



Inhalt:

1	Vorwort
2	Geltungs- und Anwendungsbereich
2.1	Geltungsbereich (Definition)
2.2	Anwendungsfelder
3	Grundlagen
3.1	Klebstoffe
3.2	Klebflächenzustand
3.3	Klebverbindung
3.4	Klebschicht, mechanische Beanspruchung
3.4.1	Statische Belastbarkeit
3.4.2	Dynamische Steifigkeit
3.4.3	Beanspruchung von Wagenkästen und deren Anbauteilen
3.5	Korrosionsschutz
3.6	Brandschutz
4	Hinweise zur konstruktiven Gestaltung der Klebverbindung
4.1	Bestimmung der Mindestklebfläche
4.2	Bestimmung der Mindestklebschichtdicke bzw. der Mindestfugenbreite
4.3	Schutz des Klebstoffs vor UV-Licht
5	Fertigung
5.1	Klebflächenbehandlung
5.2	Klebstoffapplikation
5.2.1	Naßmontageverfahren
5.2.2	Trockenmontageverfahren
5.3	Fertigungseinrichtungen
5.4	Arbeits- und Hilfsmittel
5.4.1	Förderanlagen für elastische Klebstoffe
5.4.2	Hinterfüllprofile
5.4.3	Abstandhalter
5.4.4	Klebbänder
5.5	Arbeitsschutz
6	Qualitätssicherung
6.1	Anforderungen an das Personal
6.2	Vorbereitung
6.3	Prozeßlenkung
6.4	Verifikation, Prüfungen, Dokumentation
7	Normen, Richtlinien, Merkblätter und Fachliteratur
8	Anhang
Anlage 1	Optimierung der Klebfugenberechnung durch Computersimulation
Anlage 2	Auslegungsbeispiele
Anlage 3	Prüfung des Klebstoffs und der Klebverbindung (Peeltest/Raupentest)
Anlage 4	Schutz der Klebschicht gegen ultraviolette Licht

1 Vorwort

Dieses Merkblatt befaßt sich mit der Vorbereitung und Durchführung des elastischen Dickschichtklebens im Schienenfahrzeugbau. Es werden Hinweise gegeben zur Validierung des Prozesses „Elastisches Dickschichtkleben“ entsprechend DIN EN ISO 9001:2000, Abschnitt 7.1.2.

Autoren als Ansprechpartner:

- Brede M. (IFAM – 0421 / 2246 - 476)
- Elsner H. (Dorel-Verlag – 030 / 77 20 38 - 11)
- Dietz, G. (Henkel-Teroson – 06221 / 704 - 498)
- Wacker G. (Germanischer Lloyd – 040 / 36 149 - 7000)
- Zanotti A. (Sika-Chemie – 07125 / 940 - 206)

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muß jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Ausschuß für Technik, Arbeitsgruppe „Schweißen im Schienenfahrzeugbau“

Fügeprozesses integriert sein. Dabei ist gegebenenfalls auch der Hersteller des Fügeteils mit einzubeziehen.

3.3 Klebverbindung

Wichtige mechanische Kenngrößen der Klebverbindung, die mit einem gewählten Klebstoff erreichbar sind, werden in der Regel an Standardprobekörpern aus Aluminium bestimmt.

In der Praxis werden elastische Dickschichtklebverbindungen jedoch auf einer Reihe unterschiedlicher Untergründe durchgeführt. Meist handelt es sich um Stahl, Aluminium oder GFK mit einem teilweisen oder kompletten Lackaufbau. Häufig werden auch eloxierte oder pulverbeschichtete Aluminiumteile eingesetzt.

Um die an den Standardprüfkörpern gewonnenen Erkenntnisse auch für diese praktischen Anwendungsfälle nutzen zu können, ist es erforderlich, daß sowohl die Haftung des Klebstoffes auf der Fügeoberfläche als auch die Haftung eventueller Beschichtungen untereinander sowie auf deren Untergrund während der vorgesehenen Lebensdauer der Verbindung ausreichend ist. Dazu muß in Versuchen mit praxisnah gestalteten Versuchskörpern und Alterungsbedingungen im Bruchbild mindestens 75 % Kohäsionsversagen beobachtet werden (s. Anlage 3).

3.4 Klebschicht, mechanische Beanspruchung

Abweichend vom im Schienenfahrzeugbau üblichen Sprachgebrauch wird in Abschn. 3.4.1 der Begriff der Statik bzw. der statischen Belastbarkeit im strengen Sinne verwendet, also für zeitlich konstante Belastungen.

Der Zusammenhang zwischen zeitlich veränderlichen Belastungen und Verformungen wird in Abschn. 3.4.2 behandelt.

3.4.1 Statische Belastbarkeit

Für dauernd auf die Fahrzeugstruktur einwirkende Belastungen dürfen die elastischen Dickschichtklebverbindungen wegen ihrer Kriechempfindlichkeit nicht als mittragend in den rechnerischen Nachweis der statischen Belastbarkeit des Gesamtfahrzeuges einbezogen werden.

Durch die Eigengewichte und durch unterschiedliche thermische Ausdehnungen geklebter Bauteile treten jedoch statische Langzeitbelastungen der Klebschicht auf, die bei der Auslegung berücksichtigt werden müssen.

3.4.2 Dynamische Steifigkeit

Hinsichtlich der dynamischen Steifigkeit des Fahrzeuges dürfen Dickschichtklebverbindungen Funktionen übernehmen, die kurzzeitige, wechselnde Belastungen (kleiner 1 h) nicht zu einer bleibenden Kriechverformung der Klebverbindung führen. Sofern die elastischen Klebschichten einen Beitrag zur dynamischen Steifigkeit des gesamten Fahrzeuges leisten, sind entsprechende Nachweise bei der Gesamtauslegung des Fahrzeuges zu erbringen (s. Anlage 1).

