

INHALT

VORWORT

EINLEITUNG

Teil 1 ÜBERSICHT EXISTIERENDER STOFFSYSTEME

- 1 Definitionen
- 2 Vernetzungsarten für Gießharze
- 3 Polyurethane
- 4 Epoxide
- 5 Silicone
- 6 Zusatzstoffe formulierter Elektro gießharze
- 7 1K-Vergussmassen

Teil 2 VERGUSSMASSEN UND DEREN ANWENDUNGSARTEN / AUFTRAGS-ARTEN / ANLAGENTECHNIK

- 1 Einleitung
- 2 Vergussarten
- 3 Anlagentechnik

Teil 3 EIGENSCHAFTEN VON VERGUSSBESCHICHTUNGEN

- 1 Mechanische Eigenschaften
- 2 Elektrische Eigenschaften
- 3 Thermische Eigenschaften
- 4 Betauung
- 5 Wasseraufnahme und Wasserdampfdurchlässigkeit
- 6 Thermischer Widerstand
- 7 Flexibilität (Elastizitätsmodul) und CTE
- 8 Bestimmung physikalisch-chemischer Kenndaten

Teil 4 EINFLUSS DER BAUGRUPPE AUF DEN VERGUSS

- 1 Gehäuse
- 2 Leiterplatte

Teil 5 UNTERGRUND UND VORBEHANDLUNG VOR DEM VERGUSS

- 1 Anforderungen an die Reinigung von Baugruppen
- 2 Entscheidung über die Reinigung
- 3 Reinheitsanforderungen

- 4 Mindestreinheit der Oberfläche vor dem Verguss
- 5 Messung und Analyse ionischer Verunreinigungen
- 6 Erkennen von kritischen Verunreinigungen
- 7 Umsetzung der Reinigungsprozesse
- 8 Optimierung der Reinigungsprozesse
- 9 Behandlung mit atmosphärischem Plasma

Teil 6 HANDHABUNG UND PROZESSKONTROLLE

- 1 Logistik, Wareneingang und Lagerung
- 2 Vorbereitung von Gießharz und Bauteil
- 3 Handhabung von 2K-Gießharzen
- 4 Qualitätskontrolle
- 5 Arbeitssicherheit

Teil 7 SCHADENSBILDER UND VORGEHEN BEI DER SCHADENSANALYSE

- 1 Handverguss
- 2 Maschinenverguss
- 3 Vergießprobleme aufgrund ungünstiger Bauteilgeometrie
- 4 Zusammenfassung

Teil 8/1 SONDERFORMEN DES VERGUSSES - SCHMELZHARZE

- 1 Einleitung
- 2 Arten und Eigenschaften
- 3 Verarbeitung

Teil 8/2 SONDERFORMEN DES VERGUSSES - MIKRODOSIERUNG

- 1 Hintergrund
- 2 Unterschiedliche Dosierverfahren
- 3 Prozessregelungen
- 4 Mikrodosierung am Beispiel des Underfill Prozesses
- 5 Anwendungs- und Verarbeitungshinweise für Underfill-Materialien

LITERATURVERZEICHNIS

AUTORENVERZEICHNIS

VORWORT

Die GfKORR und deren Arbeitskreis „Korrosionsschutz in der Elektronik und Mikrosystemtechnik“ als Initiatoren dieses Leitfadens

Die GfKORR – Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V., eine gemeinnützige technisch-wissenschaftliche Gesellschaft, die im Jahre 1995 entstand, hat es sich u.a. zum Ziel gesetzt, alle sich mit Korrosion und Korrosionsschutz befassenden Personen, Institute, Firmen und Einrichtungen zusammenzuführen sowie das Wissen über Korrosion, Korrosionsmechanismen und Korrosionsschutzmöglichkeiten zur Vermeidung von Korrosionsschäden zu sammeln, zu erweitern und zu verbreiten. Diese Zusammenführung bzw. Zusammenarbeit soll dabei einerseits durch gemeinsame Tagungen, Seminare und Workshops und andererseits auch durch eine konstruktive Arbeit in Arbeitskreisen mit spezieller Ausrichtung und Themenstellung realisiert werden. Vor diesem Hintergrund wurden innerhalb der GfKORR verschiedene Arbeitskreise gegründet (für weitere Informationen über die GfKORR und deren Arbeit siehe unter <http://www.gfkorrr.de>).

