

## 附圖

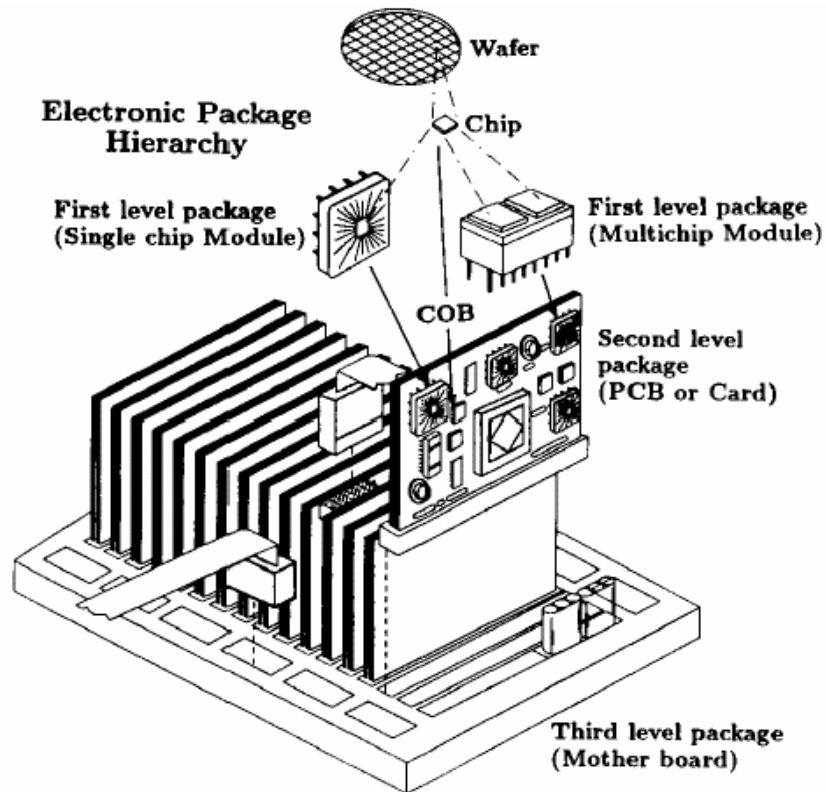


圖 1.1 電子構裝各階層示意圖[2]

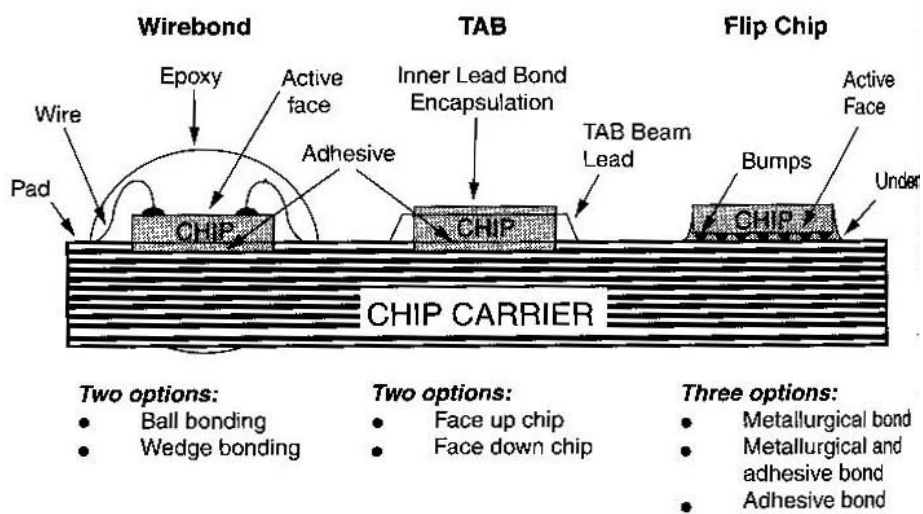


圖 1.2 半導體晶片的向外連接[3, pp.346]

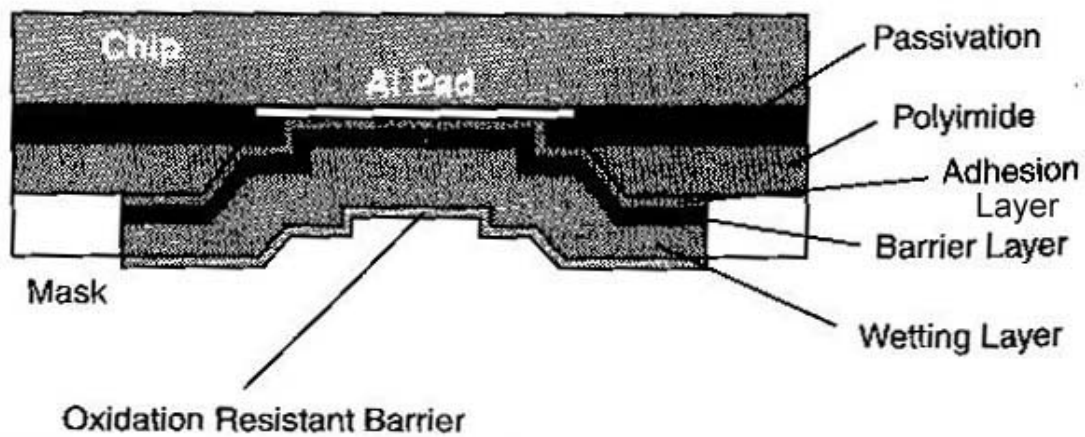


圖 1.3 UBM 的組成結構[3,pp.364]

