

Möglichkeiten und Grenzen der Emaillierung von Leichtmetallen

Dr.-Ing. Wolfgang Kühn

Kühn Email GmbH
Bahnhofstrasse 8
D-08344 Grünhain-Beierfeld
Tel. +49 3774 645 980
Fax +49 3774 645 979
info@kuehn-email.de
www.kuehn-email.de

Die Emaillierung von Leichtmetallen wie Aluminium, Magnesium und Titan wird im Zuge der Neu- und Weiterentwicklung von modernen Verfahren zur Oberflächenbeschichtung leichter Metalle immer stärker angewendet werden. Der Schutz der Oberflächen vor korrosiven Angriffen, verbunden mit einer ästhetischen Gestaltung, die bisher als nicht erreichbar galt, wird Priorität in den nächsten Jahren haben.

L'émaillage de métaux légers tels que l'aluminium, le magnésium ou le titane est de plus en plus appliqué dans le cadre du développement de procédés modernes de revêtement de surface de métaux légers. La protection des surfaces contre les attaques de la corrosion, liée à une conception esthétique, que l'on ne pensait pouvoir obtenir jusqu'à présent, sera une priorité au cours des prochaines années.

Emaillbeschichtungen sind Glasschichten, die vor allem hinsichtlich der Schmelztemperatur und der thermischen Ausdehnungskoeffizienten an die für sie vorgesehenen Trägerwerkstoffe angepasst wurden. Sie verbinden die Eigenschaften einer Glasoberfläche mit den Material- und Verarbeitungseigenschaften von Metallen. Im Gegensatz zu anderen Beschichtungen verbinden sich beim Einbrand Glas und Metall durch die Ausbildung von Zwischenschichten mit besonderen Eigenschaften, so genannten intermetallischen Phasen. Diese bewirken eine besonders intensive Haftung der Beschichtung.

Während die Emaillierung von Kupfer und Stahl schon seit vielen Jahrhunderten praktiziert wird und in der Vorplastikära unverzichtbar für viele Gebrauchsgüter war, ist die Emaillierung von Aluminium und anderen Leichtmetallen noch vergleichs-

weise neu und wenig bekannt (Bild 1). Moderne Aluminiumemails sind heute ausgeklügelte Mehrstoffgemische, die unter Nutzung ihres Eutektikums bei niedrigen Einbrenntemperaturen eine sehr gute mechanische Härte und chemische Beständigkeit erreichen. Dabei sind emaillierte Werkstücke noch bearbeitbar, zum Beispiel durch Biegen, Sägen oder Bohren, und können nachträglich noch mit funktionellen, nanoskaligen Sol-Gel-Schichten versehen werden, um beispielsweise die harte, kratzfeste Emailschicht noch mit einem temperaturbeständigen Antihafteffekt zu versehen. Die Dicken der Emailschichten liegen im Bereich von 50 bis 300 µm, die Sol-Gel-Schicht ist nur 1 bis 3 µm dick.

Emaillierung von Aluminium

Aus der Gruppe der Leichtmetalle wird Aluminium mit Abstand am meisten verwendet. Deshalb hat natürlich auch die Emaillierung von Aluminium die grösste praktische Relevanz.

Durch ein Forschungsprojekt ist uns in den letzten Jahren jedoch auch die Emaillierung von Magnesiumwerkstoffen im Labormassstab gelungen. Dabei sind prinzipiell zur Aluminiumemaillierung vergleichbare Ergebnisse erzielbar. Allerdings ist dafür aufgrund der bekannten Reaktionsfreudigkeit von Magnesium eine etwas umfangreichere Anlagentechnik notwendig. Um dieses Verfahren im industriellen Massstab einzusetzen, fehlt bisher der Bedarf.

Der Prozess der Emaillierung wird in folgende Verfahrensschritte untergliedert: Vorbehandlung, Herstellung von Schlickern für die Emaillierung von Leichtmetallen, Spritzauftrag, Trocknung, Einbrand und Kontrolle.

Vorbehandlung

Sie ist, wie bei anderen Beschichtungsverfahren auch von entscheidender Bedeutung für das Qualitätser-



Bild 1: Emaillierte Schmiedeteile aus Aluminiumblech AlMn1.

