

## Anpressdrucktechniken für DMS-Installationen

### Einführung

Alle organischen DMS-Kleber benötigen irgendeine Form von Anpressdruck, der während der gesamten Aushärtezeit konstant erhalten bleiben muss. Im Falle des Schnellklebstoffs M-Bond 200 wird der Druck mit dem Daumen oder einem anderen Finger aufgebracht und für mindestens eine Minute gehalten. Allerdings ist der Einsatz von M-Bond 200 für Anwendungen bei höheren Temperaturen oder für Langzeitmessungen nicht zu empfehlen. Für solche Fälle oder wenn DMS unter eingeschränkten Platzbedingungen installiert werden müssen, wie z. B. in Rohren oder Bohrlöchern, fällt die Wahl üblicherweise auf Epoxid- oder Epoxid-Phenol-Kleber.

Bei Klebern auf Epoxidbasis ist immer ein vorgeschriebener gleichmäßiger Anpressdruck während der gesamten Aushärtezeit erforderlich. Die Anwendungs- und Verarbeitungsinstruktionen der DMS-Kleber von Vishay Micro-Measurements enthalten für alle Typen genaue Daten für den empfohlenen Anpressdruck und die Aushärtezyklen. Da der Aushärteprozess gewöhnlich mehrere Stunden in Anspruch nimmt und höhere Temperaturen erfordern kann, ist es wichtig, dass die Anpressvorrichtung physisch stabil ist und den spezifizierten Druck während der geforderten Zeit hält.

Dieses Instruktions Bulletin beschreibt verschiedene populäre und auch einige eher ungewöhnliche Anpresstechniken und dafür benötigte Vorrichtungen.

### Anpresswerkzeuge

Die mechanischen Einrichtungen, die das Erzielen eines stetigen, konstant bleibenden Anpressdrucks gewährleisten können, sind offensichtlich abhängig von der Natur des Messobjekts und der DMS-Installation. Manchmal wird eine simple Federklemme den Ansprüchen genügen; in anderen Fällen wird ein komplizierteres Anpresswerkzeug benötigt werden. In jedem Fall wird der Gesamtaufbau aus vier Komponenten bestehen:

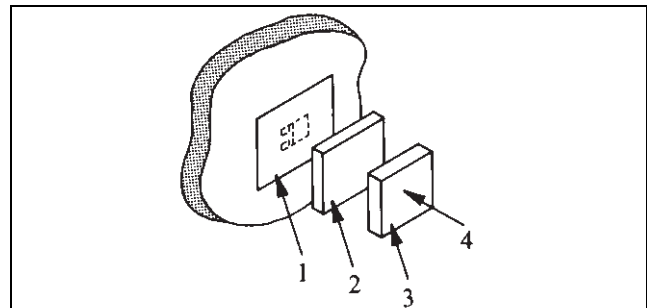


Abb. 1 - DMS-Gitter und oberer Teil der Anschlussfahnen mit Klebeband abgedeckt.

1. Einem Trennmittel in Form einer Filmfolie zwischen der DMS/Kleber-Kombination und dem Druckkissen. Dieses verhindert, dass das Druckkissen am Kleber hängen bleibt, der um den DMS herum ausgequetscht ist. Sind Epoxikleber eingesetzt, die bei niedrigeren Temperaturen aushärten, wie z. B. AE-10/15 oder GA-2 (66°C), wird die Filmfolie gewöhnlich Cellophan-Klebeband sein (PCT-2M). Handelt es sich um Kleber, die bei höheren Temperaturen aushärten, wie z. B. M-Bond 600, 610, 43B und GA-61, wird man ein Stück Teflon®-Film (TFE-1) oder Mylar-Klebeband (MJG-2) wählen.
2. Ein elastisches Gummipolster wird jetzt benötigt, um eine gleichmäßige Druckverteilung über die gesamte DMS-Fläche zu erzielen. Das Gummi sollte weich genug sein, um kleine Irregularitäten der Oberfläche auszugleichen, aber nicht so weich, dass es über die Ränder der metallischen Anpressplatte hinausgequetscht wird. Die empfohlene Gummihärte liegt zwischen Durometer A40 - 60. Silikongummis sind wegen ihrer hohen Temperatureinsatzbereiche vorzuziehen.
3. Als nächstes kommt eine metallische Anpressplatte, die den Druck auf das Anpresskissen ausübt. Sie sollte so geformt sein, dass sie der Oberflächenform des Messobjekts an der Installationsstelle entspricht, damit eine gleichmäßige Flächenpressung entsteht und dick genug sein, dass sie sich unter der aufgebrachten Kraft, die den Anpressdruck erzeugt, nicht verformt.
4. Zum Schluss kommt die Vorrichtung zum Erzeugen einer stetigen Anpresskraft, die auf die Anpressplatte einwirkt. Diese Vorrichtung kann aus einfachen Totgewichten bestehen bis hin zu aufwendigen Vakuumkissen mit integrierter Heizung.

