

Metrostation in Dubai mit 7500 m<sup>2</sup> Emailpaneelen der deutschen Firma Omeras.



## Emailtechnische Tagung Glas auf Stahl

Aktuelle Fragen zu Glas auf Stahl, also Email, standen im Mittelpunkt der diesjährigen Branchentagung der Emailierer. Dabei ging es um Innovationen, vor allem aber immer wieder um die Fragen, wie die Verbindung der beiden Werkstoffe gelingen kann und welche Einflussfaktoren dabei eine Rolle spielen, beispielsweise die Haftfestigkeit. Entsprechend sind die nachfolgenden Kurzberichte zu Vorträgen aus dem Programm ausgesucht.

Die technisch-wissenschaftliche Emailtagung des Deutschen Email Verbandes e.V. richtete im Auftrag des Berufsverbandes das Informations- und Bildungszentrum Email e.V. Ende April in Freiburg aus. Das bedeutendste Branchentreffen der Emailindustrie in Europa besuchten in diesem Jahr rund 130 Teilnehmer. Sie kamen von Email herstellenden und verarbeitenden Unternehmen, von Stahlherstellern und Zulieferfirmen sowie von Fachhochschulen und Universitäten. Das inhaltliche Tagungsprogramm umfasste 14 Fachvorträge und drei alternativ wählbare Werksbesichtigungen.

### Innovationen

„Was geht in Email?“, hatte Dr.-Ing. Jürgen Reinemuth, THALETEC GmbH, sein Eröffnungsreferat zur Tagung betitelt. Die Antwort: Technisches Email ist der Werkstoff der Wahl, wenn es in der chemischen und verfahrenstechnischen Industrie darum geht, hochkorrosive oder hochreine Verfahren zu realisieren. Der Beitrag zeigte an umfangreichen Beispielen, was heute „State of the art“, also der Stand der Technik im emaillierten Apparatebau ist. Neben

bekanntem und bewährten Lösungen wurde exemplarisch eine Reihe von neuen Produkten vorgestellt, die mit Hilfe der Emailieretechnologie von Thaletec in jüngster Vergangenheit verwirklicht und erfolgreich im Markt eingeführt worden sind:

Aufgrund von Marktforderungen wurde beispielsweise ein neues Email entwickelt, welches insbesondere für biokorrosive Anwendungen geeignet ist. Bei Bio-Anwendungen kommt es im Wesentlichen darauf an, dass Oberflächen beispielsweise gegenüber dem biochemischen Angriff durch Ausscheidungsprodukte von Bakterien und Pilzen beständig sind, die Oberfläche perfekt zu reinigen ist und die Oberflächeneigenschaften über die Lebensdauer der Bauteile unveränderlich bleiben.

Im Bereich der rührtechnischen Lösungen von Thaletec wurde eine Reihe von neuartigen Rührerelementen entwickelt, welche die in der Praxis auftretenden Rühraufgaben in besonders effektiver Art und Weise erfüllen können. Die emailiertechnischen Anforderungen an die Herstellung solcher Bauteile sind besonders hoch: Das Einhalten von engen Toleranzen, das Bearbeiten der

Emailoberfläche zum Erzielen der erforderlichen Präzision und werkstofftechnische Randbedingungen mussten fertigungstechnisch umgesetzt und reproduzierbar gestaltet werden.

Im Bereich der Komponenten und Bauteile für messtechnische Zwecke (Temperaturmesstechnik) wurden Neuerungen eingeführt, die zu einer deutlichen Verbesserung im Ansprechverhalten von Temperatursonden geführt haben.

### Verbindungen

Thermomechanische Eigenschaften von Emails und Emailierungen waren Gegenstand eines Forschungsvorhabens, das Dr. Constanze Müller-Fildebrandt, TU Clausthal, erläuterte.

Eine Emailierung besteht aus zwei Werkstoffen mit völlig unterschiedlichen Eigenschaften, einem mehr oder weniger duktilen Metall und einem spröden Email. Die Verarbeitung dieser beiden Werkstoffe mit dem Ziel, einen funktionstüchtigen Verbundwerkstoff, d.h. ein fehlerfreies emailliertes Metallsubstrat zu erhalten, erfordert die genaue Kenntnis der Materialkenndaten beider Werkstoffe. Zur Optimierung des

Produktionsprozesses für das Emailieren von Stahlsubstraten, insbesondere des Einbrennprozesses, ist es notwendig, präzise thermomechanische Kenndaten vor allem hinsichtlich der Vermeidung von Verzugserscheinungen oder Rissbildung emaillierter Produkte zu ermitteln.