Formgebung	Legierung	Legierungsnummer
Blech	AlMn	3103
	AlMn1Mg0,5	3005
	AlFeSi	8011
	AlMgSi0,5	6060
	Al99,5	1050
Extrudierte Profile	AlMgSi0,5	6060
Kokillenguss	AISI7...12	
	AISI12Cu	

Tabelle 1: Übersicht emaillierbarer Aluminiumlegierungen.

gebnis und muss in mindestens drei Stufen unterschieden werden:

Entfettung: Durch geeignete chemische oder auch thermische Methoden muss erreicht werden, dass Fettreste, die durch den Produktionsprozess auf einer Metalloberfläche lagern, entfernt werden. Da sich neben Fettresten meistens noch andere Schmutzteilchen auf der Oberfläche befinden, ist eine nasse Reinigung zu empfehlen. Dazu gibt es von den Herstellern chemischer Reinigungsmittel umfangreiche Angebote, so dass sich eine Beschreibung erübrigt.

Passivierung der Oberfläche: Eine häufig angewendete Methode ist die Passivierung der Oberfläche durch Schutzschichten. Dazu wurde in der Vergangenheit vorzugsweise eine Chromatierung durch Cr^{6+} -Ionen benutzt. Diese Behandlung, die von der Lackierung von Aluminiumblechen zum Schutz der gefürchteten Filiformkorrosion übernommen worden war, wurde über lange Zeit eingesetzt. Sie ist jedoch heute, aufgrund der kanzerogenen Wirkung von Cr^{6+} -Ionen, eingestellt. Ein Ersatz dieser Passivierung ist für einzelne Legierungen spezifisch und muss durch Grossversuche ermittelt werden.

Aufbrechen der Al_2O_3 -Schicht: Aufgrund der Reaktionsfreudigkeit der Oberflächen von Aluminium bildet sich relativ schnell eine Schicht aus Al_2O_3 , die allerdings aufgrund Ihrer Dichtheit eine weitere Korrosion verhindert. Damit eine ausreichende Verzahnung zwischen Email und Metall entsteht, muss diese Schicht aufgebrochen werden. Dazu eignen sich verschiedene chemische, aber auch thermische Verfahren.

Strahlen der Metalloberfläche: Vorrangig für Gussteile besteht noch die Möglichkeit, die Oberfläche durch Strahlen mit unterschiedlichen Strahlmitteln zu behandeln. Die Wahl des Strahlmittels beeinflusst die Oberflächengüte der emaillierten Schicht. Weiterhin darf das verwendete Strahlmittel natürlich später nicht mit dem Email reagieren.

Herstellung von Schlickern für die Emaillierung von Leichtmetallen

Die Herstellung von Schlickern für die Emaillierung von Leichtmetallen ist völlig verschieden von Emailschlickern für die Stahlemaillierung, und zwar sowohl was die Zusammensetzung als auch die Mahlfeinheit der Substanz betrifft. Diese grundsätzlichen Unterschiede werden durch die verschiedenen Einbrenntemperaturen hervorgerufen.

Während Stahlemails bei 750 bis 900 °C eingebrannt werden, erfolgt der Einbrand von Leichtme-

tallemails bei 480 bis 550 °C. Dies bedeutet, dass bei der Stahlemaillierung zwischen Emailliertemperatur und Schmelzpunkt des Trägerwerkstoffs immer noch eine Differenz von etwa 600 bis 700 K liegt, bei der Emaillierung von Leichtmetallen aber nur noch eine Spanne von 100 K besteht. In dieser kleinen Differenz liegt auch die Ursache für die wesentlich fehleranfälligeren Oberfläche bei der Emaillierung der Leichtmetalle.

Der Schlicker wird nach einer festgelegten Zeit gemahlen, damit eine entsprechende Mahlfeinheit erreicht wird. Die rheologischen Werte (z. B. Stehvermögen, Fließfähigkeit usw.) lassen sich bei diesen Schlickern gut verändern und damit den Produktionsbedingungen gut anpassen. Diese Schlicker sind einer strengen Ausgangskontrolle zu unterziehen.

