

應變規之介紹及應用

一. 原理及介紹

STRAIN GAGE, 一般我們稱為應變規, 或是應變計, 其組成為一固定阻值之電阻, 常見的有 120, 350 及 1000 歐姆三種.

應變規之應用原理為利用應變規中金屬導線阻值之變化來量測應變量. 為何可以利用阻值的變化量來測量應變? 因為就電阻的特性來說, 阻值會隨著長度之改變而成正比的變化. 但有一個非常重要的觀念, 那就是您所貼的應變規, 必須與測試體視為一體, 所以, 黏貼技術成為利用應變規量測應變成功與否的一個重要關鍵, 必須細心執行每個步驟, 才可以提高測試之精確度.

惠司敦電橋為應變規量測技術中一個相當重要的介面, 我們利用電橋之不平衡的原理, 造成一微電壓之輸出, 再利用放大器將訊號處理成我們所需要之電壓, 去做量測, 監控, 以及回授控制.

雖然惠司敦電橋為電子上的一個簡單應用, 但是使用應變規的工程師多半為機械, 土木, 航空, 或是醫學之領域, 對於電路並非那麼熟悉, 尤其當使用一片應變規(1/4 電橋)或兩片應變規(1/2 電橋)時, 常因須外接其他電阻或電路, 造成量測時之不便或因雜訊之侵入, 而造成量測之錯誤.

所以, 惠達科技公司所代理之美國 MEASUREMENTS GROUP(簡稱 MG 公司)所製造之一系列放大器(2100, 2200, 2300, P-3500, P-3800....), 提供使用者最大之便利性, 不論是 1/4, 1/2 電橋或全電橋, 靜態或動態量測, 連接資料擷取系統, 均可以得到最精確之量測結果.

二. 何謂 S-T-C?(選擇正確之應變規)

另外, 選擇正確的應變規, 亦是一個重要的程序. 首先, 您必須知道您所需之應變規的尺寸大小, 單軸向, 雙軸向, 或三軸向? 以及貼於何種材質上, 因為您必須選擇一個正確的溫度補償係數(S-T-C), 去修正溫度所造成之熱應變.

何謂溫度補償係數(S-T-C), 因為應變規之阻值亦會隨著溫度之上升而成正比之變化, 既然要將應變規及材料視為同一體, 兩者對於溫度之熱效應應該相同, 所以 MG 公司提供了七種不同的溫度補償係數, 讓使用者可以根據試片是鋁合金, 鋼, 鐵, 複合材料...., 去選擇正確的應變規.

除了選擇正確的溫度補償係數之外, 還有使用同一型號之應變規, 使之只受熱應力, 再將測試工件之測試值減去熱應變值, 即是正確值. 但此一方法因煩瑣, 故較少人採用.

三. 黏著劑之介紹

黏著應變規既然左右了整個量測的成敗, 所以我們必須選擇適用之接著劑. MG 公司提供了 12 種之接著劑, 以滿足使用者之不同之需求.

一般較常使用者為 M-BOND 200, 因為它可以滿足大部份之需求, 適用溫度為-45' C~+65' C, 適用之應變規為 CEA, EA TYPE, 在室溫下即可硬化.

AE-10 亦屬於泛用型, 使用範圍同 M-BOND 200, 但較 M-BOND 200 有較高之耐潮性和抗化學性, 且於室溫下硬化需較長時間.

AE-15 和 AE-10 非常類似, 但它可適用於傳感器用之應變規, 如 WA, SA, WK, SK 等均適用. 但它需較高之溫度硬化.

M-BOND 600 和 M-BOND 610 非常相似, 適用於大範圍之操作溫度, 為製造傳感器所必需選用. 適用溫度為-269' C~+230' C, 需要進入烤箱以縮短硬化時間.

四. 導線之選擇及端子之應用

MG 公司提供使用者非常多種類之高品質導線, 以適用不同領域之應用. 應變規至應變放大指示器之間須以導線連接, 所以導線之電阻值亦影響整個量測值之正確性.

較有經驗之使用者, 會發現 MG 公司從以前即一直使用三線式之導線, 因為應變規需要溫度補償, 相同的, 導線亦需要做補償, 三線式導線之接法即可克服溫度之熱效應.

所以我們提供了低阻抗,低熱效應之導線,較常使用者如下:

單心導線:供半電橋及全電橋應變規之連接,適用溫度從-269' C~+480' C均可選用,種類從漆包線到有絕緣包覆之鍍錫銅線及鍍銀銅線均可選購.

