

Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung

1.0 Einführung

DMS können erfolgreich auf fast alle festen Werkstoffe geklebt werden, wenn die Materialoberfläche vorher in *richtiger und angemessener Weise* präpariert worden ist. Obwohl es sicher viele Wege gibt, den gewünschten und erforderlichen Oberflächenzustand zu erzielen, bieten die hier beschriebenen Techniken und Verfahren doch eine Reihe von Vorteilen. Zunächst einmal stellen sie ein sorgfältig entwickeltes und gründlich geprüftes System dar. Werden die gegebenen Anweisungen präzise befolgt (sowie die entsprechenden Instruktionen zur Kleber- und DMS-Handhabung), ergeben sich als folgerichtiges Resultat stabile Klebeverbindungen hoher Festigkeit. Die entsprechenden Verfahren sind leicht zu erlernen, einfach in der Durchführung und ohne Weiteres reproduzierbar.

Wenn nicht besonders vermerkt, sind die bei den einzelnen Verfahrensschritten anzuwendenden Mittel im Allgemeinen von niedriger Toxizität. Die unter diesen Mitteln vorkommenden Lösungsmittel oder andere, Dämpfe abgebende Reagenzien, erfordern in den Arbeitsräumen, über normale Belüftung hinaus, keine besondere Ventilations- oder andere einschneidende Sicherungsmaßnahmen.

Die Wichtigkeit einer wirklich detaillierten und genauen Befolgung der Arbeitsanleitungen zur Oberflächenvorbereitung für DMS-Klebung kann gar nicht genug betont werden. Weniger Sorgfalt oder sogar Lässigkeit können manchmal ganz zufriedenstellende DMS-Installationen ergeben. Aber um bei der Herstellung hochqualitativer Messstellen *dauerhaft und ausnahmslos* erfolgreich zu sein, führt kein Weg an den hier beschriebenen Methoden vorbei. Eine Grundlage des Vishay Micro-Measurements-Systems zur Oberflächenvorbereitung ist das Verständnis der Begriffe Sauberkeit und Kontamination. Der allgemeine Begriff "Verschmutzung", als Gegenteil von *Sauberkeit* anstelle von *Kontamination* gebraucht, wäre im technischen Sinn zu unscharf und könnte zu Missverständnissen führen. Eine Oberfläche könnte durchaus unverschmutzt, also sauber aussehen und müsste doch hinsichtlich einer qualitativ einwandfreien DMS-Installation als kontaminiert gelten. Alle offenen Oberflächen, die nicht *frisch* gereinigt sind, müssen in diesem Sinne als kontaminiert begriffen werden. Ebenso ist es zwingend geboten, dass alle zur Oberflächenvorbereitung herangezogenen Mittel frisch, sauber und nicht kontaminiert sein müssen. In diesem Zusammenhang ist die Bemerkung angebracht, dass alle DMS, wie sie von der Vishay Micro-Measurements geliefert werden, che-

misch sauber sind, und dass ihre Klebefläche zur Unterstützung der gewünschten Klebequalität besonders behandelt ist. Einfaches Berühren mit den Fingern (welche auf jeden Fall als kontaminiert zu gelten haben) kann einer hinreichenden Klebequalität irreversibel schaden.

Das Vishay Micro-Measurements-System der Oberflächenvorbereitung besteht aus fünf grundsätzlichen Schritten. In der Reihenfolge der Durchführung sind dies:

1. *Entfetten mit Lösungsmittel*
2. *Aufräuen/Schmirgeln*
3. *Markieren des DMS-Installationsplatzes*
4. *Konditionierung der Installationsfläche*
5. *Neutralisierung der Installationsfläche*

Diese fünf Arbeitsgänge können in ihrer Folge abgewandelt und in ihrer Durchführung modifiziert werden, um so den Eigenschaften verschiedener Probenwerkstoffe gerecht zu werden, und es können Ausnahmen eingeführt werden, wie sie gewisse Spezialwerkstoffe und Anwendungssituationen erfordern.

Nach einer Zusammenfassung der allgemeinen Prinzipien, die dem gesamten Prozess zugrunde liegen, werden im **Abschnitt 2.0** die Arbeitsschritte zur Oberflächenvorbereitung im Einzelnen beschrieben. In **Abschnitt 3.0** werden besondere Vorsichtsmaßnahmen und Überlegungen diskutiert, die beachtet werden müssen, wenn unübliche Probenwerkstoffe und/oder Oberflächenbedingungen vorliegen.

Die verschiedenen Materialien zur Oberflächenvorbereitung und DMS-Installation, auf die in diesem Instruktions-Bulletin Bezug genommen wird, gehören zur *M-Line Zubehör-Produktpalette* der Vishay Micro-Measurements. Sie werden im DMS-Zubehör-Katalog A-110 beschrieben und sind bei allen Vertriebsniederlassungen der Vishay Micro-Measurements erhältlich.

Um dem DMS-Installationstechniker eine schnelle und präzise Entscheidung über zu vollziehende Oberflächenvorbereitungsschritte zu ermöglichen, enthält der **Abschnitt 4.0** eine Auflistung von 75 mehr oder weniger häufig vorkommender Probenwerkstoffe und die für sie erforderlichen Techniken zur Oberflächenvorbereitung.

Auf der letzten Seite dieses Instruktions-Bulletins befindet sich ein Formularentwurf, der kopiert werden kann, und mittels dessen von Aufsichtspersonen individuelle Arbeitsblätter zur Oberflächenvorbereitung für die durchführenden Techniker angefertigt werden können. Das kopierte

Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung

Arbeitsblatt wird mit den Informationen aus den Auflistungen in Abschnitt 4.0 ausgefüllt, sodass dem Installations-techniker eine komplette Verfahrensvorschrift zur Oberflächenvorbereitung für alle in den Listen befindlichen Materialien an die Hand gegeben werden kann.