Spritzauftrag

Nach der Reinigung und gegebenenfalls einer weiteren Vorbehandlung der Rohteile werden die Teile mit dem Schlicker überzogen. Um eine gleichmässige Schicht auf der Oberfläche zu erreichen, ist ein Spritzauftrag mittels handelsüblicher Spritzpistolen namhafter Hersteller erforderlich. Von besonderer Wichtigkeit ist es, die Schichtdicke gering zu halten, damit die positiven Eigenschaften der Emaillierung nicht durch zu grosse Emaildicken aufgehoben werden. Man rechnet, dass bei einer Schichtdicke von 60 µm das Trägermaterial ausreichend zugedeckt und damit eine ausreichende Schichtdicke vorhanden ist.

Trocknung

Im Gegensatz zur Stahlemaillierung, bei der eine ausreichende Trocknung vor dem Einbrand erforderlich ist, müssen die Emails für die Emaillierung von Aluminium und seinen Legierungen feucht eingebrannt werden. Wird dieser Punkt verpasst, entsteht entweder kein Glanz oder das Email rollt stellenweise ab. Die zuverlässige technische Überwachung und Steuerung eines geeigneten Trocknungsgrades ist somit entscheidend für ein ansprechendes Ergebnis der



Bild 2: Grillroste.

Wasser...

Die primär getakteten Gleichstrom-Versorgungen der TSQ-Serie bewahren immer einen „kühlen Kopf“!

In innovativer Schaltnetzteiltechnik und modularem Aufbau ausgeführt, sind die Geräte der TSQ-Serie für alle galvanotechnischen Prozesse einsetzbar.

Der jeweiligen Anwendung angepasst stehen dabei die Varianten:

DC (Gleichstrom) oder PP (Pulsstrom)

sowohl mit, als auch ohne Umpolung zur Auswahl. Die Steuerung kann mittels Hand, Fernbedienung oder diversen industriellen Anlagensteuerungen ausgeführt werden.



Die Datenblätter zu unserer TSQ-Serie und zu weiteren Stromversorgungs- und Steuerungssystemen finden Sie im Internet unter:

www.befeld-systeme.de

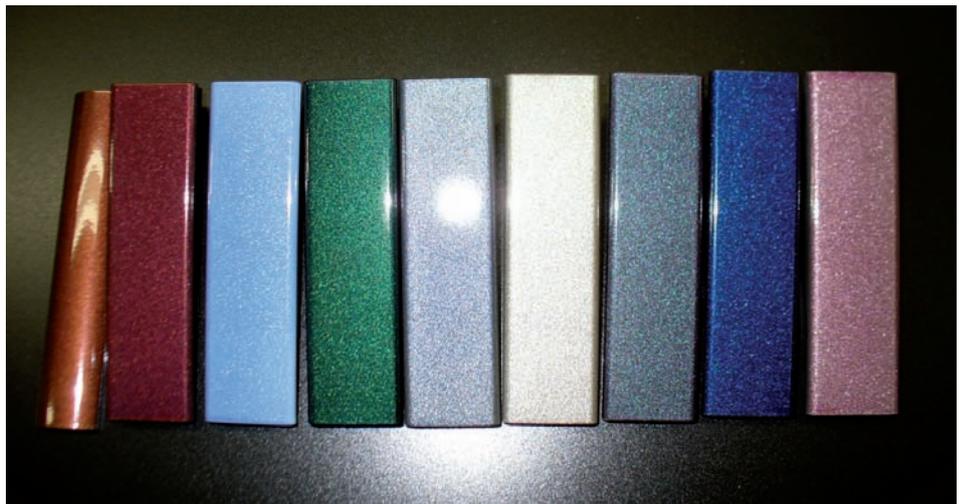


Bild 3: Heizplatten für Haushaltsgeräte.

Emallierung. Die entsprechenden Parameter variieren für die verschiedenen Formgebungsverfahren der Werkstücke.