三心導線:可以選用 MG 公司之鍍錫,鍍銀,鍍鎳線,除了有各種線徑供選擇外,依用途及功能又可細分為一般廣泛使用之乙烯絕緣外皮之導線,絞線,PVC 包覆外皮之絞線,以及附加隔離網之導線.

四心導線:種類及適用範圍同三心導線.

雖然 MG 公司已提供使用者最佳之使用環境,但使用者難免會因為搭配全電橋,半電橋,或因為應變規太小,而有連接上之問題,這時候,您即需要使用端子.端子除了連接上之便利性之外,也有保護應變規不會因外力之拉扯而造成脫落或斷裂.本公司提供了十七種不同的端子供使用者選擇,適用於一般之使用及特殊之應用.

另外,使用者常忽略了焊接之程序,因為既然各種黏著劑,應變規,導線均有其使用之範圍,所以執行此一步驟時,溫度之控制相當重要,避免因溫度過高造成應變規損壞,或因溫度過低造成冷焊,影響量測之精確性.所以 MG 公司建議使用者選用 361A-20R-25 之高穩定性焊錫,與 MARK VII 可調溫式電烙鐵搭配使用,以達到最佳之效果.

五. 應變規表面防濕,防塵的保護處理

因為應變規很容易因為外在環境的灰塵,濕氣,化學物質,或因機械之外力等因素,而縮短使用之壽命.所以使用者應盡可能於黏著劑乾了之後,選用一適用之保護劑,保護應變規表面.

MG 公司針對此一問題,亦有一系列之 M-COAT 產品,適用於不同之使用及環境狀態.

一般實驗室中:如果相對濕度小於 50%,可以選用 M-COAT A, M-COAT C, M-COAT D, 或 M-COAT F.

應用於野外:若是用於戶外,覆蓋於雨中或雪中,則應選用 M-COAT F

或 M-COAT J.

高濕度環境之使用:短時間使用,可選用 3140 或 3150-RTV;若要長時間使用,則選用 W-1 WAX, M-COAT F 較恰當.

水中使用之情形----

1. 於淡水或鹽水中短時間使用:Teflon+ M-COAT B+ J, 或 W-1 Wax.
2. 淡水中長期使用:W-1 Wax 或 M-COAT F.
3. 鹽水中長期使用:W-1 Wax 或 M-COAT F 再加上一金屬保護蓋,導線加上導管.
4. 高壓水中之使用:短時間使用可選 M-COAT F 或 W-1 Wax.
5. 混凝土表面之使用:應先配合 AE-10 或 GA-61 於混凝土表面,再配合其它保護劑,可長期使用.
6. 油中之使用----
- A. 一般油(80' C), 汽油或煤油:可使用 M-COAT D 再加上二或三層的 M-COAT B;或 3145 RTV +B.
- B. 合成油(95' C):二至三層的 M-BOND 43-B 或 GA-61.
7. 高溫氣體之使用(+260' C):M-BOND GA-61(SHORT TERM);或 3145 RTV.

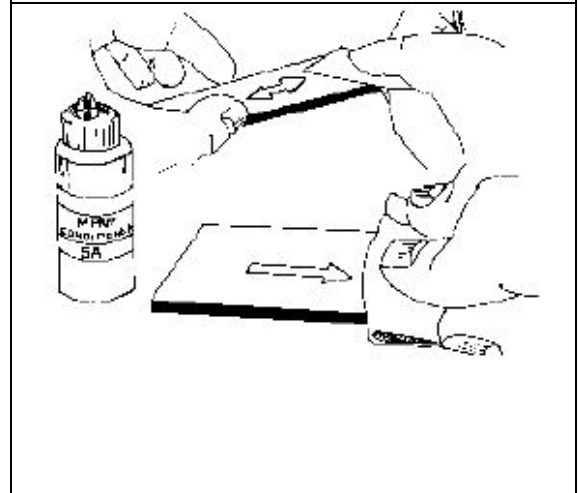
六. 應變規之黏著程序:

雖然每一種應變規的黏著程序會因為所使用膠水之不同而有些許之不同,但基本程序大同小異,現以 M-BOND 200 來做個說明.

