

Einfluß der Klebschichtdicke auf die Tragfähigkeit von Klebverbindungen

Untersuchungen zur Festigkeit von Klebverbindungen werden im allgemeinen mit dünnen Klebschichten durchgeführt. In der Praxis können die dünnen Schichten jedoch meistens nicht hergestellt werden. Es ist daher mit einem veränderten Tragverhalten zu rechnen.

Bei Untersuchungen zum Tragverhalten von Klebverbindungen haben die Klebverbindungen im allgemeinen Schichtdicken im Bereich von 1/10 - 2/10 mm. Diese dünnen Schichten führen zu hohen Klebfestigkeiten. Das kommt dem vielfach in der Klebtechnik vorhandenen Trend nach hochfesten Klebverbindungen entgegen.- Es bleibt dahingestellt, ob dieser Trend richtig ist.-

Beim Zugscherversuch ist der Einfluß der Klebschichtdicke auf die Klebfestigkeit relativ gering, Bild 1. Da der Zugscherversuch in der Klebtechnik eine dominierende Rolle spielt - die überwiegende Zahl der Veröffentlichungen baut auf Ergebnisse des Zugscherversuches auf - dürfte dieses Ergebnis die Einschätzung des Klebschichtdickeneinflusses geprägt haben, denn dem Einfluß der Klebschichtdicke auf das Tragverhalten von Klebverbindungen wird im allgemeinen nur wenig Beachtung geschenkt. Der Schälversuch stützt diese Betrachtung, denn hier ist der Einfluß noch geringer. Es ist kaum ein Einfluß der Schichtdicke feststellbar /9/. Es gibt jedoch andere Belastungen von Klebverbindungen, bei denen ein wesentlich stärkerer Einfluß der Klebschichtdicke auf die Tragfähigkeit vorhanden ist.

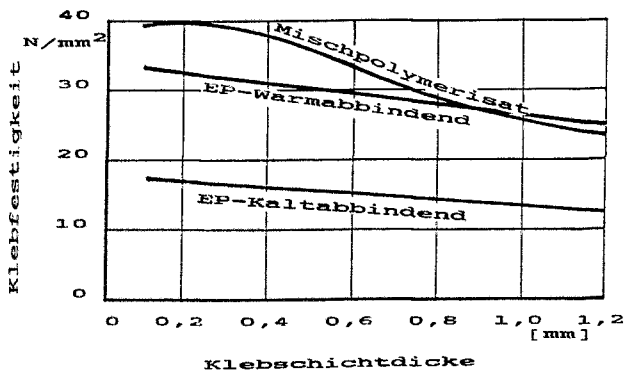


Bild 1: Einfluß der Klebschichtdicke auf die Zugscherfestigkeit von Klebverbindungen /1/

Bei einer Prüfung von Buchse-Bolzen-Klebverbindungen im Druckscherversuch ist bereits ein wesentlich stärkerer Einfluß der Klebschichtdicke festzustellen, Bild 2. Noch stärker ist der Einfluß beim Zugversuch, Bild 3. Eine Erhöhung der Schichtdicke auf 1 mm vermindert die Zugfestigkeit um etwa 2/3. Beim Zugscherversuch betrug der Abfall lediglich etwa 1/4.

Auch bei einer dynamischen Wechselbelastung von Klebverbindungen ist der Einfluß der Klebschichtdicke auf das Tragverhalten wesentlich stärker als bei der Zugscherprüfung, Bild 4. Besonders bei dünnen Schichten ergibt sich eine starke Verminderung der Tragfähigkeit.

Der stärkste Einfluß der Klebschichtdicke auf das Tragverhalten wurde im Zeitstandsversuch ermittelt, Bild 5. Verbindungen mit einer Schichtdicke von etwa 1/10 mm hatten bei einer Belastung von 75 % der Zugscherfestigkeit eine mittlere

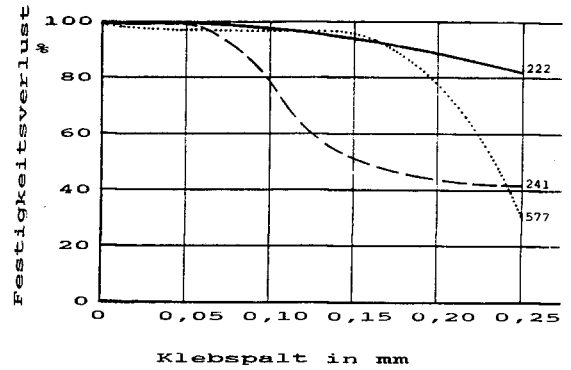


Bild 2: Verminderte Druckscherfestigkeit infolge dickerer Klebschichten /2/

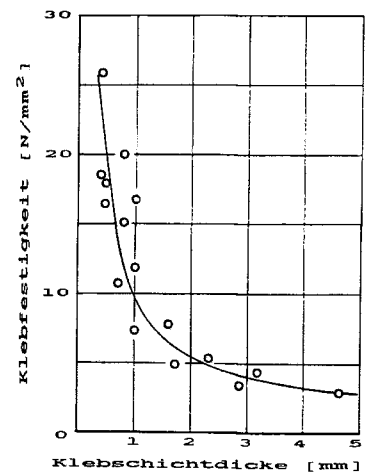


Bild 3: Einfluß der Klebschichtdicke auf die Zugfestigkeit von Klebverbindungen /3/

