

Alterungsbeständigkeit von VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen

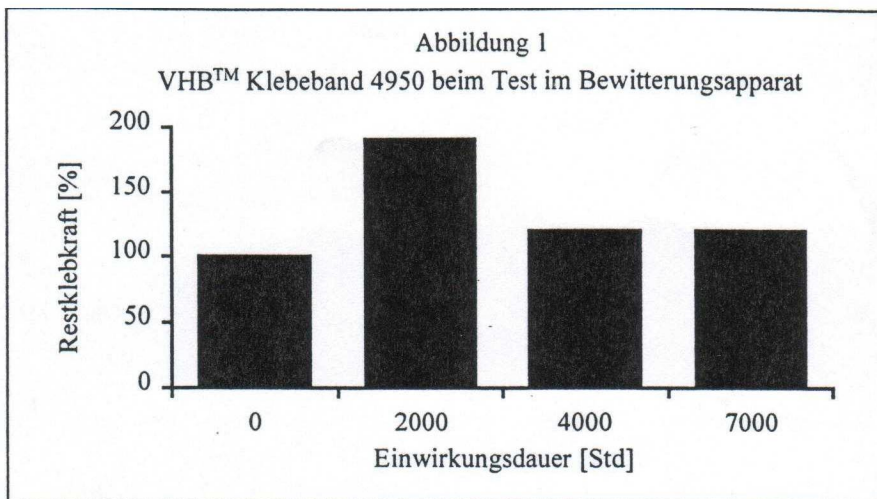
Zusammenfassung	Dieses Technical Service Bulletin gibt Aufschluss über das Langzeitverhalten von VHB™ (V erbindungen h öchster B elastbarkeit) Hochleistungs-Verbindungssystemen sowie ihre Leistungsfähigkeit in unterschiedlich anspruchsvollen Einsatzbereichen. Beschrieben werden unter anderem die chemische Zusammensetzung, die Beständigkeit gegen Extrembeanspruchungen, 3Mspezifische und externe Tests zur Prüfung des Langzeitverhaltens sowie spezielle Anwendungsbereiche, in denen sich VHB™ Produkte auch unter schwierigsten Bedingungen optimal bewährt haben. Gleichzeitig werden verschiedene Prüfergebnisse hinsichtlich Beständigkeit gegen Feuchtigkeit, UV-Licht, beschleunigte Bewitterung und Freiluftbewitterung sowie gegen thermische und mechanische Belastungen erläutert.
Zusammensetzung	3M ist seit über 30 Jahren eines der technologisch führenden Unternehmen im Bereich PSA (pressure sensitive adhesive) Acrylatklebstoff Technologie. VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme sind ein Beispiel für diese Innovation und durch Schutzrechte abgesicherte Technologie. Grundlage für die sehr gute Alterungsbeständigkeit dieser Produkte ist ihre Polymer-Verbindung. Die Polymerketten setzen sich aus C-C-Einfachverbindungen (Kohlenstoff-Kohlenstoff) zusammen, die sich durch sehr hohe Beständigkeit gegenüber Energie in Form von Wärme oder UV-Licht sowie chemische Angriffe auszeichnen. Bei weniger robusten Schaum- oder Klebstoffen kann es unter solchen Bedingungen zu einer Spaltung des Schaums bzw. des Polymers und damit zu einer Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften kommen. Acrylatklebstoffe neigen statt zur Kettenspaltung (Spaltbruch) zu zusätzlicher Vernetzung. Das bedeutet, dass sich Acrylatmaterialien bei längerer Beanspruchung nicht zersetzen, sondern nur eine höhere Zähigkeit aufbauen. Das Ergebnis ist eine stärkere und langfristige Verklebung.
Temperaturbeständigkeit	Aufgrund der anspruchsvollen und vielseitigen Anwendungen für VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme spielt die Alterungsbeständigkeit für die Leistungsfähigkeit dieser Produkte stets eine wichtige Rolle. Eines der grössten Probleme bei Klebebändern ist der Erhalt der Klebkraft bei Belastung durch höhere Temperaturen. Bei internen Tests wies z.B. der VHB™ Klebstoff-Film 9473PC unverarbeitet nach 5 Jahren Lagerung bei +65°C eine Schälfestigkeit von 92 % auf. Dabei waren Anfangsklebkraft und Schutzpapierentfernung immer noch sehr gut. Der geringe Unterschied bei den Schälwerten lässt den Schluss zu, dass eine langfristige Belastung durch hohe Temperaturen auf die Klebebandrolle nur wenig Einfluss hat. Unbeschadet überstanden VHB™ Klebebänder kurzfristig eine Temperatur bis +150°C und VHB™ Klebstoff-Filme eine solche bis +260°C.