2.0 Grundsätzliche Oberflächen- vorbereitungsschritte und -Techniken

2.1 Allgemeine Grundsätze der Oberflächen- vorbereitung zur DMS-Klebung

Das Ziel der Oberflächenvorbereitung ist es, eine chemisch saubere Oberfläche herzustellen, die eine den DMS-Installationsanforderungen gemäße Oberflächenrauigkeit zeigt, einen pH-Wert möglichst nahe 7 aufweist und mit einem Linienwerk versehen ist, welches eine entsprechende Platzierung und Ausrichtung des DMS ermöglicht. Dem Erreichen dieses Zieles dienen alle hier beschriebenen Arbeitsschritte.

Wie weiter oben schon bemerkt, gilt absolute Sauberkeit als erstes Gebot für den gesamten Oberflächenvorbereitungsprozess. Auch ist es wichtig, während aller Arbeitsschritte ein erneutes Kontaminieren von bereits gesäuberten Oberflächen strikt zu vermeiden. Hier einige Hinweise darauf, wie eine Rekontamination von Oberflächen nur zu leicht geschehen kann:

- Berühren der gesäuberten Oberfläche mit den Fingern.
- Hin- und Herwischen mit Reinigungspapier oder Gazetupfern, oder Wiedergebrauch von bereits benutztem Reinigungspapier oder Gazetupfern.
- Hereinziehen von Schmutz aus ungesäuberten Bereichen in den gereinigten Bereich.
- Eintrocknen von Säuberungsreagenzien auf der Oberfläche.
- Wartezeiten von mehr als einigen Minuten zwischen Beendigung der Oberflächenvorbereitung und der DMS-Installation, oder generell zu viel Zeitabstand zwischen der Durchführung von Arbeitsschritten.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, die Oberflächenvorbereitung mit sauberen, frisch gewaschenen Händen vorzunehmen und die Hände bei Bedarf auch während der Arbeiten wiederholt zu säubern.

2.2 Entfetten mit Lösungsmitteln

Das Entfetten mit Lösungsmitteln erfolgt, um Ole, Fette, organische Verunreinigungen und lösliche chemische Rückstände zu entfernen. Das Entfetten sollte immer der erste Schritt der Oberflächenvorbereitung sein. Damit wird vermieden, dass die genannten Verunreinigungen beim Schmirgeln/Aufrauen in die Oberfläche hineingetrieben werden. Poröse Werkstoffe wie Titan, Gusseisen, Aluminiumguss und dergleichen können ein Erhitzen erforderlich machen, um absorbierte Kohlenwasserstoffe oder andere Flüssigkeiten verdampfen zu lassen.

Ein Entfetten der Oberfläche wird erreicht mittels Heiß-

dampf-Entfetter, Ultraschall-Flüssigkeitsbad, Lösungsmittel CSM-2 in Spraydosen oder durch Abwischen mit Isopropylalkohol. Lösungsmittel wie CSM-2 oder Isopropylalkohol sollten vorzugsweise in Spraydosen sein, da deren Inhalt nicht verunreinigt werden kann. Wann immer möglich, sollte die gesamte Probe entfettet werden. Ist das bei größeren Bauteilen nicht möglich, sollte ein Bereich entfettet werden, dessen Rand einen Abstand von 100 bis 150mm zum DMS wahr. Damit wird die Gefahr einer Rekontamination der unmittelbaren Installationsfläche während der folgenden Schritte minimiert, und es ergibt sich bereits eine gesäuberte Fläche für das später erfolgende Aufbringen von Schutzabdeckungen.

2.3 Aufrauen der Oberfläche - Schmirgeln

Allgemeines — Zur Vorbereitung der DMS-Klebung wird die Probenoberfläche abgeschmirgelt oder abgeschliffen, um lose Teile auf der Oberfläche, Oxidschichten, galvanisch aufgebraute Schichten, Farbe, schuppige Oberflächen und dergleichen zu entfernen. Lösliche Farben und Lacke sollten allerdings mit geeigneten Mitteln schon vor dem in Abschnitt 2.2 behandelten Entfetten beseitigt werden. Mit dem Schmirgeln - in manchen Fällen bedeutet das unter Umständen ein Aufrauen - soll eine Oberflächentextur geschaffen werden, die den Forderungen der DMS-Klebeteknik entspricht. Der Vorgang kann auf verschiedene Weise durchgeführt werden, je nachdem, wie sich der ursprüngliche Zustand der Oberfläche darbietet. Bei sehr rauen und/oder unebenen Installationsflächen mag ein Anschleifen mit einer Schleifmaschine notwendig sein, oder es muss geschruppt oder gefeilt werden. Allerdings darf dabei die Bauteilform nicht so geändert werden, dass daraus eine Änderung des zu messenden Dehnungsfeldes folgt. (*Zur Beachtung: Vor der Durchführung von Schleif- und Schmirgelarbeiten siehe Sicherheitshinweise in Abschnitt 3.1*). Das zu erzielende Oberflächenfinish wird schließlich mit Schmirgelpapier entsprechender Körnung hergestellt, wobei die für die einzelnen Werkstoffe günstigen Körnungen den Tabellen in **Abschnitt 4** entnommen werden können.

Sollte eine Abstrahlvorrichtung Verwendung finden, liefern das Strahlgut Aluminiumoxid-Pulver oder Silikasand der Körnungen 100 bis 400 zufriedenstellende Ergebnisse. Allerdings muss das Strahlgut sauber, also jungfräulich sein, und es darf für Zwecke der Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung nicht wiederverwendet werden. Wichtig ist auch, dass alle vom Kompressor kommenden Kontaminationen (Hydrauliköl, andere Dämpfe, Kondenswasser) sorgfältig aus dem Strahlgang herausgefiltert sind.