3.4.3 Beanspruchung von Wagenkästen und deren Anbauteilen

Alle Klebverbindungen müssen so ausgelegt sein, daß sie den Prüflasten (z. B. nach UIC 566) und den Betriebslasten ohne bleibende Kriechverformung und ohne Überschreitung der zulässigen Spannungen standhalten können. Nähere Erläuterungen über zulässige Spannungen und Verformungen finden sich in Abschn. 4.1 und 4.2 sowie in den Anlagen 1 und 2. Entsprechende Nachweise sind bei der Gesamtauslegung des Fahrzeuges gemäß den tatsächlichen Anwendungsfällen zu führen.

3.5 Korrosionsschutz

Durch chemische Stoffe (z. B. Reinigungsmittel nach DS 910 der DB AG) und Korrosionen können sowohl die Klebstoffschicht als auch die Fügepartner an der Grenzschicht angegriffen werden. Klebstoffe und die Klebverbindung mit den Klebstoffen häufig verwendeten einkomponentigen Primersysteme sind nicht immer als dauerhafter Korrosionsschutz geeignet. Im Außenbereich und in Bereichen, wo ein Kontakt mit korrosiv wirkenden Medien mög-

lich ist, sind daher metallische Fügepartner vor dem Kleben mit einem geeigneten dauerhaften Korrosionsschutz zu versehen. Dieser kann aus einem Lackaufbau und / oder Primersystem bestehen, deren Langzeiteigenschaften durch entsprechende Versuche mit den erwarteten korrosiven Medien nachgewiesen wurden.

3.6 Brandschutz

Die jeweils gültigen brandschutztechnischen Bestimmungen sind einzuhalten. Bei der Verwendung von Klebstoffen können im Brandfalle schädliche akuttoxische Pyrolyseprodukte in Abhängigkeit von der Art des verwendeten Klebstoffes und den Verbrennungsbedingungen entstehen.

Um eine sichere Evakuierung von Personen im Brandfall zu gewährleisten, wird bis zum Inkrafttreten der Vorbereitung befindlichen europäischen Norm zum Brandschutz für Schienenfahrzeuge (DIN EN 45545) folgende Regelung zusätzlich zu den derzeit bestehenden Regelungen empfohlen:

Werden im Fahrzeug Dickschichtklebstoffe eingesetzt, die im Brandfall akuttoxische Pyrolyseprodukte einsetzen können, darf die gesamte dem Fahrzeuginnenraum zugewandte Oberfläche dieser Klebstoffschichten pro laufendem Meter in Fahrzeuglängsrichtung nicht größer als $0,1 \text{ m}^2$ sein.

Als dem Fahrzeuginnenraum zugewandt gelten alle Oberflächen dieser Klebstoffe, die für Fahrgäste erreichbar sind und von einem bereits bestehenden Feuer im Fahrzeuginnenraum erreicht werden können. Dazu gehören auch solche Oberflächen dieser Klebstoffe, die Ziel einer Brandlastung sein können. Nicht dazu gehören Oberflächen dieser Klebstoffe, die sich in abgeschlossenen Bereichen befinden oder derart abgedeckt sind, daß ein bereits bestehendes Feuer im Fahrzeuginnenraum sie nicht direkt erreichen kann. Die Abdeckungen dürfen mit einfachen Mitteln nicht entfernbare sein und müssen den Anforderungen nach DIN 5510-2 (Entwurf Juni 2001) für nachweispflichtige Fahrzeugteile entsprechen (Tabelle 5, lfd. Nr. 40 bis 42 für Einbauten im Vouten- und Dachbereich bzw. lfd. Nr. 46 bis 48 für andere Einbauten entsprechen.

4 Hinweise zur konstruktiven Gestaltung der Klebverbindung

Die elastische Klebverbindung muß so ausgelegt sein, daß zum einen die notwendigen Kräfte sicher und dauerhaft übertragen werden können und zum anderen die Klebverbindung durch die auftretenden Bewegungen zwischen den Fügepartnern nicht geschädigt wird.

Um dies sicherstellen zu können, wird eine Spannungs- und eine Verformungsbetrachtung durchgeführt. Aus der Spannungsbetrachtung ergibt sich die Mindestklebfläche und aus der Verformungsbetrachtung die Mindestklebschichtdicke bzw. die Mindestfugenbreite.

4.1 Bestimmung der Mindestklebfläche

Um die auf die Klebverbindung wirkenden Lasten sicher und dauerhaft übertragen zu können, muß die Klebfläche ausreichend groß sein. Die Bestimmung der Mindestklebfläche erfolgt durch eine Spannungsbetrachtung:

$$A_{\min} = F / \sigma_{\text{zul}}$$

A_{\min} Mindestklebfläche [mm²]

F Kraft entsprechend Beanspruchungsrichtung [N]

σ_{zul} maximal zulässige Spannung, einschließlich der Abminderungsfaktoren und eines angemessenen Sicherheitsfaktors [MPa]

Die maximal zulässige Spannung kann an bauteilähnlich gestalteten Proben unter realitätsnahen Bedingungen ermittelt werden. Dabei sind die mechanischen (z. B. Zug-, Schub- oder mehrachsige Spannungszustände), chemischen (z. B. Umwelteinflüsse oder Reinigungsmedien), physikalischen (z. B. Temperatur, UV-Strahlung o. ä.) und zeitlichen (statisch, schlagartig, schwingend o. ä.) Belastungen den tatsächlichen Einsatzbedingungen anzupassen.