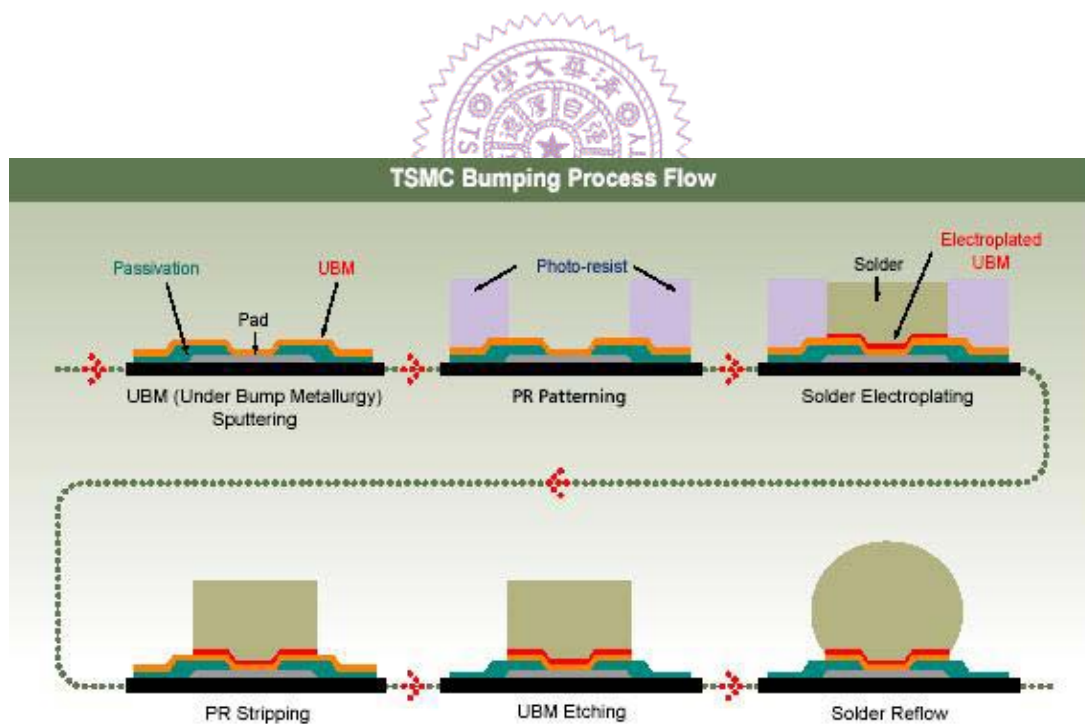


圖 1.4 tsmc 之鐸料凸塊製作流程圖[4]