Das optimale Oberflächenfinish für eine DMS-Klebung hängt bis zu einem gewissen Grad auch von der Natur und dem Zweck der DMS-Installation ab. Bei Dehnungsmessungen zur allgemeinen experimentellen Spannungsanalyse ist ein Effektivwert (RMS) der Oberflächenrauigkeit von 2.5µm eine gute Größe, wobei sich noch der Vorteil ergibt,

Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung

dass eine derartige Oberfläche einfacher und gründlicher gereinigt werden kann. Bei der Herstellung von Messwertaufnehmern (Kraftmessdosens, Druckaufnehmer, etc.) werden glattere Oberflächen benötigt, sodass zur Minimierung des Kriechens dünnere Kleberschichten erzielt werden. Im Gegensatz dazu wird eine rauere Oberfläche (vorzugsweise mit Kreuzschliff) hergestellt, wenn sehr hohe Dehnungen gemessen werden sollen.

In der folgenden Tabelle 1 sind die empfohlenen Oberflächenzustände für verschiedene Arten von DMS-Installationen zusammengefasst:

Tabelle 1

INSTALLATIONSART	OBERFLÄCHENFINISH
	Effektivwert (RMS) in μm
Allgemeine Spannungsanalyse	1.5 - 3.5
Hochdehnung	>6.5
Messwertaufnehmerbau	0.5 - 1.5
Bei Benutzung von Keramikzement-Kleber	>6.5

Nassschmirgeln — Verträgt das Probenmaterial die Behandlung mit *M-Prep* Conditioner A, sollte das Schmirgeln, wann immer möglich, bei einer mit Conditioner A benetzten Oberfläche geschehen. Conditioner A ist eine schwache Säurelösung, welche die Reinigung der Oberfläche im Allgemeinen beschleunigt, und bei einigen Werkstoffen hat er eine leicht ätzende Wirkung. Seine Anwendung auf Magnesium, synthetischem Gummi oder auf Holz wird nicht empfohlen.

2.4 Markierungslinien zur DMS-Platzierung

Für eine genaue Platzierung und Ausrichtung von DMS auf einer Probenoberfläche wird normalerweise an der Stelle des Messpunktes ein Linienkreuz aufgebracht, bei dem sich beide Linien orthogonal kreuzen. Beim Kleben werden dann die jeweiligen Orientierungsmarken des DMS mit den Kreuzlinien zur Deckung gebracht, wobei eine Linie in Richtung der zu messenden Dehnung verläuft und die andere quer dazu.

Die Markierungslinien sollten mit einem Werkzeug hergestellt werden, welches einen Glättungs- oder Poliereffekt erzielt, sodass die Linie im Wesentlichen nur als optischer Effekt, aber gut sichtbar erscheint. Jede die Oberfläche verletzende *Anreißlinie* (hergestellt z. B. mit Anreißnadeln) kann einen Grat bilden und/oder einen "Graben" einritzen, in dessen Bereich häufig auf der Oberfläche eine starke Spannkonzentration gebildet wird. Jedenfalls wird eine solchermaßen gebildete Markierungslinie für die Dehnungsmessung ungünstig sein, das DMS-Verhalten negativ beeinflussen und dem Ermüdungsverhalten des Bauteils schaden. Bei Aluminium und den meisten anderen Nichteisen-Metallen nimmt man am besten einen Bleistift des Härtegrads 4H, mit dem man einen kräftigen Strich zieht. Damit wird der gewünschte Poliereffekt leicht erzielt. Diese Technik mit Grafitstiften darf nicht eingesetzt werden, wenn die Probe aus einer Hochtemperaturlegierung

besteht und durch die Temperatur während der Messung eine Oberflächenversprödung durch Aufkohlen entstehen kann. Bei anderen, härteren Werkstoffen wird der gleiche Effekt mit einem leeren Kugelschreiber erreicht oder mit einer Messing-anreißnadel, deren Spitze nicht scharf ist. Die Markierungslinien werden gewöhnlich nach dem Aufrauen/Schmirgeln aufgebracht. Alle Materialspuren der Markierungswerkzeuge, also Grafitspuren, Messingspuren, etc., müssen, der Beschreibung im nächsten Abschnitt folgend, durch Abreiben mit Conditioner A sorgfältig entfernt werden.

2.5 Konditionierung der Oberfläche

Nachdem die Markierungslinien gesetzt sind, wird auf die Oberfläche wiederholt Conditioner A aufgebracht, und die gesamte Installationsfläche wird mit Wattestäbchen abgerieben. Das wird solange wiederholt, bis sich die Wattestäbchen beim Abreiben nicht mehr verfärben. Es ist darauf zu achten, dass die Oberfläche während des gesamten Vorgangs immer nass bleibt, man also im Zweifelsfall neuen Conditioner A zuführen muss.

Niemals darf irgendein Reinigungsmittel auf der Oberfläche eintrocknen!

Ist die Reinigung beendet, wird die Oberfläche mit einem Gazetupfer oder mit Reinigungspapier (nicht fuselndes Kosmetik-Papiertuch) abgetrocknet, indem man mit nur einer einzigen langsamen Bewegung fest aufdrückend in nur einer Richtung über die Fläche fährt. Danach werden Tupfer oder Papiertuch weggeworfen, und der Vorgang wird mit frischem Tuch oder Tupfer wiederholt, diesmal jedoch in die entgegengesetzte Richtung gewischt. Die Wischbewegungen sollten immer innerhalb der gereinigten Fläche beginnen, sodass von außerhalb kein Schmutz in diesen Bereich hereingezogen wird. Es sollte auf keinen Fall unkontrolliert mit nur einem einzigen Tuch oder Tupfer hin- und hergewischt werden, weil dadurch die Gefahr nicht auszuschließen ist, dass in die gereinigte Fläche wiederum Schmutz eingeführt wird.