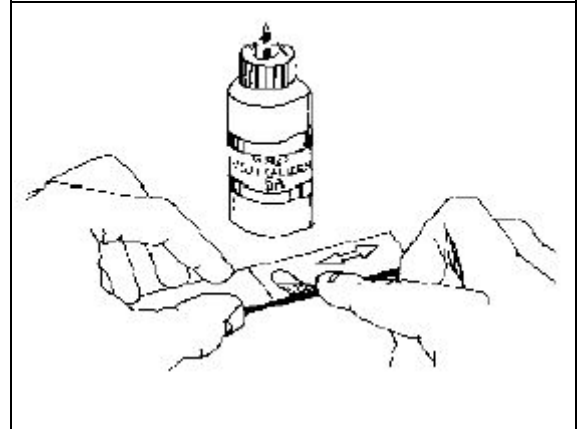
步驟一：先以 CSM-1A Degreaser 或 GC-6 Isopropyl Alcohol 將試片上要貼應變規的區域的油膜徹底去除，須特別注意的一點，紗布只能朝同一方向擦拭，以免將髒物殘留於試片上。



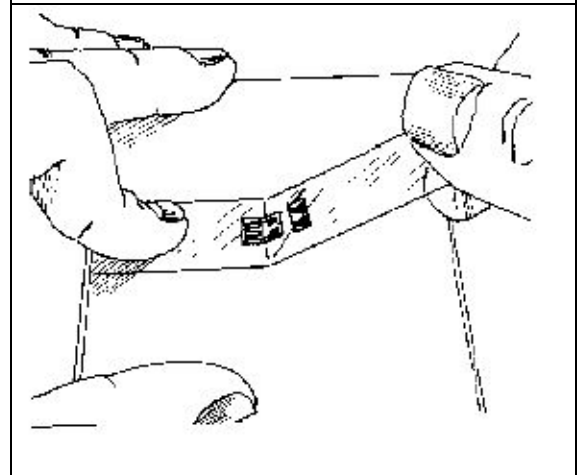
步驟二：將欲黏貼之區域，先以 220~320 號之砂紙(SCP-1, SCP-2)作處理，再以 320 或 400 號之砂紙(SCP-2, SCP-3)拋光其表面。配合水性之酸洗劑(Condition A, MCA-1 or MCA-2)，將表面清潔，仍然要掌握之前的原則，不能來回擦拭，只能單方向清潔擦拭。



若試片是鋁，就用 4H 之鉛筆劃上座標記號，若試片是鋼，就用原子筆作記號，再用 Condition A 及棉花棒將上面殘留的碳粉及油漬去除。

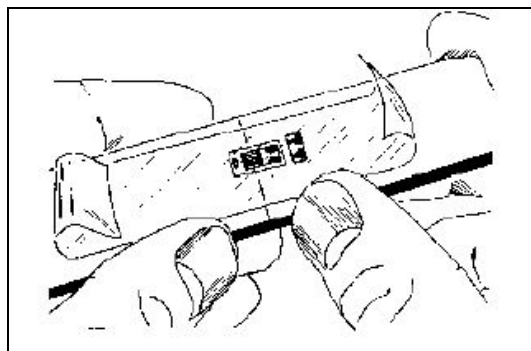


步驟三：用水性的中性劑(Neutralizer 5A)，以棉花棒將表面再清除一遍，再以紗布以單方向清潔擦拭一遍。

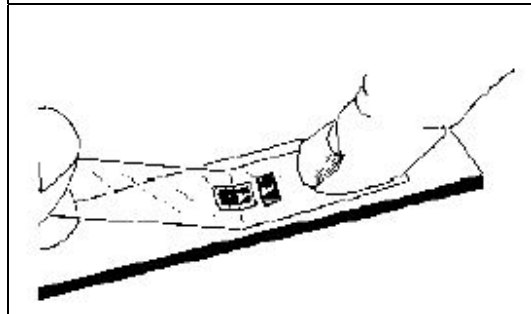


步驟四：先將工作台以 Condition A, Neutralizer 5A 徹底清潔，以夾子(BTW-1)將應變規置於工作平台上，黏貼面朝下，以透明膠帶(PCT-2A)將應變規覆蓋，撕起時，膠帶應與水平成 45 度角。