Technical Service Bulletin

Alterungsbeständigkeit von VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen

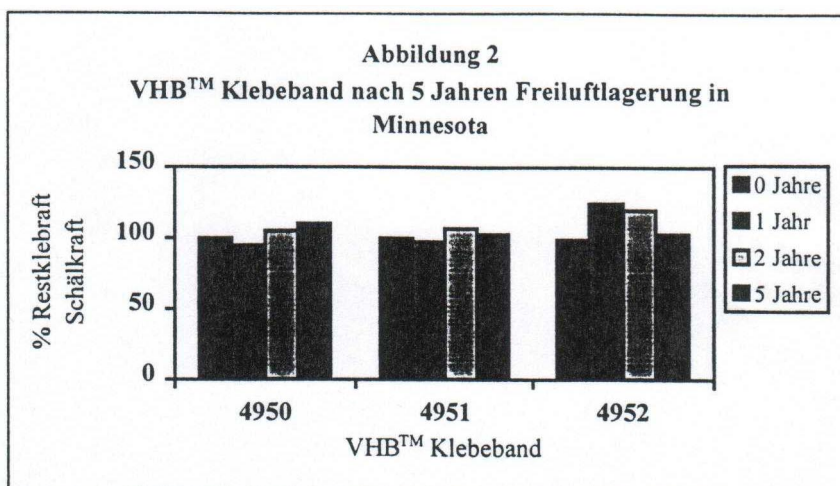
Künstliche Bewitterung

Bei einer Reihe von anderen beschleunigten Alterungstests in Bewitterungsapparaten wurden Klebeverbindungen Temperatur, Feuchtigkeit und konzentriertem UV-Licht ausgesetzt. Bei dynamischer Scherung wirkten dabei Temperaturwechsel, Feuchtigkeit sowie Kohle- und Lichtbogenlampen auf eine überlappende Klebeverbindung von 4950 VHB™ Klebeband mit Edelstahl ein: Weather-O-meter Test. Kleinere Probenkörper waren dabei verstärkter UV-Einwirkung am Rand ausgesetzt. Abbildung 1 zeigt, dass während dieser Tests die Klebkraft auch nach 700 Stunden Verweilzeit im Bewitterungsapparat nichts an ihrer ursprünglichen Leistungsfähigkeit einbüsst.



Freiluftbewitterung

Auf Freiluftbewitterungsanlagen in verschiedenen Teilen der Welt werden zusätzlich Tests durchgeführt, um Daten über die Alterungsbeständigkeit von VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen zu gewinnen. Nach zwei bis fünf Jahren Freiluftlagerung im feuchtheissen Klima Floridas, im trockenen, heissen und sehr sonnigen Arizona und bei den Kälte/Hitze Extremen in Minnesota behielten Verklebungen mit VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen auf Aluminium, Glas, PVC und lackiertem Metall ihre Klebkraft zu 100 %. Abbildung 2 zeigt die konstante Leistungsfähigkeit der VHB™ Klebebänder 4950, 4951 und 4952 nach 5 Jahren Freiluftbewitterung in Minnesota. Ähnliche Ergebnisse wurden in fünfjährigen Testversuchen an VHB™ Klebebändern in Japan erzielt.