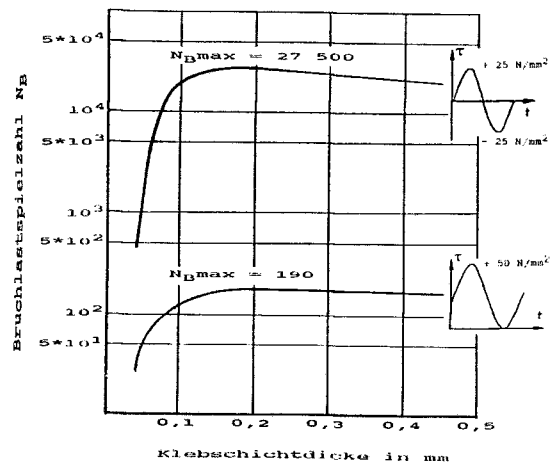


Bild 4: Einfluß der Klebschichtdicke auf die dynamische Tragfähigkeit von Klebverbindungen /4/

Standzeit von 500 h. Wird die Schichtdicke auf 2/10 mm verringert, so beträgt die Standzeit nur noch 6 min /5/. Für den Versuch wurde eine kurze Überlappung von 6 mm gewählt. Bei einer längeren Überlappung ist eine erhöhte Tragfähigkeit zu erwarten. Ursache hierfür ist der ungleichmä-

Biege Spannungszustand des Zugscherversuchs, der bei einer Zeitbelastung durch Kriechvorgänge eingeebnet wird. Größere Überlappungen besitzen deswegen die höheren Reserven. Bei dem für Bild 5 verwendeten Klebstoff handelt es sich um ein sprödes Epoxidharz. Bei verformungsfähigeren Klebstoffen, die stärker zum Kriechen neigen, muß mit einem noch stärkeren Einfluß der Schichtdicke gerechnet werden.

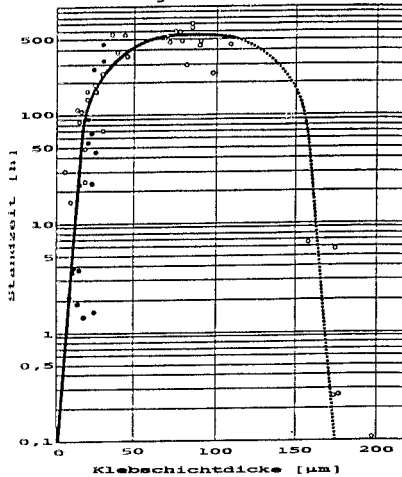


Bild 5: Einfluß der Klebschichtdicke auf die Zeitstandfestigkeit von Zugscherverbindungen /5/.

Die Klebschichtdicke beeinflusst neben der Festigkeit auch die Verformbarkeit der Klebschicht. Dünne Schichten sind schwerer zu verformen als dicke, der E-Modul ist höher, Bild 6. Ursache hierfür ist die Verformungsbehinderung durch die Metallfügeteile. Dieser Effekt baut sich bei dickeren Klebschichten ab. Bei dem hier verwendeten Klebstoff entspricht der E-Modul der Klebschicht ab 1,5 mm Dicke dem E-Modul einer aus dem Klebstoff selbst gegossenen Probe. Dünne Schichten sind allerdings, relativ gesehen, stärker verformbar als Dicke: sie haben eine höhere Bruchgleitung. Die Gleitung ist die auf die Klebschichtdicke bezogene Verformung. Die absolute Verformbarkeit ist jedoch bei dicken Schichten größer, Bild 7.

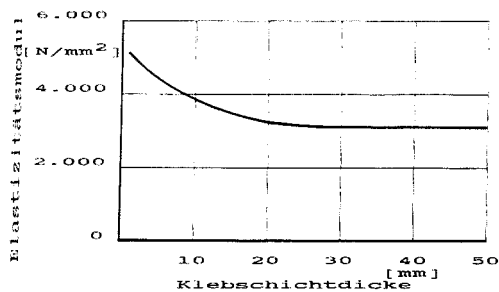


Bild 6: E-Modul einer Klebschicht in Abhängigkeit von der Klebschichtdicke

Aus dem oben gesagten folgt, daß in vielen Fällen ein starker Einfluß der Klebschichtdicke auf die Tragfähigkeit einer Klebverbindung vorhanden ist. Es gilt zu Fragen, wann dies zu beachten ist. Beim Flugzeugbau können dünne Klebschichten, allerdings in einem aufwendigen Verfahren, hergestellt werden. Hier werden Klebfolien, mit als Abstandshalter eingelegtem Gewebe, verwendet. Die Fügeteile, dünne Bleche, werden in Autoklaven bis auf das Gewebe zusammengedrückt. Auch bei Buchse-Bolzen-Klebverbindungen treten, aufgrund