## Anpressdrucktechniken für DMS-Installationen

### Berechnung des Anpressdrucks

Alle Anwendungsinstruktionen für die Epoxid-Kleber von Vishay Micro-Measurements enthalten Informationen über die empfohlenen Anpressdrücke. Die Werte sind in PSI (Pounds per Square Inch) und  $\text{kN/m}^2$  (Kilonewton pro Quadratmeter) angegeben und werden berechnet, indem man die Anpresskraft durch die Fläche des Gummipfättchens dividiert, die in Kontakt ist mit der DMS- und Messobjekt-oberfläche. Normalerweise ist der erforderliche Anpressdruck bekannt, und die Größe des Gummipfättchens kann gemessen werden, bleibt also die Berechnung der benötigten Anpresskraft.

Als Beispiel sei die in Abb. 1 gezeigte DMS-Installation herangezogen. Der DMS wird mit M-Bond 610 geklebt, wofür ein Anpressdruck von  $312 \text{ kN/m}^2$  (entspricht 45psi) empfohlen ist. Das hier verwendete DMS-Baumuster lässt sich leicht mit einem Anpressdruckkissen aus dem Druckkissen-Kit GT-14 überdecken, welche  $13 \times 32 \text{ mm}$  messen. Die erforderliche Anpresskraft kann jetzt berechnet werden, indem man den benötigten Anpressdruck mit der Druckkissenfläche multipliziert:

$$\begin{aligned} \text{Anpresskraft} &= \text{Anpressdruck} \times \text{Druckkissenfläche} \\ &= 312 \text{ kN/m}^2 \times 0,0004 \text{ m}^2 \\ &= 125 \text{ N} \end{aligned}$$

Die berechneten 125N Anpresskraft würden also für das Beispiel der Abb. 1 einen Anpressdruck von  $312 \text{ kN/m}^2$  ergeben.

### Anpresstechniken

Die folgenden Skizzen zeigen eine Reihe von DMS-Anpresstechniken. Ob nun diese oder andere Anpresstechniken eingesetzt werden, sollten zwei Voraussetzungen immer beachtet werden. Die Erste ist, dass das Werkzeug, welches die Anpresskraft erzeugt immer eine passende Art von Feder enthalten sollte, die Anpresskraft also die Federkraft ist. Schlauchklemmen oder Schraubzwingen (Abb. 4 und 5) sollten ohne zwischengeschaltete Feder nicht verwendet werden. Die Feder wird benötigt, um sicherzustellen, dass die Anpresskraft nicht wesentlich variiert, wenn kleine Dimensionsänderungen stattfinden, z. B. wenn der Kleber sich verflüssigt und härtet oder wenn sich Temperaturänderungen ergeben. Als zweite Voraussetzung sollte immer die Möglichkeit gegeben sein die Größe der vorliegenden Anpresskraft zu bestimmen, um so sicher zu gehen, dass der spezifizierte Anpressdruck wirklich erzielt wird. Das kann derart geschehen, dass man die Feder kalibriert (Kraft gegen Federweg) oder die Kraft z. B. mit einer einfachen Federwaage bestimmt. Letzteres ist besonders bei den Anordnungen leicht machbar, die in den Abb. 2 und 7 dargestellt sind.

Weitere Möglichkeiten zum Erzeugen des Anpressdrucks sind letztendlich nur durch Phantasie des Messtechnikers

begrenzt. Folgt man aber den Anleitungen des vorliegenden Instruktions Bulletin, sollten nur ganz wenige Anwendungen übrig bleiben, bei denen der erforderliche Anpressdruck nicht oder nur unvollkommen erzielt werden kann.

Die Beratungsingenieure von Vishay Micro-Measurements stehen bei auftauchenden Schwierigkeiten gern zur Verfügung.