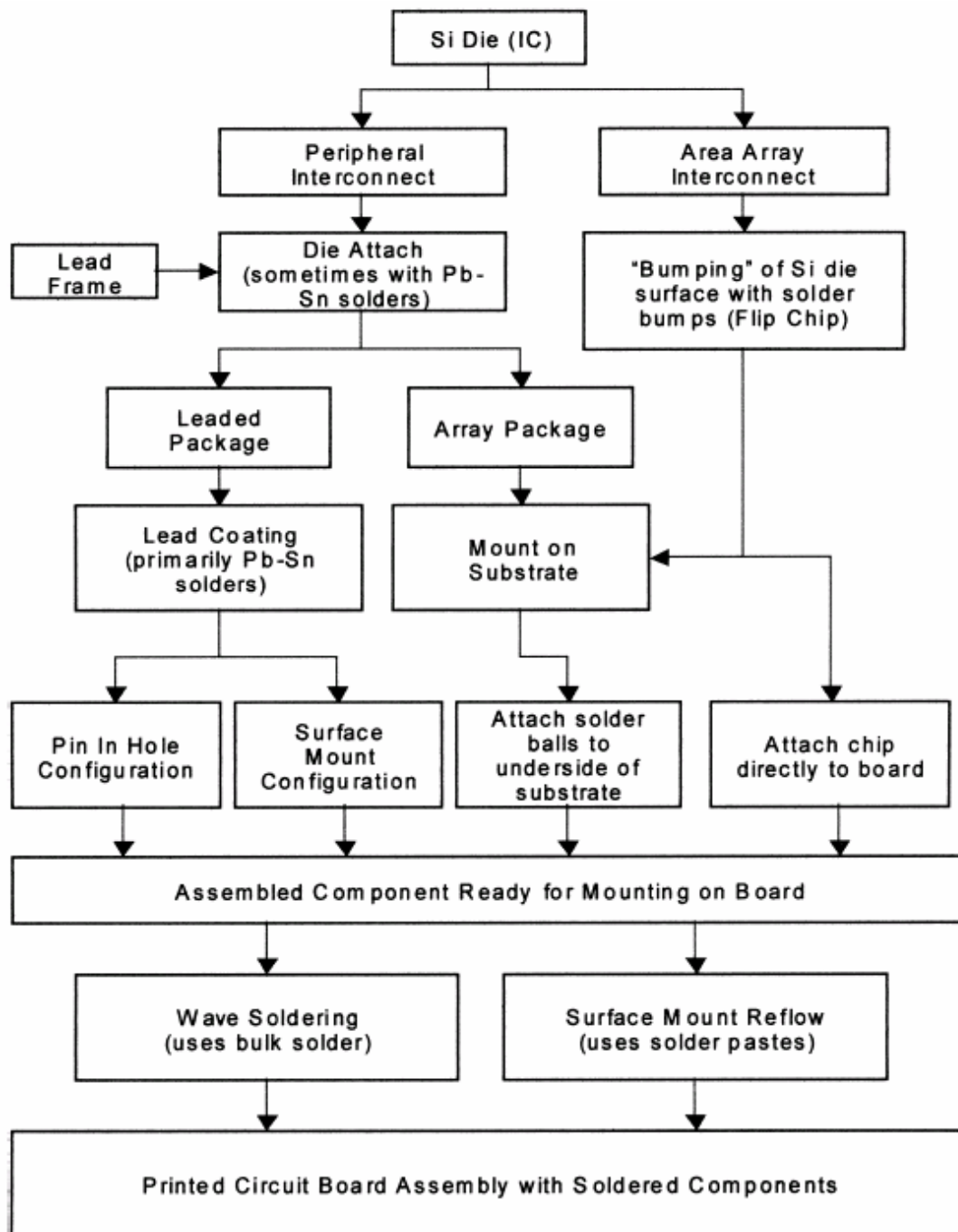


圖 1.5 IC 組裝流程圖[5]

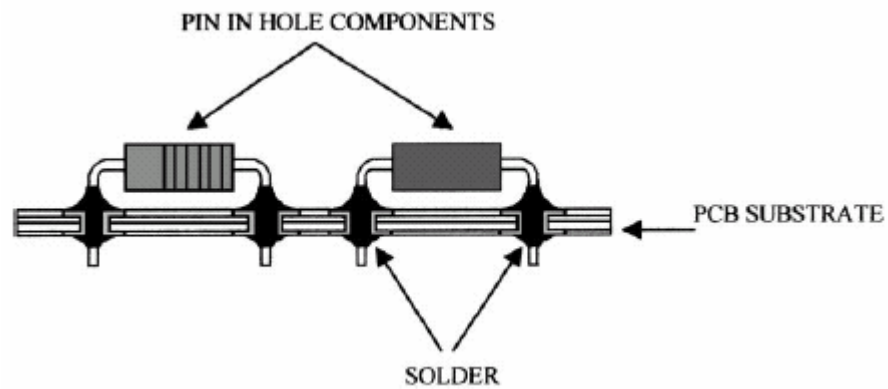


圖 1.6 PTH 構裝元件截面圖[5]

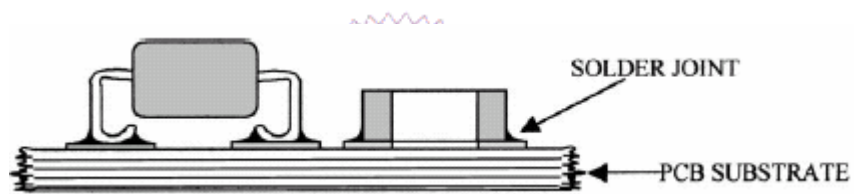


圖 1.7 引腳式表面黏著技術截面圖[5]

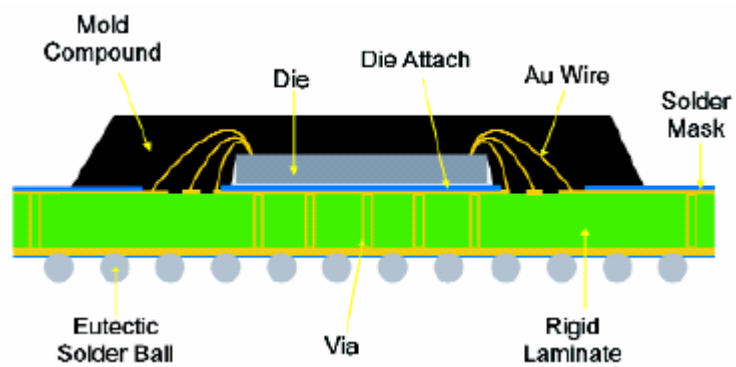


圖 1.8 PBGA 構裝元件截面圖[6]