Mit der ständig zunehmenden Anzahl an unterschiedlichen elektronischen Baugruppen und miniaturisierten Systemen aus verschiedenen Werkstoffen und deren Einsatz insbesondere in Kraftfahrzeugen, Telekommunikation, Flugzeugen, Haustechnik bis hin zu Spielzeug ist auch eine steigende Erwartung an die Funktionssicherheit und Langzeitstabilität der Produkte verbunden. Zusätzlich werden bei der fortschreitenden Miniaturisierung der Bauteile immer größere Anforderungen an die Reinheit bei der Herstellung und der Montage gestellt. Weiterhin sind sowohl die Elektronik als auch die Mikrobauteile immer stärker wechselnden klimatischen Umgebungseinflüssen wie Feuchte, Temperaturwechsel und Temperaturschock ausgesetzt. Ausgehend von langjährigen Garantieforderungen und einer weltweiten Vermarktung ist eine wirksame Sicherung der Zuverlässigkeit elektronischer Produkte nur mit Hilfe einer vertieften Kenntnis der Wirkungsmechanismen der Korrosion von elektronischen und mikrosystemtechnischen Komponenten vorstellbar.

Im Hinblick auf die Diskussion derartiger, in immer größerem Umfang auftretender Fragestellungen und Probleme wurde innerhalb der GfKORR im Frühjahr 1998 der Arbeitskreis „Korrosionsschutz in der Elektronik und Mikrosystemtechnik“ gegründet. Er wird derzeit von Dr. Helmut Schweigart, Dr. O.K. Wack Chemie GmbH, Ingolstadt geleitet, sein Stellvertreter ist Dr. Michael Popall, Fraunhofer-Institut für Silicatforschung, Würzburg. Der Arbeitskreis trifft sich zweimal im Jahr jeweils im Frühjahr und im Herbst in Würzburg (zu weiteren Informationen und bzgl. einer Kontaktaufnahme siehe Angaben im Autorenverzeichnis sowie im Internet).

Dem Arbeitskreis gehören sowohl Vertreter aus der Industrie (wie z.B. ALTANA Chemie AG, CiS Institut für Mikrosensorik gGmbH, Continental AG, Dage Electronic Europa Vertriebs GmbH, Dow Corning GmbH, GTL Knödel GmbH, Hella KGaA, Henkel AG & Co. KgaA, ISO-ELEKTRA Elektrochemische Fabrik GmbH, KC-Kunststoff-Chemische Produkte GmbH, Lackwerke Peters GmbH & Co. KG, Nordson-Asymtek, Scheugenpflug AG, Specialty Coating Systems, Stannol GmbH, WEVO-CHEMIE GmbH, Würth Elektronik GmbH & Co. KG, Zollner Elektronik AG ...) als auch Mitarbeiter verschiedener Forschungseinrichtungen und Dienstleister (wie z.B. der Fraunhofer-Institute für Angewandte Materialforschung (IFAM), für Silicatforschung (ISC) und für Siliziumtechnologie (ISiT) und des Karlsruher Institut für Technologie) an.

Die Ziele des Arbeitskreises sind:

- die Vertiefung des Verständnisses der zur Funktionsgefährdung führenden Mechanismen,
- der interdisziplinärer Austausch über den Stand von Wissenschaft und Technik auf den Arbeitsfeldern der Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit der Industrie und anderen wissenschaftlich-technischen Gesellschaften,
- die Schadensbewertung und die Prävention sowie
- die Vermittlung kompetenter Ansprechpartner für akute Fragestellungen.

Ein wichtiger Punkt, mit dem sich der Arbeitskreis in der Vergangenheit bereits beschäftigt hat und weiterhin beschäftigen muss, sind die derzeitigen Testmethoden zur Charakterisierung der auf Leiterplatten und Bauelementen aufgetragenen Schutzbeschichtungen. Hier gilt es Weiterentwicklungen vorzunehmen, die allerdings nur durch Hersteller und Anwender von Beschichtungsstoffen gemeinsam vorgenommen werden können.

Der Arbeitskreis „Korrosionsschutz in der Elektronik und der Mikrosystemtechnik“ der GfKORR hat in den vergangenen Jahren seine Arbeit zunächst auf die Zusammenstellung eines Leitfadens zur Beschichtung (Belackung) von elektronischen Baugruppen¹ und daran anschließend auf den hier vorliegenden Leitfaden zum Verguss von elektronischen Baugruppen ausgerichtet und dabei einzelne Punkte kontrovers diskutiert.