Technical Service Bulletin

Alterungsbeständigkeit von VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen

Feuchtigkeits- und Lösemittelbeständigkeit

Aluminium zu Aluminium Verbindungen mit VHB™ Klebeband 4945 wurden 8 Jahre lang in 5 % Salzwasser und in Leitungswasser gelagert. Nach dem Test kamen unter der Klebeverbindung glänzende, saubere Aluminiumflächen zum Vorschein. Beim gezielt herbeigeführten Bruch der Verbindung wurde eine Kombination aus Adhäsions- und Kohäsionsversagen festgestellt, was auf sehr hohe Leistungsfähigkeit schliessen lässt. Ein Polymer kann bei langfristiger Belastung durch hohe Feuchtigkeit oder Einlagerung in Wasser flexibler und dehnbarer werden. Eine nachträgliche Reduzierung der Höchstklebkraft konnte nach mehreren Tagen beobachtet werden. Sie lag im Bereich von 40 %. Dieser Effekt ist typisch, da er mit der Steigerung der Elastizität einhergeht. Ähnliches wird häufig bei vernetzten Silikon-Materialien beobachtet, die ebenfalls für ihre Alterungsbeständigkeit bekannt sind. Nach dem Trocknen der VHB™ Klebeverbindung unter normalen Umweltbedingungen stellt sich heraus, dass dieser Effekt reversibel ist und die Verbindung ihre ursprüngliche Festigkeit im Trockenzustand zurückerhält. Spritzer oder versehentlicher Kontakt mit Lösemitteln wie Treibstoffe, Alkohol, Klebstoffentferner und auch schwache Säuren und Basen haben keinen nachweisbaren Einfluss auf die Klebkraft. Nur nach Einlagerung in aggressiven Treibstoffen oder Lösemitteln kann eine Erweichung der VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme festgestellt werden. Hinweis: Während kurzfristige Belastungen mit Substanzen dieser Art keinen Einfluss auf VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme haben, ist Dauereinwirkung zu vermeiden.

UL-Listing und Alterungsprüfung

Die VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme wurden nach den strengen Vorschriften von UL 746 C getestet und anerkannt. Um diese Listung zu erhalten, muss ein Klebeband nach langfristiger Belastung durch hohe Temperaturen, Kälte und Wechselbedingungen seine Klebkraft erhalten. Diese Fähigkeit wird in strikten Qualifikationstests und regelmässigen Kontrollen durch Underwriter's Laboratories (UL) nachgewiesen. Die untenstehende Tabelle gibt einen Überblick über die VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme mit UL 746 C Listung, die verschiedenen Substrate sowie die jeweilige Höchsttemperatur für Klebeverbindungen.

3M VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme UL 746 Listung - File MH 17478		
Produkte	Substrate	Temperatur
VHB™ Klebebänder 4950, 4930, 4920	- Aluminium, Edelstahl, verzinkter Stahl, lackierter Stahl, Glas/Epoxid, Keramik - PBT (Valux) - Polycarbonat, ABS, Hart-PVC	110°C 90°C 75°C
VHB™ Klebebänder 4945, 4941, 4936, 4926	- Keramik - Aluminium, Edelstahl, verzinkter und lackierter Stahl, Polycarbonat, Hart-PVC, Glas/Epoxid, PBT - ABS	110°C 90°C 75°C
VHB™-Klebeband 4945	- Phenol, Aluminium, verzinkter Stahl, Alkydlack - Polyamid (Nylon), Polycarbonat, ABS - Hart-PVC	110°C 90°C 75°C
VHB™ Klebebänder F-9473PC, F-9469PC, F-9460PC	- Edelstahl, Glas/Epoxid, lackierter Stahl, Keramik, Phenol, nickelbeschichteter Stahl (nur 9469) - ABS, Polycarbonat, aluminiumbeschich- teter Stahl - Hart- PVC	110°C 90°C 75°C