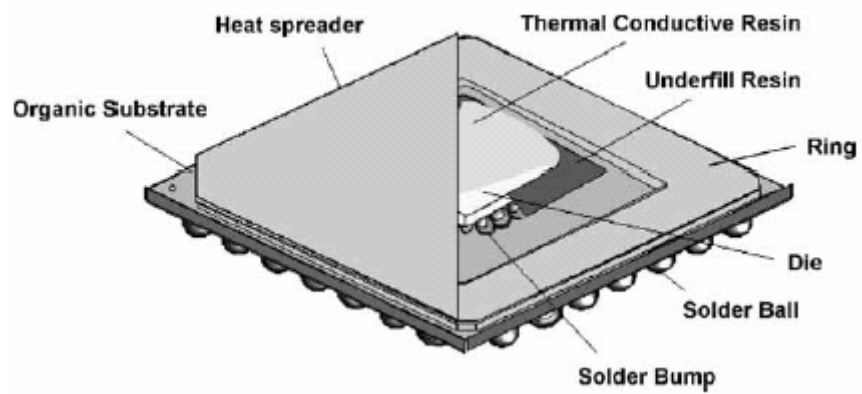


圖 1.9 FC-BGA 構裝元件透視圖[7]

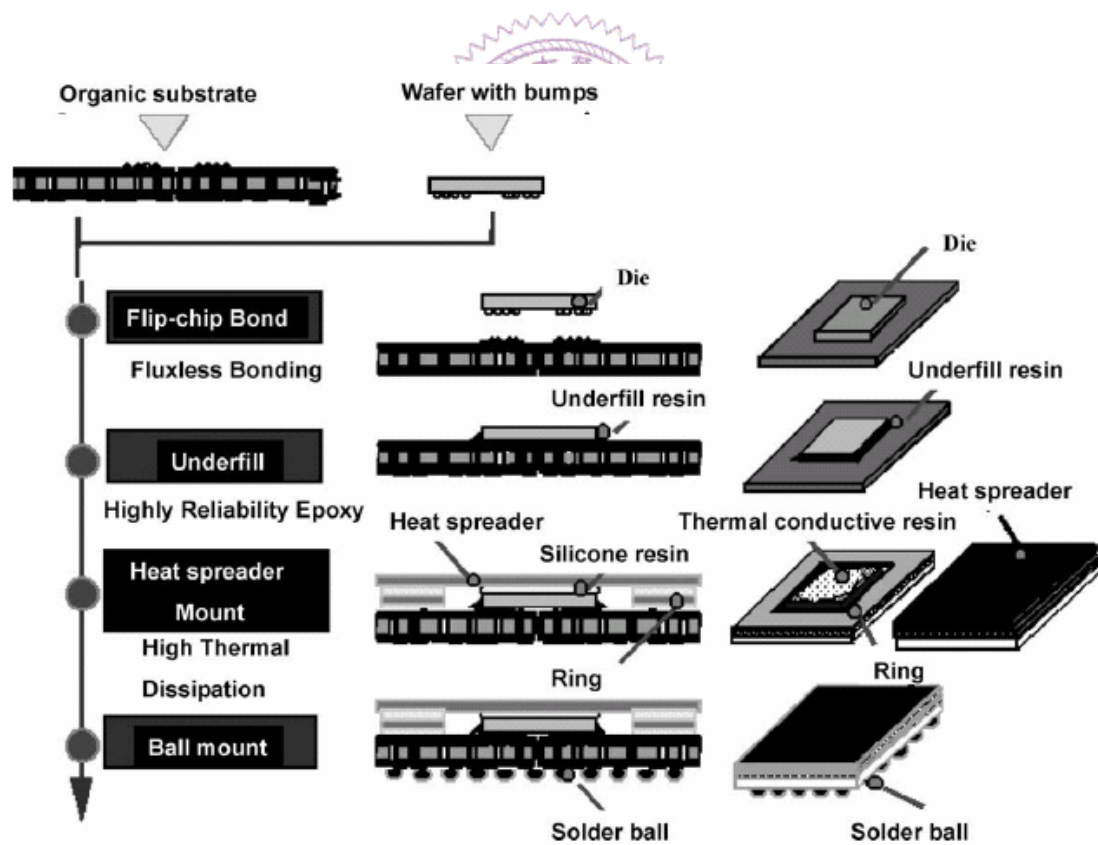


圖 1.10 FC-BGA 組裝流程圖[7]