Einbrand

Die Einbrenntemperaturen ergeben sich aus den Werkstoffeigenschaften des Aluminiums. Je nach Legierung und Art der Formgebung verliert Aluminium zwischen 540 und 650 °C seine Festigkeit und Form. Folglich stehen verschiedene Aluminium-Emails im Einbrennbereich von 500 bis 600 °C zur Verfügung. Bei diesen Temperaturen erfolgt im Gegensatz zur Stahlemaillierung bei etwa 800 °C die Wärmeübertragung kaum noch durch Strahlung, sondern vorzugsweise durch Strömung. Deshalb ist es notwendig, für den Einbrand bei Temperaturen von etwa 500 °C Öfen mit Luftumwälzung zu haben, um eine gleichmäßige Wärmeübertragung zu gewährleisten.

Kontrolle

Kontrollen emaillierter Leichtmetallteile werden in visuelle Begutachtung und die

Prüfung bestimmter, spezifischer Eigenschaften unterschieden. Während sich die visuellen Begutachtungen von jenen bei der Stahlemaillierung nicht unterscheiden, ist die Prüfung der spezifischen Eigenschaften auf den jeweiligen Verwendungszweck zugeschnitten. Dazu gehören als häufigste Prüfmethoden:

- Haftfestigkeit ($SbCl_3$)
- Torsionsfestigkeit
- Elektrische Durchschlagsfestigkeit

Gewünschte Sondereigenschaften müssen zwischen Produzenten und Konsumenten extra vereinbart und geprüft werden.

Gut emaillierfähige Al-Legierungen

Leider sind nicht alle Aluminiumlegierungen gleichermassen gut emaillierfähig. Besonders der oft verwendete Legierungszusatz Magnesium stört bei einem Gehalt von über 1% die Haftung des Emails erheblich. Generell gelten hohe Zusätze von Legierungselementen als problematisch

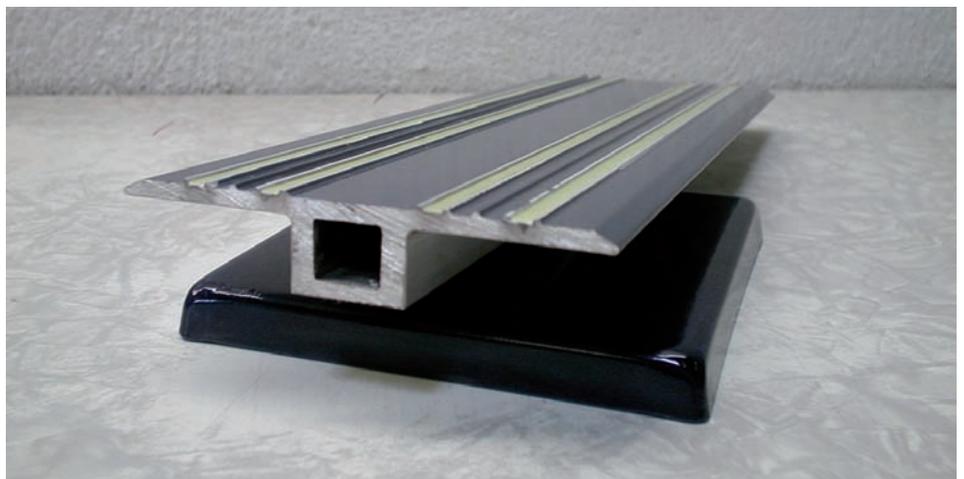


Bild 4: Übergangsprofile für öffentliche Verkehrsmittel.



Bild 5: Emaillierte Titansonotrode.

und sollten im Zweifelsfall erst durch Emaillerversuche erprobt werden.

Ein weiteres Problem ist die Erweichung einiger Aluminiumwerkstoffe durch die bei der Emaillierung notwendige Temperaturbeaufschlagung. Die ursprünglich vorhandene Härte lässt sich jedoch mit einer zusätzlichen Wärmebehandlung wieder hundertprozentig herstellen.

Eine produktionssichere Emaillierung ist mit den in Tabelle 1 aufgeführten Legierungen gewährleistet.

Anwendungsbeispiele

Am Beispiel einiger Produkte der Kühn Email GmbH soll nun das besondere Eigenschaftsprofil emaillierter Leichtmetalle verdeutlicht werden.