Technical Service Bulletin

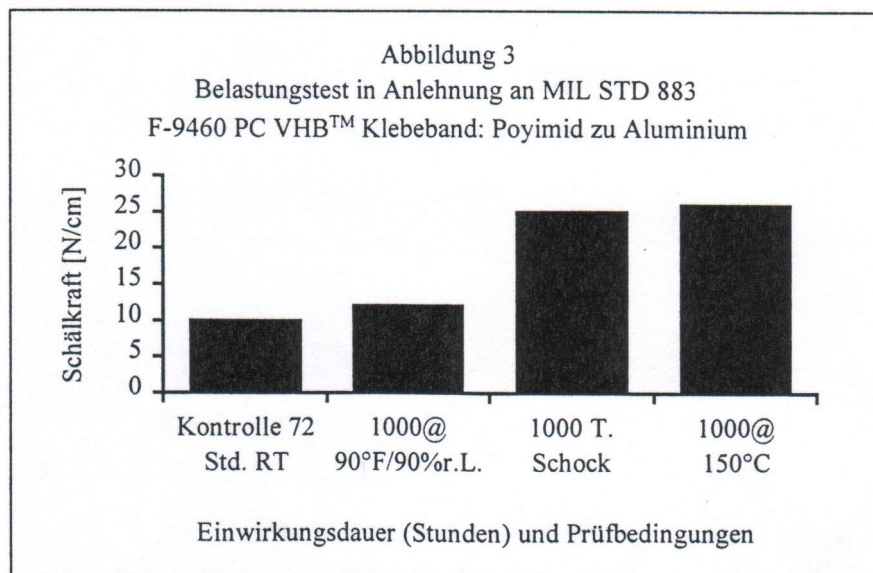
Alterungsbeständigkeit von VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen

Transparenz

Seit Einführung der transparenten VHB™ Klebebänder 4910 und 4905 spielen langfristige Transparenz und Erhalt der Optik eine zusätzliche Rolle. In einem beschleunigten Bewitterungsapparat wurden Klebeverbindungen 3000 Stunden lang hohen Temperaturen und intensiver UV-Bestrahlung ausgesetzt. Zur Bewertung der Transparenz wurden 3 mm dicke Float-Glasplatten mit dem 1 mm dicken VHB™ Klebeband 4910 verklebt. Während der Einwirkungszeit wurde der Prozentsatz der Transparenz kontinuierlich überprüft. Nach der langen, aggressiven Bestrahlung wurde nur eine Abweichung von 1 % festgestellt, wobei der Prozentsatz von ursprünglich 88,2 % auf 87,3 % sank. In Umgebungen mit hoher Feuchtigkeit kann es bei den Klebeändern 4910 und 4905 wegen einer leichten Aufnahme von Wassermolekülen zu einer schwachen Trübung kommen. Da alle Produkte der VHB™ Klebeband-Serie die gleichen Acrylatpolymere verwenden, liegt auf den Grundlagen dieser Ergebnisse eine vergleichbare Stabilität der gesamten Produktfamilie nahe.

