Von Dr. Alexander Meyerovich, Helmut Riechmann.....lesen Sie ab Seite 112

Harting KGaA, Marienwerderstraße 3, 32339 Espelkamp, www.harting.com

Elektrochemische Abscheidung von Aluminium und Palladium aus ionischen Flüssigkeiten für das reaktive Waferbonden

Von Silvia Hertel [1], Tim Jonny Schröder [1], Dirk Wünsch [1] (ohne Abb.),
Dr. Maik Wiemer [1] (ohne Abb.), Prof. Thomas Geßner [1,2] (ohne Abb., †) .....lesen Sie ab Seite 119

[1] Fraunhofer Institut für elektronische Nanosysteme (ENAS), Abteilung System Packaging, Technologie-Campus 3, 09126 Chemnitz

[2] Technische Universität Chemnitz, Zentrum für Mikrotechnologien, Reichenhainer Str. 70, 09126 Chemnitz

Oberflächenstörungen im Bereich der industriellen Lackiertechnik unter Berücksichtigung von Störungen bei Verfahrenskombinationen

Von Ernst-Hermann Timmermann .....lesen Sie ab Seite 132

DFO e.V., Hammfelddamm 10, 41460 Neuss, timmermann@dfo-online.de

Korrosion von Bipolarplatten in PEM-Elektrolyseuren und Brennstoffzellen

Von Andreas Georg .....lesen Sie ab Seite 138

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme,
Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg, www.ise.fraunhofer.de

Magnetronsputtern von dielektrischen Materialien

Von Nikolaus Weinberger [1], Vincent van Karsbergen [1], Erich Neubauer [2] (ohne Abb.),
Michael Kitzmantel [2] (ohne Abb.), Paul Angerer [3] (ohne Abb.),
Stefan Marsoner [3] (ohne Abb.), Stefan Schlichtherle [4], Georg Strauss [1,4] .....lesen Sie ab Seite 152

[1] MCT – Material Center Tirol, Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialtechnologie, Technikerstrasse 13, 5. Stock, 6020 Innsbruck, Österreich

[2] RHP Technology GmbH, Forschungs- und Technologiezentrum, 2444 Seibersdorf, Österreich

[3] MCL – Material Center Leoben, Roseggerstrasse 12, 8700 Leoben, Österreich

[4] PhysTech Coating Technology GmbH, Knappenweg 34, 6600 Pflach, Österreich

Für Rückfragen: Tel.: +43 664 255 4847; E-Mail: georg.strauss@uibk.ac.at

Oberflächenveredlung von Magnesiumlegierungen durch Kombinationsbeschichtungen

Von Andreas Bascha [2], Matthias Herrmann [3], Maik Kirchner [1],
Dietmar Kitta [3], Jana Reinhold [3] .....lesen Sie ab Seite 160

[1] TECHNO-COAT Oberflächentechnik GmbH, Zittau

[2] Power-Cast MAGNETECH GmbH & Co. KG, Neukirch

[3] Hochschule Zittau/Görlitz, Institut für Oberflächentechnik

Zinn, Zinn, Zinn ...

Von O. Brenscheidt, Otto Brenscheidt GmbH & Co. KG, Sundern

Dank des niedrigen Schmelzpunkts ist der Vorgang der Verzinnung dem Menschen schon seit der Bronzezeit bekannt. Heute wird das Metall Zinn vor allem in der Löt- und Kontakttechnik sowie in der Weißblechherstellung verwendet. Dabei begegnen uns vielfältige Formen und Begrifflichkeiten, die alle historisch Ihren begründeten Ursprung finden, heute aber oft austauschbar eingesetzt werden können. Der Artikel bietet einen Überblick über die aktuelle Situation.

Due to the low melting point of tin, the process of hot dip tinning is known to mankind already since the Bronze Age. Nowadays, the metal tin is mainly used in soldering and contact technology as well as for the production of so called tin can strip. But we encounter a huge variety of different forms and concepts of tin layers. These are all historically reasoned, but can be used interchangeably today. The article offers an overview to the current situation.

Warum es so viel Auswahl gibt und warum das eigentlich keine Rolle spielt!

Seit über 5000 Jahren kennt der Mensch die Verzinnung. Durch den relativ niedrigen Schmelzpunkt und die Tatsache, dass Zinn in der Erdkruste immer zusammen mit Blei aufkommt, liegt die Vermutung nahe, dass bereits in der Bronzezeit die Feuerverzinnung bekannt war.