Grillroste (Bild 2) und Grillplatten aus Aluminiumkokillenguss sind leicht, stabil und sehr gut wärmeleitend. Die Wärme wird gleichmäßig verteilt und führt zu sehr guten Grillergebnissen. Diese hochwertigen Erzeugnisse werden durch die glatte, kratz feste Emailoberfläche mit Antihafteffekt veredelt. Die Beschichtung ist von der FDA für den Kontakt mit Lebensmitteln zugelassen und lässt sich beliebig einfärben. Da das Gargut nur sehr wenig anklebt, sind die Roste sehr leicht zu reinigen.

Durch Extrudieren lassen sich kostengünstig komplizierte Profile aus Aluminium herstellen. Wenn diese Profile als Heizplatten mit aggressiven Substanzen in Berührung kommen und dabei einer mechanischen Beanspruchung unterliegen, bietet sich der Einsatz der Emaillierung an (Bild 3). Die Beschichtung ist bis 350 °C temperaturstabil und kann durch Verwen-

dung moderner Farbwechsel- oder Kristalleffektpigmente optisch attraktive Oberflächen mit Alleinstellungsmerkmalen erzeugen.

Für den Brand- und Katastrophenschutz wurden nicht brennbare und ungiftige nachleuchtende Beschilderungen beziehungsweise Verkleidungen entwickelt. Von den robusten emaillierten Blechen lassen sich mit Lösungsmitteln Farben und Lacke (Graffiti's) mühelos entfernen; sie sind deshalb besonders in stark frequentierten öffentlichen Bereichen von Vorteil. Die Nachleuchtwerte übertreffen die entsprechenden DIN-Normen um ein Vielfaches. Diese Beschichtung wurde patentiert.

Design spielt auch in Zügen und Strassenbahnen eine immer grössere Rolle (Bild 4). Für dieses

Projekt wurde vom Kunden eine Beschichtung gesucht, die farblich der vom Architekten festgelegten Teppichfarbe entsprach und auch extremen mechanische Beanspruchungen, etwa durch Kofferrollen oder Rollstühlen widerstand. Diese reinigungsfreundlichen Profile können natürlich auch mit nachleuchtenden Rillen oder ähnlichem versehen werden.

Sonotroden werden in der Plastikverarbeitung eingesetzt. Durch sehr hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten wird der Werkstoff Titan durch Kavitationseffekte in Mitleidenschaft gezogen. Eine harte und verschleissfeste Emailschiicht verhindert dies (Bild 5).

Ausblick

Wie auch in anderen Branchen der Oberflächentechnik ist die Entwicklung in der Emailindustrie in den letzten Jahren nicht stehen geblieben. Die durch den notwendigen Verzicht auf Schwermetalle aufgetretenen Qualitätsprobleme sind seit vielen Jahren überwunden. Im Hinblick auf den starken Preisanstieg bei Edelstählen in den letzten Jahren stellt die Emaillierung eine auch unter Kostenaspekten überlegenswerte Alternative zu anderen Beschichtungsverfahren dar. Mit Emails lassen sich grundsätzlich die gleichen Farben und Effekte erzielen wie mit Lacken. Sie sind jedoch härter und durch die chemische Verzahnung mit dem Metall auch in der Regel bindungsstärker als Lacke. Durch mehrschichtige Emaillierungen können auch zum Beispiel die aktuell von Designern bevorzugten transluzenten farbigen Oberflächen gefertigt werden. ■

oder Luft?

Je nach wasser- oder luftgekühlter Bauart lassen sich Schutzgrade von IP 33 bis IP 65 realisieren.

Unabhängig davon, welche Kühltechnik und individuelle Ausstattungsvariante für Ihre Anwendung gefordert wird, alle Modelle überzeugen durch:

- Funktionalität
- hohe Betriebssicherheit
- wirtschaftlichen Betrieb

Die Stromversorgungen der TSO-Serie: Faszinierend flexibel im Aufbau und in der Handhabung - effizient und zuverlässig im betrieblichen Alltag.



Weitere Informationen erhalten Sie unter:
Telefon +49 (0) 2385 9355-27 oder
strominfo@befeld-systeme.de

... für perfekte Oberflächen