2.6 Neutralisieren

Der letzte Schritt der Oberflächenvorbereitung besteht darin, die Installationsfläche auf die optimale Alkalität von pH 7,0 bis 7,5 zu bringen, welche für alle DMS-Klebesysteme der Vishay Micro-Measurements die passende ist. Das geschieht derart, dass jetzt auf die vorher mit Conditioner A behandelte Installationsfläche *M-Prep* Neutralizer 5A in großzügiger Menge aufgebracht und diese mittels eines Wattestäbchens abgerieben wird. Die Fläche muss während des gesamten Arbeitsgangs immer gut mit Neutralizer 5A nass gehalten werden. Danach wird die Fläche trocken gewischt, wobei man in genau der gleichen Weise vorgeht, wie es in Abschnitt 2.5 für das Trockenwischen beschrieben ist.

Hat man die obigen Anweisungen präzise befolgt, ist die Oberfläche jetzt für die DMS-Installation zweckentspre-

Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung

chend gereinigt, und die Klebung sollte so bald wie möglich vorgenommen werden.

3.0 Besondere Vorsichtsmaßnahmen und Überlegungen

3.1 Sicherheitsmaßnahmen

Wie immer und überall sollte die Arbeitssicherheit bei der Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung die ihr zukommende Beachtung finden. Es sollte z. B. bei Arbeitsvorgängen wie Schleifen, Abstrahlen und dergleichen immer Schutzbrille getragen werden. Generell ist den entsprechenden gesetzlichen und/oder betrieblichen Arbeitsschutzmaßnahmen und -regeln penibel zu folgen.

Wird mit toxischen Werkstoffen gearbeitet, - bestehen also Proben oder Bauteile z. B. aus Beryllium, Blei, Uran, Plutonium, etc. -, sollte wegen entsprechender Arbeitsschutzmaßnahmen auf jeden Fall die Sicherheitsabteilung zu Rate gezogen und nach einschlägigen Vorschriften gefragt werden.

3.2 Oberflächen, die spezieller Behandlung bedürfen

Betonoberflächen sind in der Regel rau und porös. Um eine der DMS-Installation entsprechende Oberfläche zu schaffen, ist es erforderlich, eine einebnende und versiegelnde Schicht aus Epoxidkleber aufzubringen. Bevor diese Schicht jedoch appliziert wird, muss die Betonoberfläche entsprechend der vorliegenden Porosität präpariert werden.

Verschmutzung durch Öle, Fette, Pflanzenwuchs oder Erde werden durch Bearbeiten mit einer steifen Bürste und einem milden Putzmittel entfernt. Danach wird mit Gazetupfern oder Reinigungspapiertuch abgetupft und gründlich mit klarem Wasser nachgespült. Jetzt muss die Oberflächenazidität (der Säurewert) durch Abschrubben mit Neutralizer 5A reduziert werden, wonach wieder abgetupft und mit klarem Wasser nachgespült wird.

Das Abspülen mit Wasser muss sehr gründlich geschehen, damit letzte Reste von wasserlöslichen Reinigungsmitteln restlos entfernt werden. Vor Aufbringen der Epoxidkleberunterlage wird die Oberfläche jetzt gut getrocknet. Das geschieht am besten durch Erwärmen mittels einer Gasflamme oder eines Heißluftgebläses.

Der Epoxidkleber M-Bond AE-10 von der Vishay Micro-Measurements ist ein ideales Material zur Einebnung und Versiegelung der Betonoberfläche. In allen Fällen allerdings, bei denen die Messtemperatur über die Einsatztemperatur von M-Bond AE-10 (+95°C) hinausgeht, eignet sich am besten der Kleber M-Bond GA-61.

Bei der Applikation der Versiegelungsschicht wird der Epoxidkleber durch Spachteln in die Oberfläche hineingearbeitet und eingeebnet, sodass sich eine glatte Oberfläche ergibt. Nach Aushärtung der Schicht wird die so entstandene DMS-Installationsfläche angeschmirgelt, bis das Grundmaterial, die Betonoberfläche, wieder zum Vorschein kommt. Danach erfolgt die ganz normale, für solche Flä-

chen empfohlene Oberflächenvorbereitung, wie sie in der Tabelle Abschnitt 4 beschrieben ist.

Proben und Bauteile mit Oberflächenschichten (galvanisch, etc.)

Im Allgemeinen beeinträchtigen beschichtete Oberflächen die Stabilität der Dehnungsmessung, und das Entfernen solcher Schichten ist, wenn möglich, angezeigt. Insbesondere Kadmium- und Nickelschichten zeigen eine starke Tendenz zum Kriechen, und sogar härtere Schichten können Kriechen zeigen, weil eine inadäquate Bindung zwischen Schicht und Grundmaterial vorliegt. Sollte ein Entfernen der Schichten nicht erlaubt sein, ist den Anweisungen der Tabelle in **Abschnitt 4.0** zu folgen. Man sollte aber von vornherein auf notwendige messtechnische Maßnahmen zur Minimierung des Kriechens vorbereitet sein.

Lösungsmittel auf Kunststoffmaterialien

Kunststoffe zeigen eine große Variationsbreite hinsichtlich ihrer Reaktion auf Lösungsmittel, wie sie bei den hier beschriebenen Verfahren zur Oberflächenvorbereitung zur Anwendung kommen. Bevor man ein Lösungsmittel auf Kunststoff anwendet, ziehe man also die Tabellen **Abschnitt 4.0** zu Rate, um seine Kompatibilität mit dem vorliegenden Kunststoff zu überprüfen. Findet man einen Kunststoff nicht in den Tabellen, müssen entweder der Materialhersteller oder ein Werkstoffspezialist konsultiert werden, oder aber es muss anhand eines kleinen Versuchs getestet werden, ob der Kunststoff mit dem Lösungsmittel reagiert oder nicht.