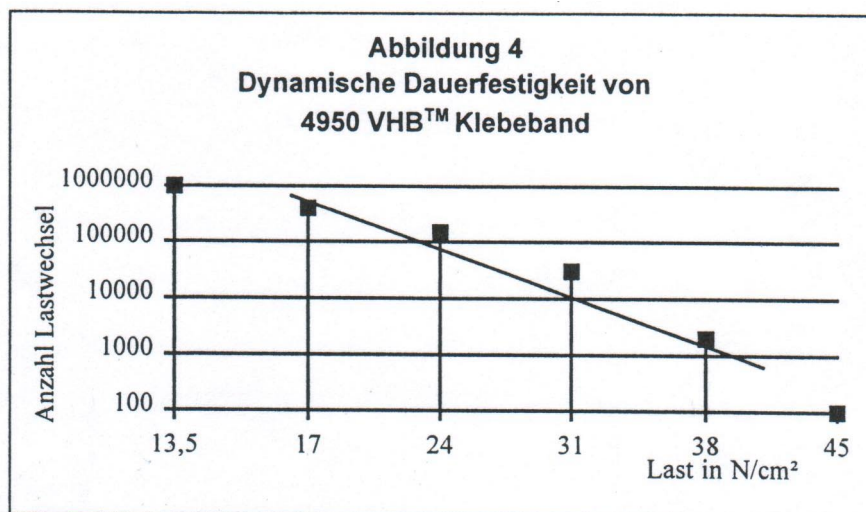
Temperaturwechselbeständigkeit

Ebenfalls gut bewährt haben sich VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme in Tests, die in Anlehnung an US-Militär Standard 883 die Eignung von alterungsbeständigen Produkten für die Elektronik-Industrie untersuchen. In diesen Tests werden verklebte Verbindungen 1000 Stunden lang Temperaturen von +150°C, 1000 Stunden lang Temperaturen von +85°C und 85 % relativer Luftfeuchtigkeit und 1000 Stunden lang stündlichen Temperaturwechseln von +50°C auf +150°C ausgesetzt. Abbildung 3 zeigt die optimale Leistung des VHB™ Klebstoff-Films 9460PC in diesen Tests, bei denen Polyimid und Aluminium verbunden wurden. Die Schälkraft nimmt mit der Zeit generell zu, da der hochleistungsfähige PSA-Klebstoff die Oberfläche besser benetzt.



Dauerfestigkeit

Dauerfestigkeit ist ein weiterer wichtiger Faktor für die Alterungsbeständigkeit. In vielen Klebstoff-Tests werden kurzzeitig Schälkraft, Scher- und Zugfestigkeit untersucht, wobei der Probenkörper innerhalb weniger Sekunden gelöst wird. Diese Tests eignen sich zur schnellen Bestimmung der maximalen Klebkraft, geben aber keinen Aufschluss über die Fähigkeit eines Produkts, Vibrationen oder wiederholte Belastungen zu ertragen. Da VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme in vielen Anwendungen eingesetzt werden, die Dauerfestigkeit voraussetzen, z.B. bei LKWs oder Schildern, hat 3M einen speziellen Test zur Beschreibung dieser Eigenschaft entwickelt. In einer konstanten Spannungseinrichtung wurden Probenkörper zyklisch einer Reihe von Belastungen ausgesetzt. Die Beanspruchungen wurden so gewählt, dass das Versagen der Klebeverbindungen zu unterschiedlichsten Zeiten auftritt. Bei abnehmender Belastung überstehen die Proben mehr Durchgänge. Diese Tendenz kann als Halblogarithmus wie in Abbildung 4 dargestellt werden. Das Diagramm ergibt eine Gerade, mit deren Hilfe sich die langfristige Leistung bei geringerer Belastung voraussagen lässt, deren Messung unpraktikabel ist. Bei einer geschätzten Produktlebensdauer für zyklische Belastung können die Daten extrapoliert werden, um die maximal erträgliche Belastung zu ermitteln. Für VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme liegt dieser Wert normalerweise bei 14 N/cm^2 für eine Million Zyklen mit voller Umkehrbelastung. VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme schneiden aufgrund ihrer eigentümlichen Viskoelastizität in der Regel bei Tests dieser Art sehr gut ab. Der Acrylat-Kern und der Klebstoff nehmen die Energie auf und gleichen die Belastung aus, wobei der Klebstoff besser auf dem Substrat haften kann.



Technical Service Bulletin

Alterungsbeständigkeit von VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen

Alterungsbeständigkeit in der Praxis

Neben diesen positiven Prüfergebnissen bietet die Praxis einige der besten Beispiele für die Leistungsfähigkeit der VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme. VHB™ Klebstoff-Filme werden seit Mitte der 70er Jahre, VHB™ Klebebänder (mit einer Dicke von > 0,25 mm) seit 1980 eingesetzt.

Eine der ältesten und spektakulärsten Anwendungen für VHB™ Hochleistungs-Verbindungssysteme finden sich bei der Fertigung von Krankenwagen. Die Aluminiumplatten, aus denen die Karosserie besteht, werden mit VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen am Rahmen befestigt. In dieser Anwendung ist Alterungsbeständigkeit unter härtesten Bedingungen erforderlich, da die robusten Fahrzeuge jahrelang in Betrieb bleiben.