Dieser zweite Leitfaden, überschrieben mit dem Titel „Anwendung und Verarbeitung von Vergussmassen für elektronische Baugruppen – Auswahlkriterien, Anwendungsgebiete, Anforderungsprofile und Applikationshinweise“ ist aus der Erkenntnis heraus entstanden, dass ein umfassendes und grundlegendes Verständnis des Vergießens und dessen Funktion auf elektronischen Baugruppen erforderlich ist. Hierzu ist es notwendig, den ganzen Prozess zu analysieren. Dieser Leitfaden soll somit eine praxisorientierte Hilfestellung bei der Betrachtung dieses Prozesses beginnend beim Layout bis hin zur Funktionsprüfung der Baugruppe nach dem Verguss geben.

Zur Erzielung optimaler Ergebnisse bei der Anwendung von Vergussmaterialien (Gießharzen) bzw. Schutzbeschichtungen ist es weiterhin wünschenswert, dass sowohl die Hersteller und Bestücker von elektronischen Baugruppen als auch Anwender von Vergussmassen gemeinsam mit den Materialherstellern die gewünschten Eigenschaften und die dazu notwendigen und möglichen Verfahrensschritte miteinander diskutieren und umsetzen. Nur mit solchen "round-table"-Gesprächen können für jeden individuellen Anwendungsfall erfolgreiche Lösungen erarbeitet werden. Über solche Diskussionen und Gespräche hinaus ist es dann auch möglich, diesen Leitfaden in regelmäßigen Abständen zu aktualisieren und zu verbessern.

Juni 2010

Die Verfasser des Leitfadens

¹ „Leitfaden für die Anwendung und Verarbeitung von Schutzlacken für elektronische Baugruppen - Auswahlkriterien, Anwendungsgebiete, Anforderungsprofile und Applikationshinweise“

Autoren: H. Schweigart, M. Guttman, H.-G. Drape, J. Gruse, S. Ballhaus, R. Houbertz, W. Klingel, P.A. Knödel, C. Mark, F. Nehmeier, M. Piepho, W. Schmitt, J. Schulz, G. Schulze, M. Stephan, M. Suppa, H. Zastrow
Herausgeber: M. Guttman¹, H. Schweigart²; ¹Institut für Mikrostrukturtechnik, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH; ²Dr. O.K. Wack Chemie GmbH, Ingolstadt

Verlegt bei der GfKORR - Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V.; Dritte, erweiterte Auflage, September 2008, ca. 170 Seiten; ISBN 978-3-935406-36-9

EINLEITUNG

Elektronische Schaltungen übernehmen von Jahr zu Jahr mehr Aufgaben in immer sensibleren Bereichen unseres Alltagslebens. Mit den steigenden Ansprüchen an dauernde Zuverlässigkeit steigen auch die Anforderungen an die Gestaltung der Produkte. Mehr Funktionen bedeutet in der Regel eine höhere Integrationsdichte und empfindlichere Schaltungen. Damit nimmt aber auch die Sensitivität gegenüber äußeren Störgrößen, wie Betauung, Schadstoffe, Vibration, Temperaturwechsel und andere zu.

Um einem vorzeitigen Ausfall während der Produktlebenszeit zu begegnen, werden elektronische Baugruppen wirkungsvollen Bearbeitungsschritten unterzogen. Heutzutage wird die Baugruppe sehr häufig nach der Oberflächenvorbehandlung mit einem dünnen Überzugslack versehen. Der ebenfalls durch den Arbeitskreis „Korrosionsschutz in der Elektronik und Mikrosystemtechnik“ der GfKORR (Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V.) erarbeitete Leitfaden „Anwendung und Verarbeitung von Schutzlacken für elektronische Baugruppen“ geht intensiv auf die Schutzlackierung und alle vor- und nachgelagerten Prozesse ein.