Formänderungen und Änderungen der Mechanik von Bauteilen durch die Oberflächenvorbereitung

Der Einfluss der Verfahren zur Oberflächenvorbereitung, die in diesem Instruktionsbulletin beschrieben werden, ist normalerweise für die Ergebnisse von Dehnungsmessungen bedeutungslos. Das gilt für die meisten Werkstoffe. Sogar bei merklichem Abtragen von Material sind Einwirkungen auf die statischen mechanischen Eigenschaften von Proben und Bauteilen im Allgemeinen vernachlässigbar - zumindest im Vergleich zu den im Versuch auftretenden Fehlerquellen. Es sollte jedoch in Betracht gezogen werden, dass das Abtragen von Galvanikschichten, Einsatzhärteschichten oder Oberflächenschichten mit erheblichen Eigenspannungen die Ermüdungseigenschaften des Bauteils und seine Verschleißfestigkeit erheblich ändern können, wenn es dynamischen Belastungen unterliegt.

Kontamination mit Silikonölen und Silikonfetten

Die Eigenschaften von Silikonölen und -fetten, die sie zu so hervorragenden Schmiermitteln sowie Trennmitteln bei Gießformen machen, stempeln sie gleichzeitig zu Feinden jeglicher Adhäsion und damit zur potenziell gefährlichsten Kontamination, die man sich bei DMS-Klebungen denken kann. Das Problem setzt sich zusammen aus der hohen natürlichen Affinität von Silikonen zu den meisten Werkstoffen und aus ihrer Tendenz, sich von selbst auszubreiten.

Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung

Dazu kommt, dass Silikone chemisch ausgesprochen träge reagieren und für die meisten Lösungsmittel unlöslich sind, womit sie zu den Kontaminationen gehören, die am allerschwierigsten zu entfernen sind. Am besten ist es natürlich, den DMS-Installationsbereich von vornherein von allen Silikonölen und Silikonfetten freizuhalten. Das ist allerdings leichter gesagt als getan, da sie aus vielen verschiedenen Richtungen und Quellen eingeschleppt werden können. So enthalten z. B. viele Handcremes und Kosmetika Silikone, und Personen, die mit DMS-Installationen befasst sind, sollten solche nicht benutzen. Einige Maschinenschmiermittel und Kühlmittel bei der Bauteilbearbeitung enthalten sie ebenfalls, was bei der Bearbeitung von Teilen, die mit DMS-Installationen zu versehen sind, vorher bedacht werden sollte. Und natürlich sollten auch silikonölgetränkte Brillenreinigungstücher beim DMS-Installationspersonal sowie in Bereichen, wo DMS installiert werden, keinerlei Verwendung finden.

Ungeachtet aller Anstrengungen, Silikonen aus dem Weg zu gehen, kann es trotzdem zu Kontaminationen kommen. Leichte Silikonkontaminationen können manchmal durch Reinigen mit Conditioner A entfernt werden, wobei es hilfreich ist, wenn er auf 95°C erhitzt wird. Schwierigere Fälle können spezielle Reinigungsmittel erforderlich machen. Es muss dann der Typ des Silikonöls oder -fetts herausgefunden werden, damit man von seinem Hersteller entsprechende Empfehlungen einholen kann.

4.0 Verzeichnis der Werkstoffe sowie zugehörige Verfahren zur Oberflächenvorbereitung

In diesem Abschnitt werden für 74 verschiedene Werkstoffe spezifische Verfahren zur Oberflächenvorbereitung Schritt für Schritt dargestellt.

Um Übersichtlichkeit herzustellen, und um dem Anwender schnelle und sichere Informationen zur Oberflächenvorbereitung für das zur DMS-Installation vorliegende Bauteilmaterial zu bieten, sind die Verfahren tabellarisch (Tabelle II) dargestellt. Die Werkstoffe sind alphabetisch aufgelistet - von *ABS Kunststoffe* bis *Zirkon*, und das gesamte Verfahren wird durch eine oder mehrere Zahlen in den entsprechenden Spalten der Tabellen definiert. Jede Spalte bedeutet einen bestimmten Arbeitsvorgang, und die Zahlen in den Spalten bestimmen die sequenziellen Arbeitsschritte innerhalb des anzuwendenden Verfahrens.

Müssen beispielsweise ein oder mehrere DMS auf ein Bauteil aus Messing geklebt werden, ist folgendermaßen vorzugehen:

Man sucht in der linken Spalte den Werkstoff Messing. Dann folgt man der Zeile für diesen Werkstoff von links nach rechts, wobei der erste Arbeitsschritt, gekennzeichnet durch die Zahl 1 in der Spalte *CSM-2 Entfetter*, den ersten Arbeitsschritt angibt. Die folgende 1 in Klammern (1) bedeutet, dass als zweite Wahl für den ersten Arbeitsschritt des Entfettens auch Isopropylalkohol als Substitut für

CSM-2 herangezogen werden kann. Als nächstes wird klargestellt, dass ein Abstrahlen tunlichst zu vermeiden ist, weil es auf der relativ weichen Oberfläche zu Materialveränderungen kommen kann. Als zweiter Arbeitsschritt folgt Schmirgeln mit Papier der Körnung 320. Als dritter Schritt kommt Nassschmirgeln mit Schmirgelpapier der Körnung 400 und Conditioner A. Mit den Schritten 4 und 5 werden jetzt die benötigten Markierungslinien zur DMS-Platzierung und -Ausrichtung aufgebracht. Danach wird mit Conditioner A erneut gereinigt, um die Rückstände vom Markierungswerkzeug zu entfernen. Als letzter Schritt 6 wird nun nochmals mit Isopropylalkohol gereinigt.