Ein Beispiel für Langzeitanwendungen mit optimaler Leistung ist die Konstruktion von Fassadenelementen, z.B. das Gebäude des Finanzamtes in Singapur. Hier werden die äusseren Platten gegen Windböen gesichert, indem unsichtbare Versteifungsprofile auf der Innenseite der Platten befestigt werden. Diese Verbindungen müssen Windattacken, täglichen Wärmeausdehnungszyklen und hohen Temperaturen standhalten. Ähnliche Fassadenanwendungen gibt es weltweit. Auch Bau-schilder und Verkehrsschilder halten mit VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen konstanter Bewitterung, Wind und gelegentlichen Stürmen seit Anfang der 80er Jahre stand.

Ein weiteres Beispiel für das optimale Langzeitverhalten von VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen findet sich bei der Herstellung von LKW Aufbauten. Auf dem Bendix Autotestgelände in Indiana, USA, wurde ein Kleintransporter in voller Grösse mit Schlafkabine und allen äusseren Platten und Türen montiert. Dabei wurde zur Verklebung der Platten auf die Rahmenkonstruktion das VHB™ Klebeband 4950 eingesetzt. Nach ca. 190'000 simulierten Fahrkilometern auf der anspruchsvollen Teststrecke waren die Verbindungen mit VHB™ Klebebändern immer noch vollkommen intakt. Eine beeindruckende Leistung angesichts der Tatsache, dass bei einigen mechanisch befestigten und verschweissten Teilen Mängel festgestellt wurden, die vor Fortsetzung der Tests zunächst behoben werden mussten.

Eine der anspruchsvollsten Anwendungen für VHB™ Klebstoff-Filme ist auf dem Aussenrumpf von Flugzeugen zu finden. So werden z.B. beim Airbus die Scheuerleisten aus Edelstahl auf der Landeklappe ihrer Tragflächen befestigt. Diese Leisten verhindern die Reibung zwischen Klappen und Tragfläche während Start, Landung und Flug. Diese Leisten werden bereits seit 1984 mit dem VHB™ Klebstoff-Film 9473 befestigt. Optimale Alterungsbeständigkeit spielt in dieser Anwendung eine besonders grosse Rolle, da die Klebverbindung mehrmals täglich hohen Temperaturschwankungen zwischen der direkten Sonneneinstrahlung auf dem Boden und Minustemperaturen von bis zu -55°C bei voller Flughöhe ausgesetzt sind.

Ausführliche Angaben zur Verarbeitung von VHB™ Hochleistungs-Verbindungssystemen finden Sie im VHB™-Verarbeitungshinweis.

Die vorstehenden Angaben sind das Ergebnis gründlicher Forschung; sie entsprechen dem Stande unserer Erfahrungen. Ein eigener Versuch wird Sie von den hervorragenden Eigenschaften des 3M-Produktes überzeugen; prüfen Sie selbst, ob sich das Produkt für Ihre Zwecke eignet. Unsere evtl. Haftung beschränkt sich auf den Wert des 3M-Produktes als solchen. Wir können keine Haftung für die mittelbaren Schäden, insbesondere für die Anwendung oder spezielle Art der Verwendung oder die Unbenutzbarkeit des Produktes, übernehmen. Niemand ist berechtigt, in unserem Namen Empfehlungen oder Zusicherungen zu geben, die über den Inhalt unserer Informationsblätter hinausgehen.

3M (Schweiz) AG

Scotch Klebebänder, Klebstoffe und Kennzeichnungssysteme
Eggstr. 93
8803 Rüschlikon
Tel. 01/724 91 21/72/31, Fax. 01/724 90 68

3M (Suisse) SA

Rubans adhésifs, colles et systèmes d'identification **Scotch**
Chemin du Rionzi 59
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. 021/643 16 16, Fax 021/643 16 20