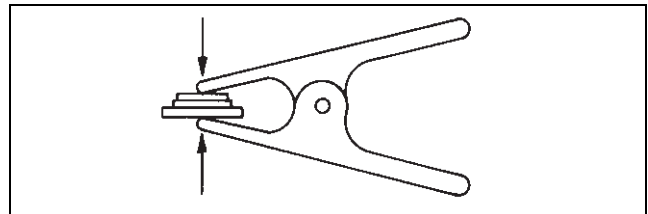


Abb. 2 - Federklemme, wie sie in verschiedenen Größen verfügbar ist. Die Anpresskraft bei verschiedenen Klemmenöffnungen sollte überprüft werden, da sie in Abhängigkeit von der Öffnung variiert.

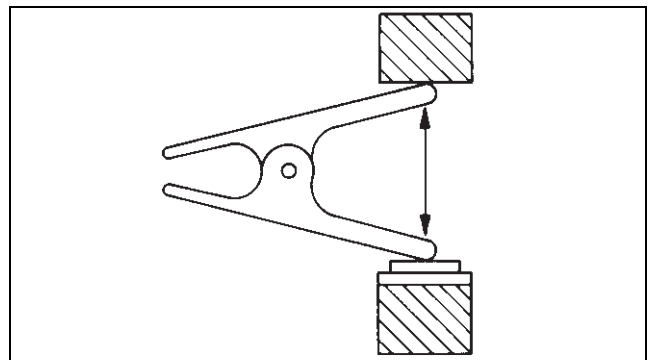


Abb. 3 - Umgekehrter Einsatz der Federklemme. Die Kraft kann geprüft werden, indem man die Griffe gegen eine Plattform- oder Badezimmerwaage drückt.

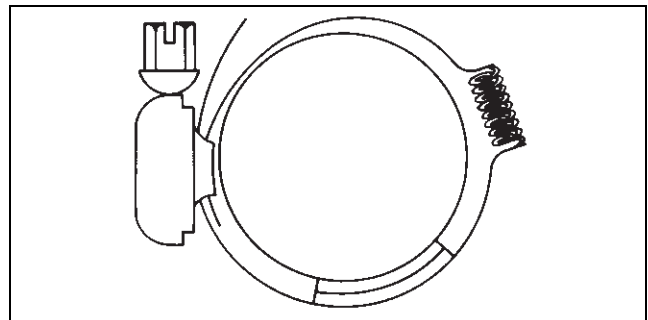


Abb. 4 - Schlauchklemme mit einer Feder in Serie, womit eine konstante und messbare Kraft erzeugt wird.

## Anpressdrucktechniken für DMS-Installationen

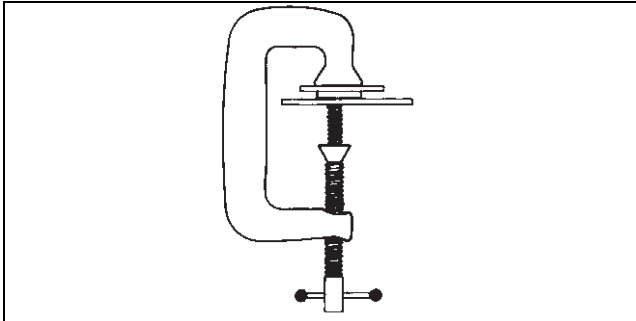


Abb. 5 - Schraubzwinde mit einer Spiralfeder unter Druck. Die Feder kann entnommen und ihre Kraft als Funktion des Federwegs leicht geprüft werden.

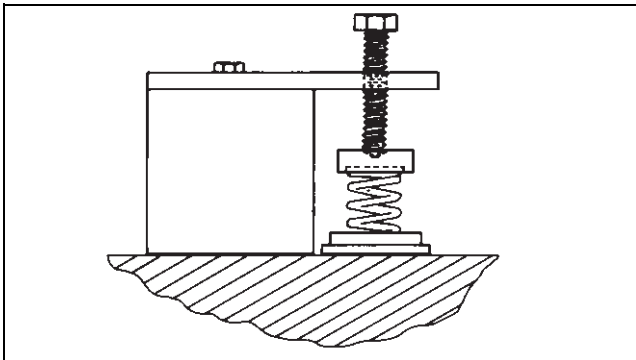


Abb. 6 - Der Metallblock links wird auf das Messobjekt geklebt (mit handelsüblichem Dentalzement oder M-Bond 200) oder der Block selbst ist ein Magnet. Die Feder kann separat kalibriert werden.