Somit sind auch die Vorzüge einer solchen Beschichtung hinlänglich bekannt und beruhen im Ursprung auf reiner Empirie.

Doch wo finden wir Zinn heute?

Geht man nach dem Verbrauch im Bereich der Oberflächentechnik (ca. 15 % des Zinn-Gesamtmarktes[1]), so ist nach wie vor die Weißblechherstellung Verbraucher Nr. 1. Dieser Markt ist aber seit vielen Jahren rückläufig und wird heute massiv aus China dominiert.

Einer der langfristig interessantesten Märkte für die Verzinnung in Europa ist wahrscheinlich die Kabel- und Elektroindustrie. Hier wird die Oberfläche in erster Linie als Lötzone oder zum Schutz des Substrats gegen äußere Einflüsse, z. B. durch Ausgasungen aus den allgegenwärtigen Kunststoffen, also im Sinne des Korrosionsschutzes eingesetzt.

[1] ITRI Annual Report 2015 (https://www.itri.co.uk/images/ITRI_Annual_Report_2015-WEB.pdf)

Reinzinn als Lot?

Durch die Forderungen der RoHS (RoHS-Richtlinien EU-Richtlinie 2011/65EU) wurde in den letzten Jahren Blei als Legierungspartner mehr und mehr verdrängt, und die vor kurzem noch sehr verbreitete Verzinnbleiung findet sich heute nur noch in seltenen Randanwendungen in den Bereichen Luft- und Raumfahrt, Militär- oder Medizintechnik. Angesichts der guten Erfahrungen – beispielsweise aus dem Automobilbau – und der Rückgänge der Verfügbarkeit, ist aber auch in diesen letzten Bastionen der bleihaltigen Lote zukünftig mit einem Wechsel hin zum Reinzinn oder aber den neueren Legierungen auf Basis von Zinn-Silber oder Zinn-Wismut zu rechnen.

Verzinnungstypen

Feuerverzinnung

Die bereits eingangs erwähnte wohl älteste Verzinnung ist die Feuerverzinnung. Sie basiert auf einem Tauchverfahren, bei dem ein kaltes oder vorgewärmtes Substrat in flüssiges Zinn eingetaucht wird. Im Bereich der Bandveredelung finden sich viele solcher Anlagen. Die Hersteller von NE-Bändern machen sich auf diese Weise unabhängig von den elektrochemischen Verfahren. Die meisten Walzwerke in diesem Bereich verfügen über eigene Linien, was den hohen Verkaufsdruck dieser Materialien im Markt erklärt. Diese Technologie ist sinnvoll, wenn

große Mengen eines Materials benötigt werden. Nachteile, wie die Dickentoleranz und die Qualität der Beschichtung, gelten heute – in weiten Teilen des Marktes – nicht mehr, da spezielle Abstreifer-Verfahren diese Technik hinsichtlich der Schichtdickentoleranzen inzwischen auf das Niveau der elektrochemischen Verfahren gehoben hat. Die Feuerverzinnung stellt sich heute wieder als ein echtes, und meist sehr günstiges Konkurrenzverfahren zu den rein elektro-chemischen Verfahren dar.

Elektrochemische Verzinnung

Mit dem Aufkommen der Galvanotechnik im 19. Jahrhundert machten sich viele Wissenschaftler daran, experimentell nachzuweisen, welche Metalle sich mit dieser neuen Technologie abzuscheiden ließen. Es war sicherlich sehr naheliegend, mit bekannten Verfahren der Beschichtung diesen Weg zu beschreiten. Durch seine Stellung in der elektrochemischen Spannungsreihe[2] war es aber ungleich schwieriger dieses Metall homogen und haftfähig abzuscheiden. Ähnlich wie beim Zink hat es zunächst bis in die 1930er Jahre gedauert, bis technische Verfahren zur elektrochemischen Verzinnung einsatzfähig zur Verfügung standen. Während beispielsweise Kupfer und Nickel, aber auch Gold und Silber, problemlos aus sog. zusatzfreien Elektrolyten, also solchen, die nur das Metallsalz und ggf. ein Leitsalz bzw. eine Säure enthalten, abgeschieden werden können, bedarf es bei der Verzinnung der Verwendung von Zusätzen, welche die Abscheidung steuern.