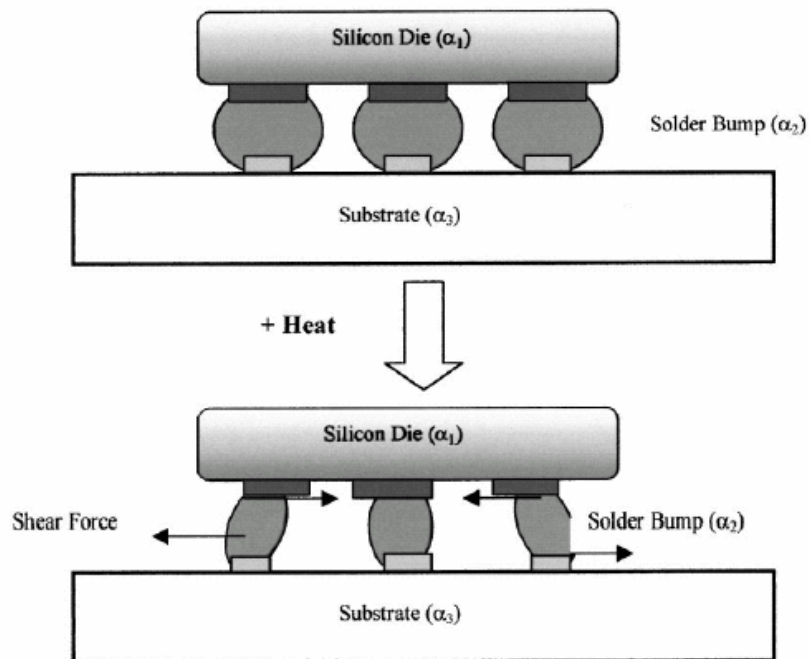


圖 2.1 CTE 不匹配造成的熱應力示意圖[5]

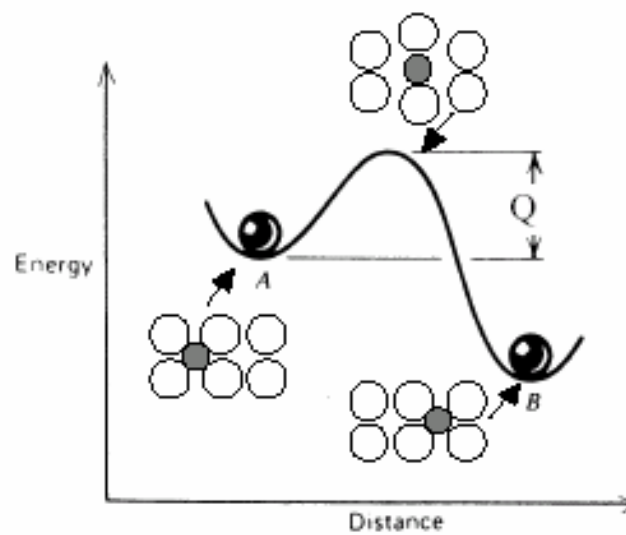


圖 4.1 發生擴散需克服之能障(致動能)示意圖

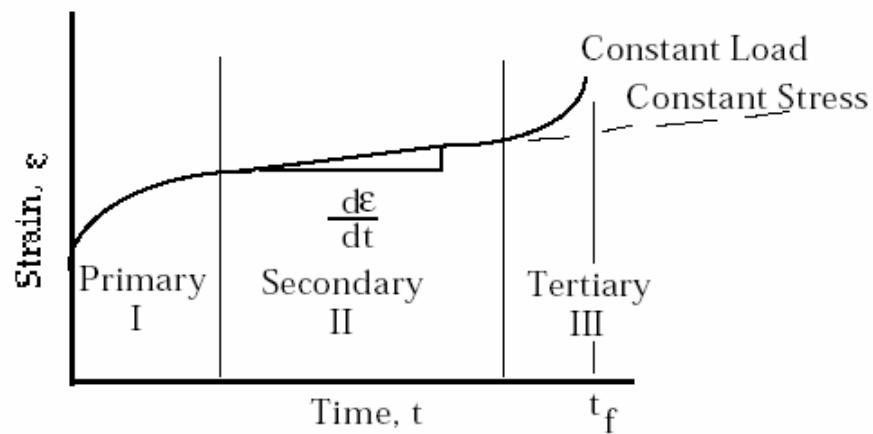


圖 4.2 典型的潛變曲線

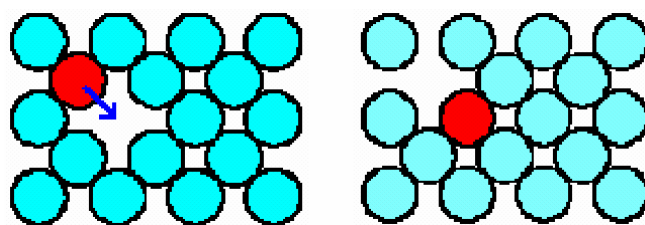


圖 4.3 空缺擴散[45]

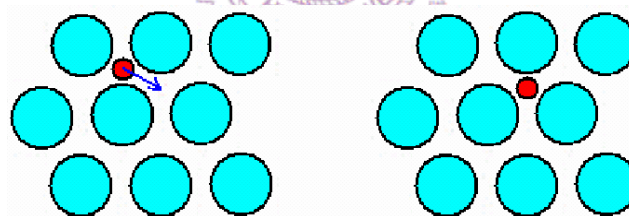


圖 4.4 間隙擴散[45]