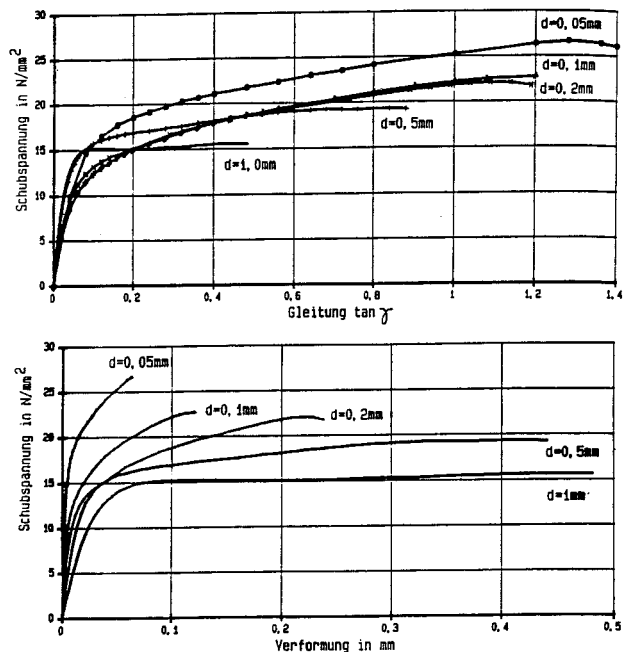


Bild 7: Schubspannungs-Verformungs- und Schubspannungs-Gleitungsverhalten von Klebschichten in Abhängigkeit von der Schichtdicke /6/

der Fertigung der Teile, kleine Fügepalte auf. Bei anderen Anwendungen der Klebtechnik ist mit wesentlich dickeren Klebschichten zu rechnen. Beim Kleben im Transporterbau (Firma VW) sind Toleranzen bis zu 7 mm zu überbrücken /7/. Auch im Nutzfahrzeugbau, in dem die Klebtechnik verstärkt Einzug hält, kommen große Toleranzen vor, z.B. bei Spiegelklebungen.

Klebverbindungen müssen so ausgelegt werden, daß sie bei allen auftretenden Spaltbreiten die erforderliche Tragfähigkeit haben. Da bei großen Schichtdicken das geringste Tragvermögen vorhanden ist, muß die Prüfung bei den größten Schichtdicken erfolgen. Es kann aber auch die dünnste Schicht der Schwachpunkt sein. Dies gilt für sehr dünne Klebschichten (etwa unter 0,01 mm) /8/ und wenn dünne Schichten dynamisch belastet werden, siehe Bild 4. Da dünne Klebschichten nur eine geringe absolute Verformbarkeit aufweisen, müssen sie weiterhin dann überprüft werden, wenn eine gewisse Mindestverformbarkeit der Schicht erwartet wird (Thermospannungen).

Literatur

- /1/ Matting, A.; Metallkleben, Berlin 1969
- /2/ Der Loctite, Ausgabe 1990/91, Firmenschrift der Loctite GmbH, München
- /3/ Meissner, H.P. und Merrill, E.W.; (1948) ASTM Bull. 151 (March) 80
- /4/ Yi, Xiao-Su; Beitrag zum strukturabhängigen mechanischen Verhalten von Klebstoffschichten, Schweißtechnische Forschungsberichte Band 19, Düsseldorf 1988
- /5/ Rembold, Ulrich; Untersuchungen von Metallklebverbindungen, Dissertation Technische Hochschule, Stuttgart 1957
- /6/ Wahono, Wiyu; Untersuchung von geometrischen Einflußfaktoren auf das Festigkeitsverhalten überlappter Kunststoff-Metall-Klebverbindungen, Diplomarbeit TU Berlin 1987
- /7/ Meier, Werner; Cordes, Hans Günther; Tragstruktur-Klebung, Klebstoff- und Verfahrenentwicklung für eine neue Nutzfahrzeuggeneration der Volkswagen AG, Tagungsband Internationale Klebtechnik Seminare, Rosenheim, München 1991
- /8/ Leyh, H.; Drehmomentübertragung mit geklebten Wellen-Naben-Verbindungen, Dissertation, TH Stuttgart 1963
- /9/ Althof, Walter; Metallklebverbindungen bei Schälbeanspruchung; Aluminium 42(1966)2, S.110-116