Waren zunächst Verfügbarkeit und Zufall Haupttriebfeder für diesen Prozess, machte man sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts daran, systematisch nach geeigneten Substanzen zu forschen bzw. wohl besser: zu fahnden. Durch fehlendes Verständnis der genauen Prozesse wurde empirisch mit verfügbaren Substanzen geforscht.

Mattzinn

So gelang es schließlich eine duktile, relativ homogene aber auch eher unansehnliche, matte Zinnschicht zu erzeugen. Diese gelangte durch die parallel aufkommende Energietechnik sehr schnell zu weiterer technischer Anwendung.

Das Problem dieser Schicht war in erster Linie die optisch unzureichende Oberfläche, insbesondere im Vergleich zu feuerverzinnten Materialien. Zinn ist ein sehr weiches Material, das mit einer extrem großen und mikroskopisch sehr inhomogenen Oberfläche abgeschieden wurde. Hierdurch ergaben sich wechselnde Färbungen, je nach Lichteinfall. Bei der Abscheidung unterschiedlich belasteter Bereiche (Stromdichte), wiesen diese auch unterschiedliche Erscheinungsbilder auf. Zwei Chargen waren niemals gleich. Der Prozess war optisch nicht stabil. Technisch jedoch waren diese Oberflächen für ihren Einsatzzweck, also den Korrosionsschutz und die Löttechnik, einwandfrei geeignet.

Glanzzinn

Der Druck, mithilfe der neuen Technologie Schichten zu erzeugen, die optisch denen der Feuerverzinnung ebenbürtig waren, war entsprechend groß. Physisch besteht der Unterschied zwischen einer matten und einer glänzenden Zinnschicht ausschließlich in Ausrichtung der Gitterstruktur und Korngröße. Dabei hat natürlich entsprechend der dünnen Schichten die Oberfläche des Substrats einen entscheidenden Einfluss. Hier ist im Einzelfall zusätzlich ein Einebnungseffekt nötig. Auch die Gitterrhythmik kann über die Größe der einzelnen Körner hinaus zu glänzenden Schichten führen.

Eine Oberfläche mit einer Strukturgröße unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts (380–750 nm) ist in der Lage, einfallende Strahlung zu reflektieren. Der Mensch nimmt solche Oberflächen als glänzend wahr. Gröbere Strukturen streuen das Licht, sodass solche Materialien als matt wahrgenommen werden.

Ziel bei der Herstellung von glänzenden Schichten ist es also immer, geeignete Substanzen zu finden, die ein entsprechendes Kornwachstum begünstigen.

Frühe Elektrolyte, die sich zum Teil auch heute noch im Einsatz befinden, arbeiten dabei mit Organika, die sich durch Reduktion bzw. Oxidation an Anode und Kathode dahingehend verbrauchen, dass sie in relativ große Moleküle zerbrechen. Oft sind diese Fragmente aber weiter im Sinne der Glanzbildung tätig. Kleinere Fragmente werden häufig in die aufwachsende Schicht eingebaut, sodass eine mehr oder minder kohlenstoffbelastete „Legierung“ entsteht. Leider neigen diese „Oragnika-Fragmente“ dazu, sich mit der Zeit, begünstigt durch Temperatur, auf

[2] $Sn^{2+} + 2\,e^- \rightleftharpoons Sn$ ($E_0 = -0{,}14$ V gegen H_2-Normalelektrode) Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrochemische_Spannungsreihe

der Oberfläche zusammen zu lagern und bilden dort einen dünnen, aber sehr wirksamen Film. Dieser Film erhöht den elektrischen Übergangswiderstand der Schicht erheblich und sorgt im Falle einer Lötung sehr häufig zu weitreichenden Entnetzungen.

Aus diesen Erfahrungen ergibt sich insbesondere im deutschsprachigen Industrieumfeld nach wie vor eine große Vorsicht beim Einsatz von Glanzzinnschichten.

Dabei steht mittlerweile eine Vielzahl von Formulierungen zur Verfügung, die dieses Phänomen nicht mehr aufweisen. Moderne Elektrolyte scheiden Schichten mit einem Kohlenstoff-Restanteil von unter 0,5 % ab. Viele am Markt erhältliche Produkte liegen sogar sehr deutlich unter diesem Wert.