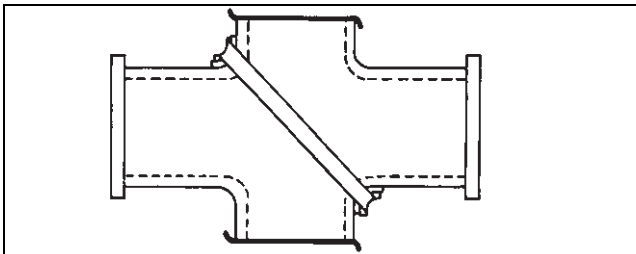


Abb. 7 - Gummiband. Die Kraft kann in einfacher Weise mit einer Federwaage bestimmt werden.

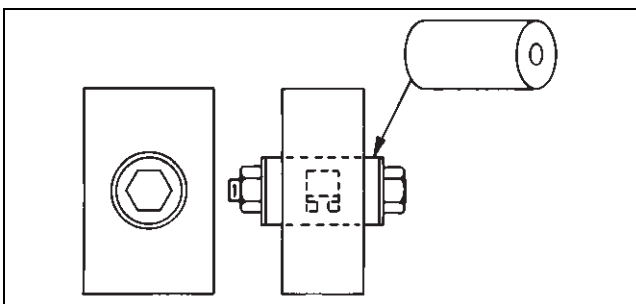


Abb. 8 - Ein Stopfen aus Silikongummi wird eingeführt, der den DMS auf der Innenwand anpresst. Die Kraftkalibrierung ist schwierig.

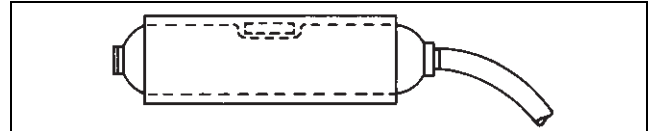


Abb. 9 - DMS auf der Innenwand eines Rohrs. Ein am Ende geschlossener Silikonschlauch wird eingeführt, aufgeblasen und erzeugt so die Anpresskraft. Der DMS kann vor der Installation bereits verdrahtet und mit der Klebefläche nach oben auf dem Silikonschlauch befestigt werden. Das Ganze wird dann in das Rohr eingeführt und der Schlauch aufgeblasen.

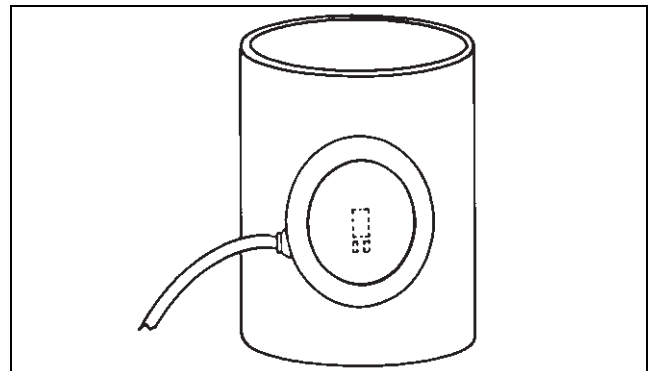


Abb. 10 - Kommerziell verfügbare Vakuumpkissen haften an der Oberfläche indem sie sich ansaugen. Sie sind auch mit Heizelementen erhältlich.

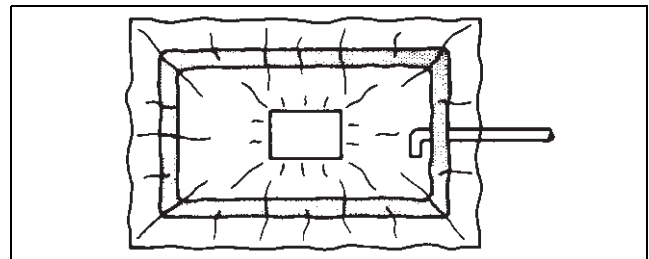


Abb. 11 - In Eigenbau hergestellte Vakuumvorrichtung. Ein flacher Wall aus Fensterkitt wird auf die Oberfläche aufgeförm mit einem Vakuumschlauch im Wall. Darauf kommt ein dünner Plastikfilm (gewöhnlich Mylarfilm), der wiederum mit Kitt entlang des Walls befestigt wird. Jetzt wird durch den Schlauch das Vakuum hergestellt. Mit Heizlampen können auch heiß härtende Kleber ausgehärtet werden.