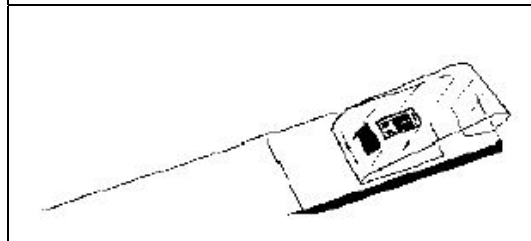
步驟五：將撕起之透明膠帶，移至試片上，將應變規對準欲黏貼之位置。



步驟六：一手按住膠帶之一端，另一手將膠帶的另一端以 45 度反向拉起，直到應變規整個離開試片表面，將膠帶後翻，使應變規欲黏貼面朝上。



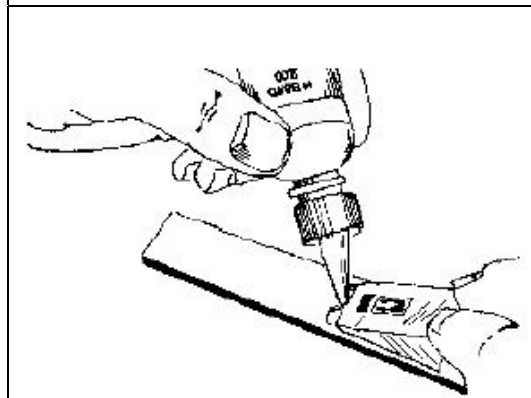
步驟七：將 M-BOND 200 KIT 打開，取出藍色玻璃瓶裝之催化劑，以毛刷沾取催化劑，並於瓶口沾抹十次，再以毛刷側邊輕刷於應變規背面。



步驟八：將 M-BOND 200 黏著劑滴一滴於試片上，應變規預定黏著之位置。



步驟九：左手將膠帶拉起，與水平成 30 度，右手拿一軟布，順勢向尾端推去。



步驟十：以大拇指壓住應變規，利用大拇指施壓力並將溫度傳導給應變規，持續一分鐘。

步驟十一：將透明膠帶以幾近水平之角度反向撕下。

步驟十二:剪下一適當長度之紅白黑三心導線(326-DFV),除去絕

緣外皮後,利用工具(DPR-1),小心的將導線分為三股,個別絞成一股,其中靠近應變規之一端,將

黑白兩股絞在一起,並將各股分別用可調溫式電烙鐵(MARK VII SOLDERING UNIT),加上高穩定性

之焊錫(361A-20R),並將靠近應變規之一端,剪成適當之長度.

步驟十三:用同樣的器具將應變規之焊點上錫,先用紙膠帶將導線固定於試片上,於靠近應變規處,以棉花棒(CSP-1)之桿端或是

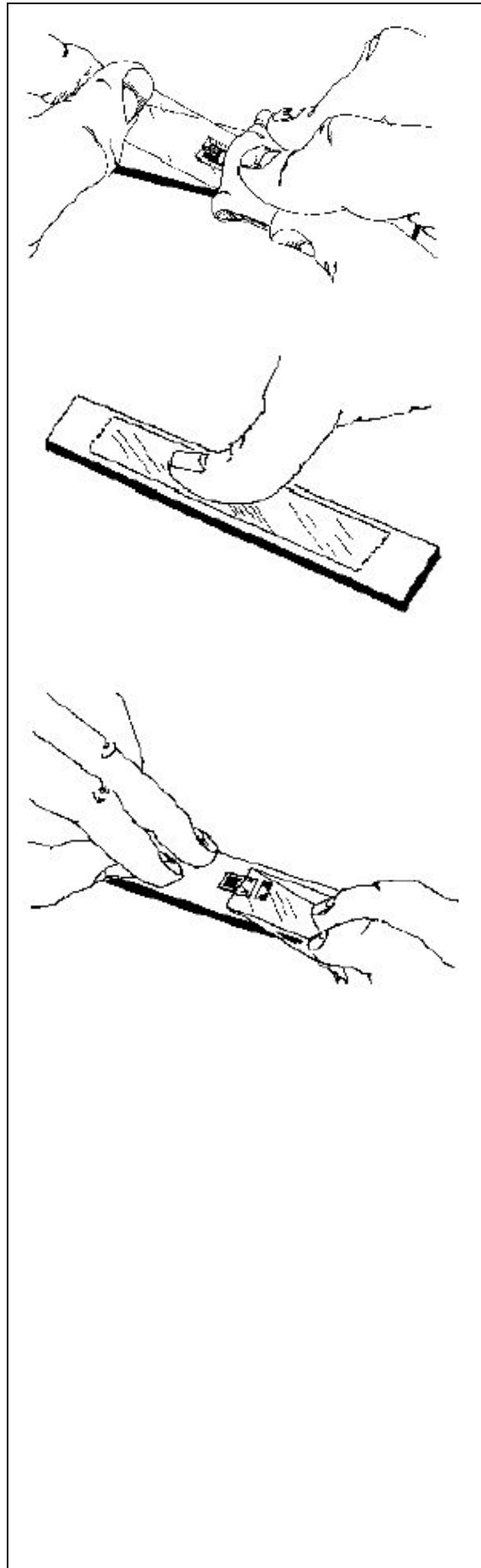
其它替代品,將導線彎成一緩衝區,以免因意外之拉扯造成應變規之損壞.