In ihrer chemischen Basis unterscheiden sich heute Matt- und Glanzzinn-Elektrolyte häufig nur noch um sehr spezielle funktionelle Gruppen an ansonsten gleichen Basismolekülen. Man ist in der Lage, den gesamten Schichtaufbau sehr gezielt und vollständig reproduzierbar zu beeinflussen. Es sind inzwischen sogar Elektrolyte erhältlich, die Zwischenstadien zwischen glänzend und matt erzeugen. Werblich spricht man hier von Satin- oder Seidenglanz.

Gebürstete Verzinnung

Durch die lange Verfügbarkeit und Verbreitung der matten Zinnschichten sind einige Hersteller auf den Gedanken gekommen, die grauen und zunächst oft inhomogenen Schichten durch eine mechanische Nachbearbeitung „aufzuhübschen“. Diese Flächen werden nach der Abscheidung gebürstet. Für rein dekorative Anwendungen sind diese Oberflächen aber meist noch immer nicht geeignet. Sie dienen eher dem Versuch, einen Kompromiss zwischen technischen und optischen Anforderungen zu ermöglichen.

Da Zinn sehr weich ist, entsteht so eine gleichmäßige, leicht glänzende Schicht, die den typischen Bürststrich aufweist. Auch prozessbedingte Varianzen im Erscheinungsbild der Oberfläche lassen sich auf diese Weise gut egalisieren.

Zum Einsatz kommen dabei entweder Drahtbürsten oder moderne Kunststoffoberflächen. Mit der Auswahl des Schleif- bzw. Poliermaterials nimmt man maßgeblichen Einfluss auf das Erscheinungsbild der Schicht. Dabei arbeiten fast alle Prozesse mit minimalem Abtrag.

Elektrochemische Verzinnung mit nachgelagerter, thermischer Behandlung

Reflow-Verzinnung

Der Schmelzpunkt des reinen Zinns liegt mit ca. 230 °C recht niedrig, was eine thermische Nachbehandlung von galvanisch erzeugten Schichten ermöglich. Dabei wird eine reine, also kohlenstoffarme und daher häufig matte, Zinnschicht sehr kurz über diese Liquidustemperatur erwärmt.

Anschließend rekristallisiert die Schicht analog einer Feuerverzinnung. Diese Schichten sind hochglänzend und von ihrer Natur her sehr gut und lange lötfähig.

Die Wege, diese Temperatur zu erreichen, sind dabei sehr unterschiedlich. Neben induktiven Verfahren finden sich am Markt direkte Strahlungsverfahren (mit Gas oder elektrisch befeuert), heiße Ölbäder oder eher simple Reflow-Öfen.

Neben dem im deutschen Sprachraum auch sehr häufig genutzten Begriff „Reflow“ finden sich die Attribute „an-“ oder „umgeschmolzen“. Alle drei Begriffe bezeichnen dabei den gleichen Prozess.

Near-Reflow-Verzinnung

Die Möglichkeiten des Anschmelzens sind eingeschränkt. Zum einen lassen sich nicht beliebige Schichtdicken homogen thermisch rekristallisieren. Auch sind die aus der Löttechnik bekannten Probleme, z. B. die Entnetzung der Zinnschicht auf dem Substrat durch die kurze Verflüssigung, durchaus auch im Bereich der Reflow-Verzinnung zu finden.

Auch die thermische Leitfähigkeit des Substrats ist von entscheidender Rolle. Leitet dieses eine eingebrachte Wäre zu gut ab, so kommt es zu Instabilitäten im Prozess, die ihrerseits die Beschichtung stören.

Hier etabliert sich aktuell ein Verfahren, das als „Near-Reflow“ Beschichtung beworben wird. Dabei wird die Zinnschicht nach der Abscheidung bis kurz unter die Liquidustemperatur erwärmt. Durch die fehlende Flüssigphase lassen sich viele Nachteile oder Probleme der Reflow-Technik vermeiden.

Durch die thermische Behandlung der Schicht direkt nach der Abscheidung ermöglicht man sowohl die Ausbildung einer homogenen, intermetallischen

Phase[3], als auch die Ausbildung einer stabilen Oberflächenstruktur der Verzinnung. Die Schicht gilt als „beruhigt“ und somit lagerfähig. Sie erhält bei üblicher Lagerung (temperaturstabil etwa RT, ohne direkte Sonneneinstrahlung und bei möglichst geringer Luftfeuchtigkeit) ihre Eigenschaften wie optische Erscheinung, ggf. Lötfähigkeit und Verhalten gegen korrosive Bedingungen, über mehrere Monate.