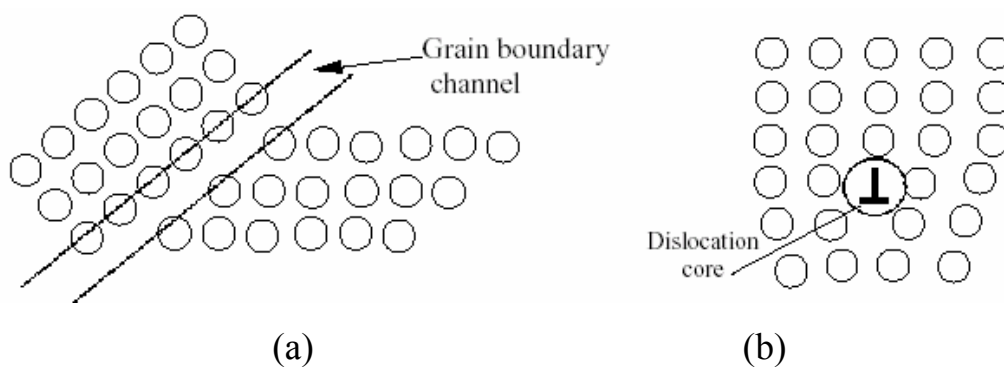


圖 4.5 (a)晶界擴散 (b)差排核擴散[45]

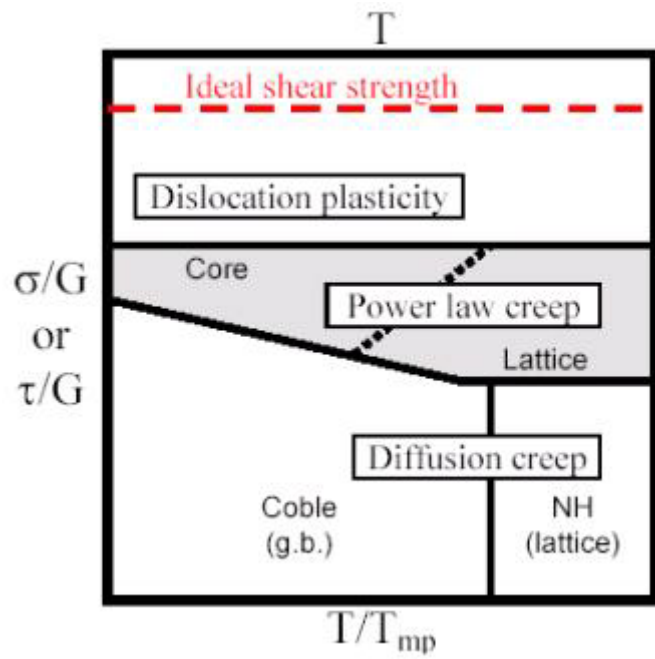


圖 4.6 材料的變形機制圖(Deformation Mechanism Map)[52]

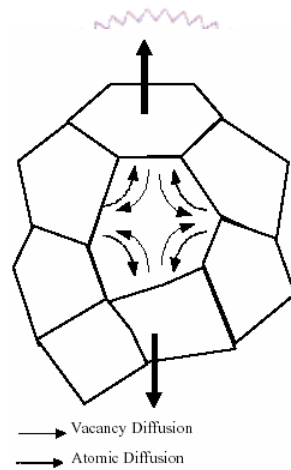


圖 4.7 擴散潛變[45]

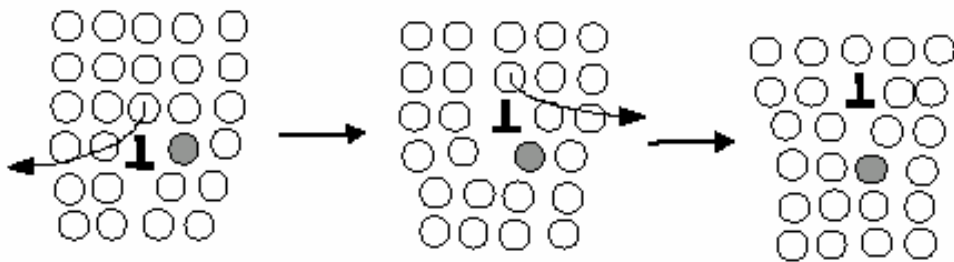


圖 4.8 差排潛變(因原子發生擴散而產生爬升的現象)[45]

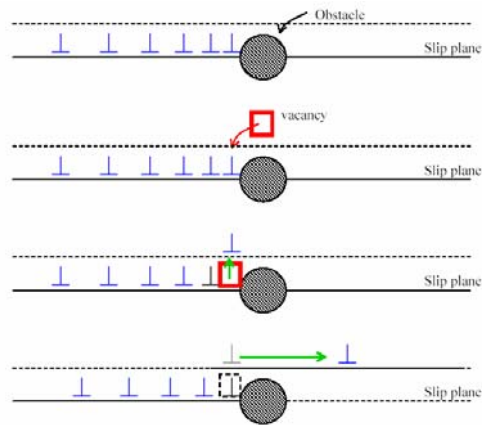


圖 4.9 差排滑移及爬升機制[45]