In der Spalte "Bemerkungen" steht schließlich die Anweisung, dass die DMS innerhalb von 20 Minuten nach Beendigung der Oberflächenvorbereitung installiert werden müssen. Der Grund dafür ist, dass Messingoberflächen die Neigung zu raschem Oxidieren haben.

Auf die hier beschriebene Weise ist auch für andere Werkstoffe mit den Tafeln umzugehen. In vielen Fällen werden in der Spalte "Bemerkungen" spezielle Empfehlungen oder Warnungen gegeben, die auf besondere Anforderungen für die Oberflächenvorbereitung der entsprechenden Materialien hinweisen.

Weitere Referenzen

Für weitere Informationen zum Thema siehe die nachstehenden Instruktionen-Bulletins der Vishay Micro-Measurements:

- B-127, DMS-Installationen mit dem Kleber M-Bond 200.
- B-130, DMS-Installationen mit den Klebern M-Bond 43-B, M-Bond 600, M-Bond 610.
- B-137, DMS-Installationen mit den Klebern M-Bond AE-10, M-Bond AE-15 und M-Bond GA-2.

Wichtiger Hinweis

Die Verfahren, Arbeitsschritte und chemischen Reagenzien, die in diesem Instruktionen-Bulletin empfohlen werden, sind nach bestem Wissen und Gewissen der Vishay Micro-Measurements für die gedachte und geschilderte Anwendung zuverlässig brauchbar. Die Informationen zur Oberflächenvorbereitung für DMS-Klebung werden guten Glaubens als Hilfe für die Anwender gegeben. Die Vishay Micro-Measurements übernimmt jedoch in keiner Weise eine Garantie, weder ausgesprochen noch unausgesprochen, noch kann die Vishay Micro-Measurements haftbar gemacht werden für jeglichen Sach- oder Personenschaden, die sich direkt oder indirekt für den Anwender aus dem Gebrauch der Informationen ergeben könnten. Es wird eindringlichst darauf hingewiesen, dass sich der Anwender vor dem Einsatz der Verfahren mit irgendeinem Werkstoff kundig machen sollte über alle Konsequenzen für die eigene und seiner Mitarbeiter Gesundheit, über die allgemeine Sicherheit und die Ökologie.

Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung

TABELLE II
Werkstoffindex und Verfahren zur Oberflächenvorbereitung (Blatt 1 von 4)

VERSUCHSWERKSTOFF	2.2		2.3				2.4	2.5	2.6	Bemerkungen	
	CSM-2 Entfetter	Isopropylalkohol	Absstrahlen†	Schmiergelpapier 220	Schmiergelpapier 320	Schmiergelpapier 440††	Markierung DMS-Platzierung	Conditioner A	Neutralisator 5A		Andere
ABS KUNSTSTOFFE		1	Nein			2	3	4	5	ABS Kunststoffe können durch Ketone, Ester, aromatische Kohlenwasserstoffe, chlorierte Kohlenwasserstoffe angegriffen werden.	
ACRYLHARZE		1				2	3	4	5	Acrylharze können durch Ketone, Ester, aromatische Kohlenwasserstoffe, chlorierte Kohlenwasserstoffe angegriffen werden.	
ALUMINIUM MIT AUSSEN-SCHICHT AUS REINALUMINIUM; AI-PLATIERUNG	1					2	3	4	5	Die Plattierung muss vor der DMS-Installation durch Schmirgeln mit Schmiergelpapier 180 oder 220 entfernt werden. Test, ob Plattierung komplett entfernt ist: a) Fläche mit Natrium-Hydroxid benetzen, sie muss sich nach 1 Minute dunkel färben, wenn keine Plattierungsrückstände mehr vorhanden; b) Fläche mit Conditioner A neutralisieren; c) mit destilliertem Wasser abwaschen. Dann weitere Schritte wie links angegeben.	
ALUMINIUM ELOXIERT	1					2	3	4	5	Schwarze oder bunte Eloxalschichten müssen vor der DMS Installation entfernt werden. Zur Entfernung der Versiegelungsschicht unchlorierten Haushaltsreiniger benutzen. Transparente Eloxalschichten brauchen für den Bereich elastischer Dehnungspegel nicht entfernt werden.	
ALUMINIUMGUSS	1		(2)	(2)	2	3	4	5	6	DMS sollten innerhalb von 30 Minuten nach Beendigung der Oberflächenvorbereitung geklebt sein.	
ALUMINIUM GESCHMIEDET	1		(2)		2	3	4	5	6	DMS sollten innerhalb von 30 Minuten nach Beendigung der Oberflächenvorbereitung geklebt sein.	
ANTIMON		1	Nein			2	3	4	5		
ASPHALT		1	Nein				3		4	2	Anschleifen, Sandschmirgeln oder ähnliches der Oberfläche oft notwendig.
BERYLLIUM	1		Nein				3	4	5	2	Von der Sicherheitsabteilung Erlaubnis zur Abbarbeitung von Oberflächenschichten erlangen. Abgeschmirgelte Partikel müssen nass gebunden werden, um herumfliegen zu vermeiden, und sie müssen vorschriftsmässig entsorgt werden. Allergische Reaktionen möglich. Mit Schutzhandschuhen arbeiten.
BERYLLIUM-KUPFER	1*	(1*)					3	4	5	2	Von der Sicherheitsabteilung Erlaubnis zur Abbarbeitung von Oberflächenschichten erlangen. Abgeschmirgelte Partikel müssen nass gebunden werden, um herumfliegen zu vermeiden, und sie müssen vorschriftsmässig entsorgt werden. Allergische Reaktionen möglich. Mit Schutzhandschuhen arbeiten.
BETON										1	Siehe Abschnitt 3.2 <i>Beton</i> im Text.
BLEI		1	Nein		2		3	4	5		
BORON-EPOXY-KOMPOSITE		1,5*	Nein			2	3	4	(5*)	2	Mit einem Schlamm aus Bimssteinpuder und Conditioner A scheuern.
BRONZE	1	(1)			2	3	4	5**			DMS sollten innerhalb von 20 Minuten nach Beendigung der Oberflächenvorbereitung geklebt sein.
CHROMSCHICHT	1	(1)			2		3	4	5		Chromschicht sollte am Platz der DMS-Installation entfernt werden, wenn erlaubt.
EMAIL, EMAILFARBE						2	3		4	1	Emailfarbe wird vom Platz der DMS-Installation normalerweise entfernt. Gebrannte Emailsichten könne belassen werden, wenn für den Test erforderlich.
EPOXIDHARZE	1	(1)			2		3	(3)	4		Eventuell mehrmaliges intensives Reinigen mit Conditioner A erforderlich, wenn Silikonöl(fett)verschmutzung vorhanden.
EISEN, SCHMIEDE/GUSS	1*		2	(2a)	(2b)		3	4	5		Schritte 2 bis 5 wiederholen, wenn DMS nicht innerhalb von 30 Minuten geklebt werden können.