Post-Bake

Ein weiterer Ansatz im Bereich der thermischen Nachbehandlung ist das sogenannte Nachbacken, (engl. post bake). Dieses von einigen Walzwerken in Zusammenarbeit mit namenhaften Automobilzulieferern aufgebrachte Verfahren wird in erster Linie an vorverzinnten Bandcoils im Bereich der NE-Metalle durchgeführt. Hierbei wird der fertige Ring in Temperkammern oder durch Haubenglühen ebenfalls thermisch beaufschlagt. Innere Spannungen der Zinnschicht bzw. solche die durch das Wachstum einer intermetallischen Phase entstanden sein könnten, werden abgebaut und beruhigen das Schichtsystem. Bei diesen Temperaturen ist aber nur ein recht inhomogenes Wachstum der IMC entlang der Korngrenzen möglich, was die Ergebnisse der Behandlung merklich einschränkt.

Daher konnte eine nennenswerte Durchdringung des Marktes mit dieser Technologie bisher nicht erkannt werden.

Weitere Verzinnungsverfahren

Zinn wird heute im Allgemeinen entweder aus seiner Schmelze oder elektrochemisch abgeschieden. Dabei erfolgt letztgenannter Prozess in erster Linie aus sauren Elektrolyten. Hier ist eine Vielzahl von Verfahren bei den bekannten Fachfirmen für sehr viele, zum Teil hochspezielle Einsatzzwecke verfügbar.

Es gibt aber durchaus eine ganze Reihe von weiteren Möglichkeiten der Verzinnung. Diese haben jedoch technisch keine größere Bedeutung und beschränken sich auf Nischenprodukte.

Zu nennen wären hier[4]:

- Elektrochemische Abscheidung aus alkalischen oder neutralen Elektrolyten
- Außenstromlose Abscheidung durch Reduktion („Sudverzinnung“, z. B. auf Aluminium) oder Autokatalyse (wie z. B. beim sog. „Chemisch Nickel“)

Technologien

Die elektrochemische Verzinnung findet sich heute in allen gängigen Verfahren, wie Trommel-, Gestell- oder Durchlaufgalvanik wieder. Feuerzinn, wie auch die thermisch nachbehandelten, elektrochemischen Verfahren, werden in erster Linie auf Wickelwaren, wie Drähten und Bändern, angewandt. Es gibt einzelne Unternehmen, die auch Stückgut auf diese Weise veredeln.

Zinn selektiv in Durchlaufanlagen

Insbesondere in der Bandveredelung finden sich heute verstärkt selektiv abgeschiedene Zinnschichten wieder. Diese aus dem Bereich der Edelmetallisierung bestens bekannten Technologien waren im Ursprung zur Einsparung von teuren Metallen wie Gold oder Silber gedacht. Darum vermag es zunächst zu verwundern, warum das im Grunde eher billige Metall Zinn hier immer häufiger aufwändig nur zum Teil aufgebracht wird.

Hintergrund ist in der Hauptsache, dass sämtliche Zinnschichten mehr oder weniger starken Alterungseffekten unterworfen sind. Hierbei entstehend zwangsläufig feinste Zinnpartikel, die wegen ihrer Struktur und geringen Härte im Laufe der Zeit dazu neigen, sich zusammenzulagern. So entstehen Partikel und Körner, die sich in der Beschichtung nachgelagerter Prozesse ablagern und dort stören können.

So zeigen sich bei in Bremseinrichtungen oder Führungsinstallationen eingebrachtem Zinnstaub häufig Kratzer oder Eindrücke in der Beschichtung. Auch können sich die Partikel in Stanzwerkzeugen ansammeln und anschließend auf das Stanzteil aufgepresst werden, was zu störenden Zinnbatzen führt.

Um diese Effekte möglichst weitestgehend zu vermeiden, setzen aktuell viele Unternehmen mehr und

[3] Bei diesen Temperaturen ist ein sog. Migrations-getriebenes Wachstum mit Durchdringung der Kornstruktur möglich. Sowohl das „Post Bake“-Verfahren, als vor allem die durchaus typische Langzeitlagerung des verzinnten Materials über mehrere Monate erlauben nur Korngrenzenwachstum

[4] Vgl. Jordan, M.: Die galvanische Abscheidung von Zinn und Zinnlegierungen, Eugen G. Leuze Verlag, Saulgau, 1993