Im Gegensatz zu den meisten industriell hergestellten Gläsern weisen Emails eine komplexe Mikrostruktur mit unterschiedlichen Anteilen an kristallinen Phasen bzw. Gasblasen und Poren auf. Während des Einbrennprozesses der emaillierten Werkstoffe bewirken diese Faktoren Veränderungen, verursacht durch Entgasungs-, Kristallisations- und Lösungsprozesse.

Die Ermittlung thermomechanischer Kenndaten von industriell hergestellten Grund- und Deckemails erfolgte mittels Emailsclicker-Proben, die nach einem definierten Temperatur-Zeit-Profil geschmolzen und abgekühlt wurden. Zur Ermittlung thermomechanischer Kenndaten, wie thermischer Ausdehnungskoeffizient, Dichte, E-Modul, Poissonzahl, Wärmeleitfähigkeitskoeffizient, wurden Dilatometer, Heliumpyknometer, Ultraschall- bzw. Laser-Flash-Apparatur eingesetzt.

Basierend auf den so gewonnenen Daten von Grund- und Deckemail-Sclickerproben konnten signifikante Temperatur- und Zeitabhängigkeiten generiert und Möglichkeiten zur Optimierung des Einbrennprozesses von Email aufgezeigt werden.

### Haftfestigkeit

Über neuere Untersuchungen zur Haftfestigkeit von Grundemail berichtete Dr. Günter Schäfer, Pfädlers Werke GmbH. Da dieses Unternehmen Hersteller von emaillierten Apparaten ist, liegt der Schwerpunkt der Untersuchung bei dicken Mehrschichtemaillierungen, die schichtweise aufgetragen und nacheinander eingebrannt werden. Grundemails bilden die Nahtstelle zwischen dem Stahlsubstrat und der eigentlich erwünschten Emailschiicht.

Für die Haftung von Grundemail auf Stahl werden in der Literatur unterschiedliche Mechanismen diskutiert, beginnend bei der thermodynamischen Triebkraft durch die Reduktion von Metalloxiden bei gleichzeitiger Oxidation von Eisen. Kinetische Modelle beschreiben dann die Vorgänge an sich – wie rein mechanische Verzahnung, Bindung über haftvermittelnde Oxidschich-

ten, Bindung durch Bildung sekundärer Zwischenschichten und Verzahnung über galvanische Korrosionsvorgänge, die zu einer lokalen Grenzschichtvergrößerung führen.

Versucht man diese einzelnen Mechanismen zu gewichten, um die Haftung des eigenen Grundemails zu verstehen stellt sich eine Schwierigkeit ein, die dadurch entsteht, dass sich je nach Grundemailzusammensetzung die Gewichtung der einzelnen Haftmechanismen nahezu beliebig verschieben. Eine gezielte Betrachtung und Beeinflussung nur eines Haftmechanismus allein wird dadurch unmöglich. Jeder dieser oben zitierten Mechanismen hat Vor- und Nachteile, die sich unter Umständen erst bei längerer Brenndauer (höherer Fahrtenzahl) bemerkbar machen. Ideal wäre daher ein Grundemail, das genau vorgegebenen Haftungsmodellen folgt und es dadurch ermöglichen würde, gezielt mit einer Grundfahrt eine perfekte Grundemailschiicht für den Aufbau der folgenden Deckschichten herzustellen.

Die beschriebene Untersuchung umfasst Grundemails, die völlig unterschiedlichen Reaktionsmodellen bei der Haftungsausbildung folgen – von der nahezu beliebigen Oxidierbarkeit und Löslichkeit von Eisen im Grundemail bis zu einer sich vollständig ausbildenden sekundären Kristallisation an der Grenzfläche zum Stahl, die eine weitere Eisendiffusion blockiert. In die Untersuchung wurden sowohl Ein- als auch Mehrfrittensysteme einbezogen. Für jedes Grundemail gibt es bestimmte Vor- und Nachteile, aus denen sich dann jeweils ein bestimmtes Temperatur-Zeit-Schichtdicken-Fenster ergibt, in dem es Vorteile gegenüber den jeweils anderen Grundemails besitzt.

Ein absolut ideales Grundemail für alle Anwendungen ist zwar so nicht definierbar, es zeichnen sich aber Grundmuster ab, die es im Einzelfall erlauben, sich ein Grundemail passend zu einem bestimmten Produkt und/oder Produktionsprozess maßzuschneidern. ©