* Erwärmen der Probe ist hilfreich beim Entfernen von Ölen, Feuchtigkeit und Lösungsmitteln.

** Mit dest. Wasser abspülen und trockenwischen.

† Nur saubere, gefilterte Druckluft benutzen. Strahlgut nicht recyceln.

†† Mit Conditioner A abreiben, wenn in Spalte "Conditioner A" angezeigt.

() Klammern zeigen alternative Schritte an..

APPLICATION NOTE

Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung

Werkstoffindex und Verfahren zur Oberflächenvorbereitung (Blatt 2 von 4)

VERSUCHSWERKSTOFF	2.2		2.3				2.4	2.5	2.6		Bemerkungen
	CSM-2 Entfetter	Isopropylalkohol	Abstrahlen †	Schmirgelpapier 220	Schmirgelpapier 320	Schmirgelpapier 440††	Markierung DMS-Platzierung	Conditioner A	Neutralisator 5A	Andere	
GLAS	1	(1)	Nein					2	3		Aufrauen gewöhnlich nicht notwendig. Genehmigung zum Aufrauen normalerweise erforderlich.
GLASFASER-LAMINATE		1				2	3	4	5*		Bei Schritt 2 kann groberes Aufrauen erforderlich werden, um jede Oberflächenglätte zu entfernen.
GOLD	1	(1)					2		3		
GRAPHIT UND GRAPHITKOMPOSITE		1,3,5*				2	4		(5*)		
GUMMI, NATÜRLICH ODERSYNTHETISCH		1			2		3		4	2	Oberfläche mit Spülmittel behandeln und mit dest. Wasser abspülen.
HOLZ			Nein	(2)	2		3			1	Trockendarren von Holz mit mehr als 20% Feuchtigkeit kann erforderlich sein. Nach Schmirgeln Staub mit trockenem Pinsel entfernen.
INDIUM	1						2		3		
INCONEL	1		2	(2a)	(2b)		3	4	5		Schritte 4 u. 5 müssen wiederholt werden, wenn die DMS nicht innerhalb 45 Minuten installiert werden können.
ISOELASTIC	1		Nein		2		3	4	5		Schritte 4 u. 5 müssen wiederholt werden, wenn die DMS nicht innerhalb 45 Minuten installiert werden können.
INVAR	1		2	(2s)	(2b)		3	4	5		Schritte 4 u. 5 müssen wiederholt werden, wenn die DMS nicht innerhalb 45 Minuten installiert werden können.
KADMIUMSCHICHT	1	(1)	Nein			2	3	4	5	6	Kadmium zeigt eine Tendenz zum Kriechen, und wann immer möglich sollten Kadmiumschichten entfernt werden.
KAPTON	1	(1)	(2)			2	3		4		
KERAMIK		1*			2		3	4	5*		
KNOCHEN		(3)								1,2,3	Mit Äther bei guter Lüftung reinigen, Oberfläche aufkratzen und wieder mit Äther trocknen.
KOHLENSTOFF, KOHLE (Siehe Graphit)											
KUPFER UND KUPFER-LEGIERUNGEN	1	(1)	Nein			2	3	4	5**	Nein	DMS innerhalb von 20 Minuten nach Beendigung der Oberflächenvorbereitung installieren.
MAGNESIUM	1	(1)			2		3	Nein	4	2	Nicht schmirgeln, um die Bildung feiner Partikel zu vermeiden. Mit Schaber Oberfläche ankratzen. Niemals mit Conditioner A behandeln.
MANGANIN	1	(1),5				2	3	4			

* Erwärmen der Probe ist hilfreich beim Entfernen von Ölen, Feuchtigkeit und Lösungsmitteln.
 ** Mit dest. Wasser abspülen und trockenwischen.
 † Nur saubere, gefilterte Druckluft benutzen. Strahlgut nicht recyceln.
 †† Mit Conditioner A abreiben, wenn in Spalte "Conditioner A" angezeigt.
 () Klammern zeigen alternative Schritte an.

Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung

Werkstoffindex und Verfahren zur Oberflächenvorbereitung (Blatt 3 von 4)

VERSUCHSWERKSTOFF	2.2		2.3			2.4	2.5	2.6		Bemerkungen	
	CSM-2 Entfetter	Isopropylalkohol	Abstrahlen †	Schmiergel papier 220	Schmiergel papier 320	Schmiergel papier 440 ††	Markierung DMS-Platzierung	Conditioner A	Neutralisator 5A		Andere
MAUERWERK		1,4*				3	5	6	2	Mit Drahtbürste Bearbeiten oder schleifen, Staub mit trockenem Pinsel entfernen, Oberfläche mit Epoxidharz (z.B. M-Bond AE-10) versiegeln. Aushärten lassen und schmirgeln.	
MESSING	1	(1)	Nein		2	3	4	5**		6	Mit Isopropylalkohol abwaschen.DMS innerhalb von 20 Minuten nach Beendigung der Oberflächenvorbereitung installieren.
MODELTECH® Aluminium-gefülltes Epoxidharz		1				2	3	4	5		
MOLYBDÄN	1	(1)			2		3	4	5		
MONEL	1	(1)			2		3	4	5		
MYLAR		1	(2)			2	3		4		
NICHROME	1	(1)	(2)		2		3	4	5		
NICKEL UND NICKELSCHICHTEN	1	(1)			2		3	4	5		Wenn erlaubt, Nickelschichten entfernen.
NI-SPAN C	1	(1)	(2)		2		3	4	5		
NYLON		1	(2)			2	3		4		
PHENOLHARZE		1,5*				2	3	4	(5*)		Schritt 2 kann groberes Aufrauen erfordern, um allen Oberflächenglanz zu entfernen.
PHOSPHOR-BRONZE	1	(6**)			2	3	4	5**			
PLATIN							2	3	4		
PLUTONIUM		1					3	4	5	2	Sollte vor DMS-Installation galvanisch vernickelt werden. Vishay Micro-Measurements Beratung einholen.
POLYCARBONATE		1	Nein			2	3	4	5		
POLYÄTHYLEN		1				(2)	3	Nein	4	2	Mit Spülmittel behandeln und mit Wasser abspülen. Auch Anflammen möglich.
POLYURETHAN		1				2	3		4		
POLYVINYLCHLORID (PVC)		1				(2)	3		4	2	Mit Spülmittel behandeln und mit Wasser abspülen. Auch Anflammen möglich.
PORZELLAN	1							2	3		

* Erwärmen der Probe ist hilfreich beim Entfernen von Ölen, Feuchtigkeit und Lösungsmitteln.
 ** Mit dest. Wasser abspülen und trockenwischen.
 † Nur saubere, gefilterte Druckluft benutzen. Strahlgut nicht recyceln.
 †† Mit Conditioner A abreiben, wenn in Spalte "Conditioner A" angezeigt.
 () Klammern zeigen alternative Schritte an..

APPLICATION NOTE

Oberflächenvorbereitung zur DMS-Klebung

Werkstoffindex und Verfahren zur Oberflächenvorbereitung (Blatt 4 von 4)

VERSUCHSWERKSTOFF	2.2		2.3				2.4	2.5	2.6	Bemerkungen	
	CSM-2 Entfetter	Isopropylalkohol	Abstrahlen†	Schmierpapier 220	Schmierpapier 320	Schmierpapier 440††	Markierung DMS-Platzierung	Conditioner A	Neutralisator 5A		Andere
QUARZ	1							2	3		
RENE 41	1		(2)		2		3	4	5		
SILBER	1						3		4	2	
SINTERMETALLE	1				2	3	4	5*	6*	(1)	
STAHL (Kohlenstoff/Rostfrei)	1		2	(2a)	(2b)		3	4	5	Schritte 4 und 5 wiederholen, wenn DMS nicht innerhalb 45 Minuten nach Beendigung der Oberflächenvorbereitung installiert werden können.	
STAHL, Werkzeugstähle	1		(2)	2			3	Nein	4	ConditionerAtendiert zur Bildung eines dunklen Niederschlags auf der Oberfläche.	
STAHL, Oberflächengehärtet	1						2	3,4	5	Oberflächenabtrag kann ändern: Eigenspannungszustand, Ermüdungsverhalten, Abriebfestigkeit	
STEIN, Fels		2*						3	4	1	Mit Drahtbürste behandeln oder schleifen, Staub mit trockenem Pinsel entfernen. Oberflächemit Epoxidharz (z.B. M-Bond AE-10) füllen und versiegeln. Nach Aushärten schmiegeln.
TANTAL	1	(1)				2	3	4	5		
TEFLON	1	(1)					3		4	2	Oberfläche mit TetraEtch anätzen, dann mit Isopropylalkohol und danach Wasser abspülen.
TITAN		1	2		(2)		3	4	5		Es kann erforderlich sein, als ersten Schritt zur Oberflächenvorbereitung die Probe 2- oder 3-mal auf 175°C zu erhitzen. Soll die Dehnungsmessung bei mehr als 370°C stattfinden, dürfen niemals Halogene zum Entfetten verwendet werden. DMS müssen innerhalb von 10 Minuten nach Beendigung der Oberflächenvorbereitung installiert sein.
TITANSILIKAT	1	(1)		2			3	4	5		
URAN		1	Nein				3	4	5	2	Sollte vor DMS-Installation galvanisch vernickelt werden. Vishay Micro-Measurements Beratung einholen.
WISMUT		1	Nein			2	3	4	5		
WOLFRAMKARBID	1	(1)		2			3	4	5		
ZIEGEL		1,3*							4*	2	Mit Drahtbürste behandeln oder schleifen, Staub,mit trockenem Pinsel entfernen. Oberflächemit Epoxidharz füllen und versiegeln, nach Aushärten schmiegeln.
ZINK		1	Nein		2		3	4	5		Mit Spülmittel behandeln und mit Wasser abspülen. Auch Anflammen möglich.
ZINN	1	(1)				2	3	4	5		
ZIRKON	1	(1)			2		3	4	5		Es kann erforderlich sein, Schritt 5 zu wiederholen, bis ein richtiger Oberflächen-pH-Wert erreicht ist.

* Erwärmen der Probe ist hilfreich beim Entfernen von Ölen, Feuchtigkeit und Lösungsmitteln.

** Mit dest. Wasser abspülen und trockenwischen.

† Nur saubere, gefilterte Druckluft benutzen. Strahlgut nicht recyceln.

†† Mit Conditioner A abreiben, wenn in Spalte "Conditioner A" angezeigt.

() Klammern zeigen alternative Schritte an..