Der hier vorliegende Leitfaden soll in gleicher Weise das weite Themengebiet des Vergusses von elektronischen Baugruppen behandeln. Im Unterschied zur Schutzlackierung, bei der durch den dünnen Überzug die Bestückung noch als Kontur erkennbar bleibt, verschwindet beim Verguss die darunter liegende Elektronik komplett. Dadurch ist die höhere Schutzwirkung des Vergusses zu erklären, aber auch das höhere Zusatzgewicht. Die Diffusionswege für Feuchtigkeit und äußere Schadstoffe werden länger und die Bauteile noch besser stabilisiert. Derart hohe Anforderungen finden sich in vielen Branchen, welche den Verguss erfolgreich applizieren, wie z.B. Automotive, Industrieanlagen, Energie- und Medizintechnik. Insbesondere die Sensorik mit ihren stark exponierten Schaltungen kann erst durch den Verguss in klimatisch oder chemisch widrige Bereiche vordringen, in der sie ungeschützt nicht sicher funktionieren kann. Weitere sensible Anwendungsfelder für den Verguss finden sich in der Sicherheitstechnik, im Explosionsschutz und im Schutz vor Produktpiraterie.

Das Beschichten der Baugruppe ist in der Regel der letzte Schritt in der Wertschöpfungskette der Baugruppe. Fehler in diesem Prozessschritt können sich sehr kostenintensiv darstellen und im schlimmsten Falle verheerende Ergebnisse im Feld liefern. Dieser hier vorliegende Leitfaden stellt deshalb eine Gemeinschaftsarbeit zwischen Konstrukteuren, Produzenten, Vergießern und Anwendern der elektronischen Baugruppen dar. Er ist aus der Erkenntnis heraus entstanden, dass ein umfassendes und grundlegendes Verständnis der Beschichtung und ihrer Funktion auf elektronischen Baugruppen erforderlich ist. Hierzu ist es nötig, den ganzen Prozess kritisch zu analysieren.

Großer Bedeutung beim Verguss kommt der verwendeten Stoffklasse zu. Der Leitfaden beschreibt im ersten Kapitel die in der Praxis verwendeten Gießharze, ihre allgemeinen Eigenschaften und Verarbeitungsparameter bewusst neutral, ohne auf einzelne Markenprodukte der Hersteller einzugehen. Die Vielfalt der am Markt erhältlichen Vergussmassen geht auf die unterschiedlichen Schutzanforderungen der Baugruppen ein. Daher gibt es gelartige, weichere und harte, transparente und gefärbte, ungefüllte und gefüllte, dünnflüssige und zähflüssige Materialien auf der Basis von Polyurethan, Epoxid, Silicon, Polybutadien, Polyolefin und andere.

Der zweite Schwerpunkt in diesem Leitfaden liegt auf den üblicherweise verwendeten Vergusstechniken und den zugehörigen Anlagen. Auch hier gibt es viele Details zu beachten, dass ein auf den Stoff, die Stückzahl und die Befüllung abgestimmtes System optimal arbeiten kann. Ob manuell oder maschinell vergossen wird, mit ein- oder mehr-

komponentigen Stoffen, unter Atmosphäre, im Vakuum oder unter Druck - vor diesen Fragen und Entscheidungen steht, wer ein Vergussprojekt zu bearbeiten hat. Die Vergussvolumina können dabei ebenfalls sehr differieren und von wenigen Mikrolitern bis 100 Liter pro Bauteil reichen. Neben der klassischen Befüllung von Gehäuseteilen kann der Verguss auch selektiv oder durch Umspritzung geschehen, was für viele Sonderanwendungen ganz neue Möglichkeiten der Beschichtung und Produktgestaltung eröffnet.

In weiteren Kapiteln werden die Gegebenheiten der Bestückung, die Reinheitsanforderungen und Vorbehandlungsmethoden von Baugruppen erörtert. Letzteres fördert nicht nur den hoch isolierenden Schutz, sondern dient auch der verbesserten Materialhaftung – ein Schlüssel zum erfolgreichen Verguss. Das aber nicht immer alles problemlos und fehlerfrei abläuft, zeigt das Kapitel über die Schadensanalyse. Es verdeutlicht Problemstellungen aus der Praxis und bietet Lösungsvorschläge durch Aufzeigen der Hintergründe typischer Ausfallbilder.

Die Autoren des Leitfadens wünschen allen Einsteigern, Verwendern und Fortgeschrittenen der Vergusstechnik eine aufschlussreiche Lektüre des Leitfadens und eine erfolgreiche Umsetzung der allfälligen Vergussprojekte. Sollten aus dem Inhalt des Leitfadens oder der täglichen Arbeit Fragen zu dieser doch recht komplexen Thematik resultieren, können diese direkt durch die Autoren des Leitfadens beantwortet werden (siehe Kontaktinformationen im Firmen- bzw. Autorenverzeichnis).