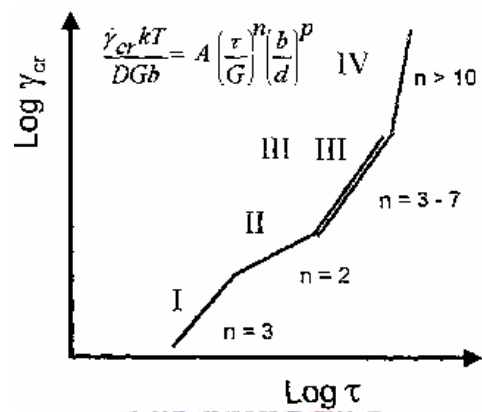


圖 4.10 微細晶粒的金屬及合金在高溫下之潛變變形機制 [40]

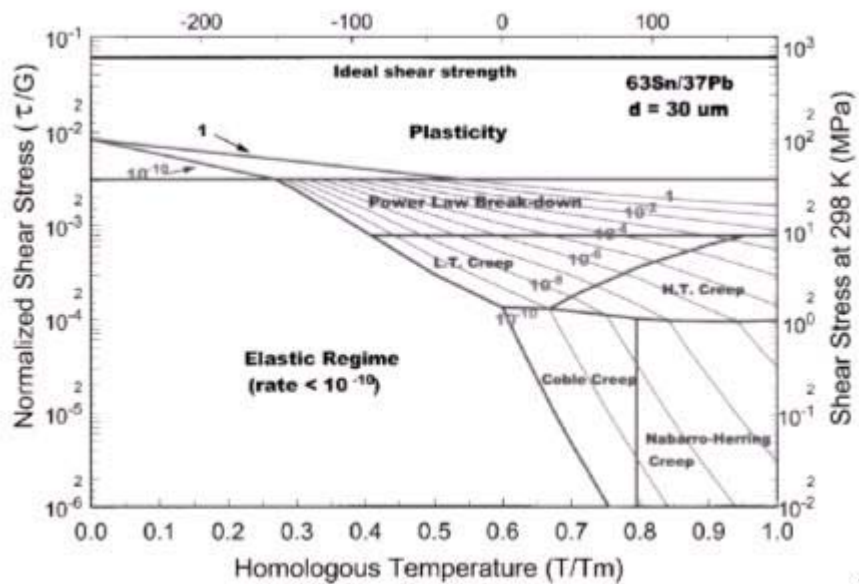


圖 4.11 63Sn-37Pb 的變形機制圖(Deformation mechanism map) [54]

等高線(iso-lines)上的數字代表在不同測試條件下的潛變率(單位：1/sec)