步驟十四:分別將導線之紅,白黑

兩端焊接於應變規上,即完成了整個應變規連接過程.

步驟十五:可以利用儀器檢查應變規是否正常,若一切正常,即可

用表面保護劑(M-COAT A)將應變規表面及導線上及附近做一層保護,可以防止應變規受外在環



境之影響及破壞,更可以延長使用之壽命.

步驟十六:導線另一端之紅白黑三線分別定義為 P+, S-, D(120 or 350),只要連接上 MG 公司之應變放大指示器,即可做完美精確之動態或靜態之量測.

七. 應變規在各種領域之應用

1. 機械,材料,航空方面:可以作材料結構之應力,應變,潛變,疲勞之量測,殘留應力量測.
2. 土木,建築,結構方面:結構強度,負載測試,裂縫偵測,土石流偵測,橋樑結構警報.
3. 醫學工程方面:在牙科方面,可作假牙之強度測試,咬合強度測試,骨科方面,可做義肢強度測試,及骨骼動作時應力之模擬.
4. 工業控制方面:應變規可作為溫度感測器作監控,或做為壓力感測器,張力或應力之回授控制.
5. 傳感器之製造:可製造 LOAD-CELL, TORQUE SENSOR, PRESSURE TRANSDUCER... 等等.

八. 應變規或傳感器校正之意義及方法

校正之意義:一般放大器上均有 **ZERO(BALANCE)GAIN(SPAN)** 之功能.正如字面上之解釋,**ZERO** 就是將面板數值歸零,而 **GAIN** 即為增益,放大或校正.如果沒有將 **SPAN** 值調至正確的數值,那面板所顯示之值,將不代表任何實際上之意義,是形變?是應力?是扭力?以一個全電橋之 **LOAD-CELL** 來說,我們將不知道目前所顯示數值之單位為公克,公斤,或牛頓!

校正之方法:以 **LOAD-CELL** 來說,一般校正之方法,分成機械模擬及電子模擬校正兩種方式.

A. 機械式校正法:

將 **LOAD-CELL** 接至放大器,將之歸零,接著施以一個負載(砝碼),以負載 **10 磅**來說,調整 **SPAN** 使面板值為 **10**,即代表 **10 磅**,若調整成 **4.54**,那代表著 **4.54 公斤**,若調整成 **44.49**,那代表 **44.49N**.所以,同樣之負載,因 **SPAN** 量之不同,而可以有不同之物理意義.

B. 電子式模擬校正:

當今天我們欲負載 **1000 公斤**時,即使有如此重量之砝碼,此一校正程序,亦屬於一繁瑣之工作.此時,您就要選擇電子模擬校正法.此一程序,係將一已知阻值之精密電阻(校正電阻),跨接於惠司敦電橋之其中一個或兩個電橋上,使電橋產生不平衡,造成電壓之輸出,再經由 **SPAN** 去調整至所計算之定義值.

MG 公司所生產之放大器,均內建有校正電阻,經由校正鍵之模擬,可以輕鬆的將 **SPAN** 量調整至正確之值,提供給使用者最佳之便利性.

九. 型錄, 技術資料之提供及應用問題之洽詢

惠達科技提供了各項諮詢之服務,如應變規使用上雜訊之控制,熱應力之補償計算,惠司敦電橋線性度之探討,應變規敏感度之問題,應變規之黏貼,保護,校正值之計算等技術資料備索.

您不論是有任何量測上的疑難雜症,舉凡靜態,動態之應力,應變量測,或是疲勞測試,動力量測,均可與我們聯絡,相信我們一定可以給您最佳的解決方案.