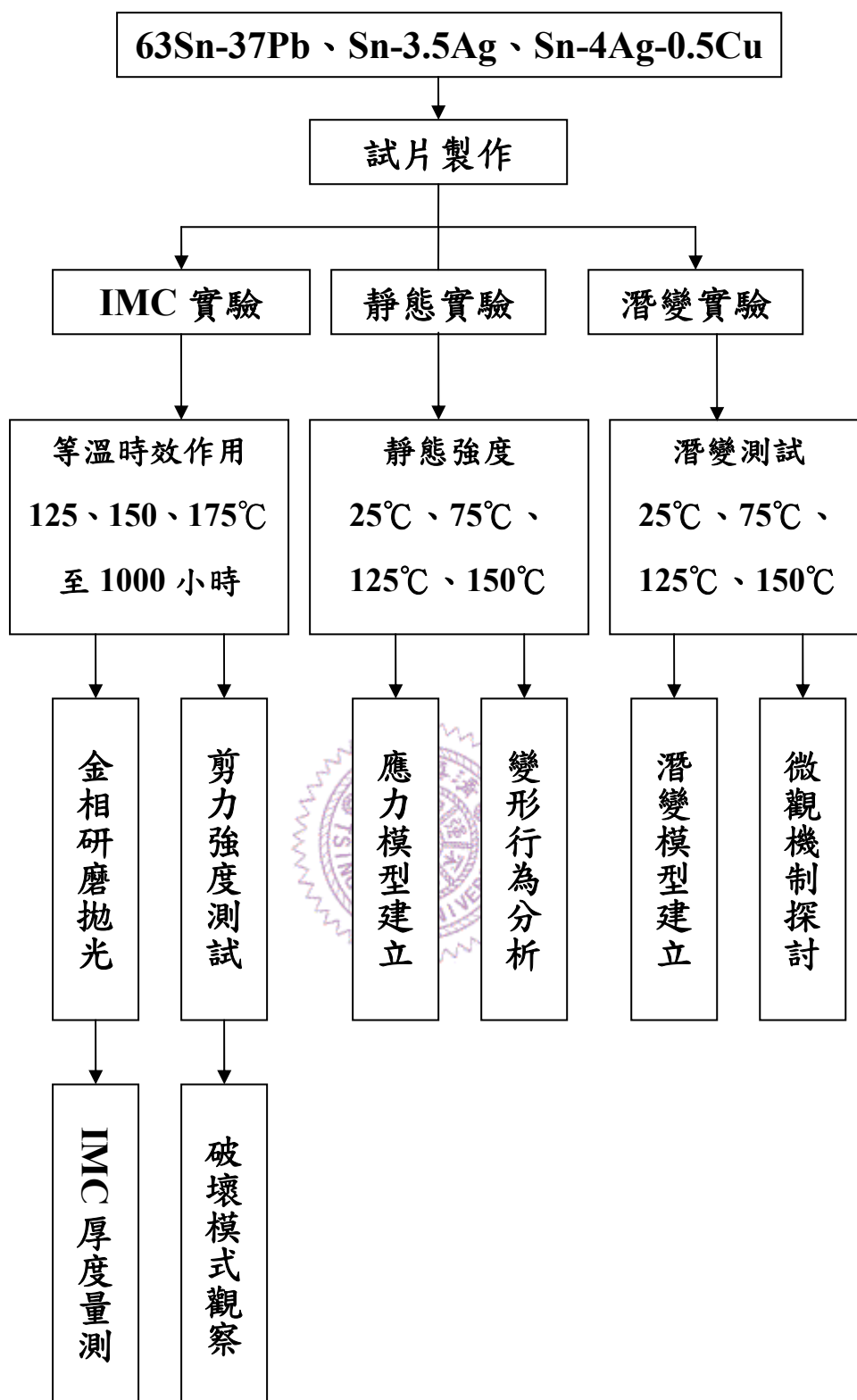


圖 5.1 實驗流程圖

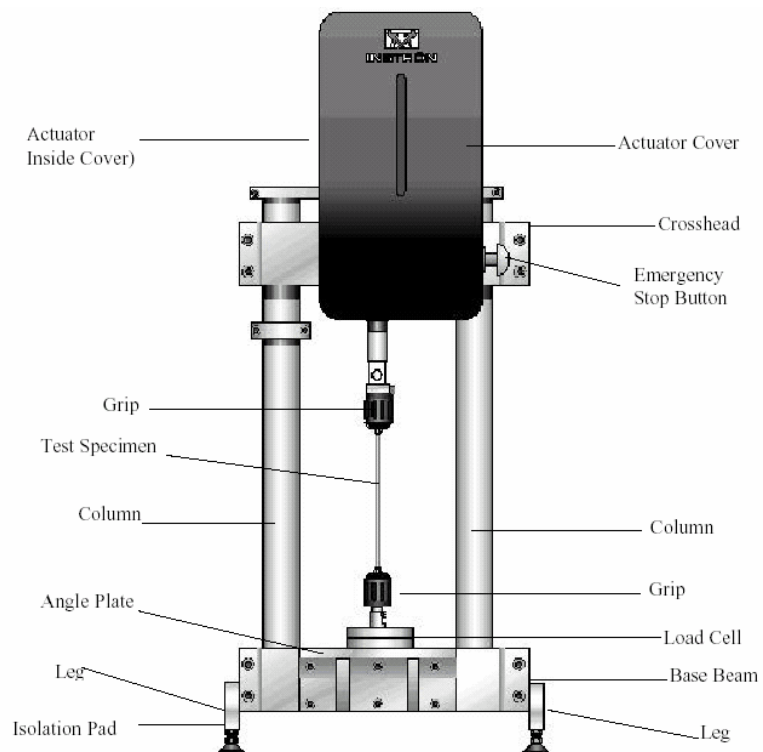


圖 5.2 Instron 8848 微拉伸試驗機[31]

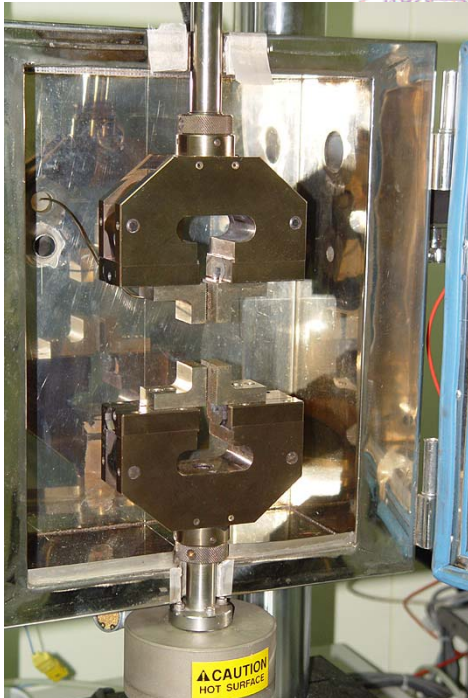


圖 5.3 氣動式夾具

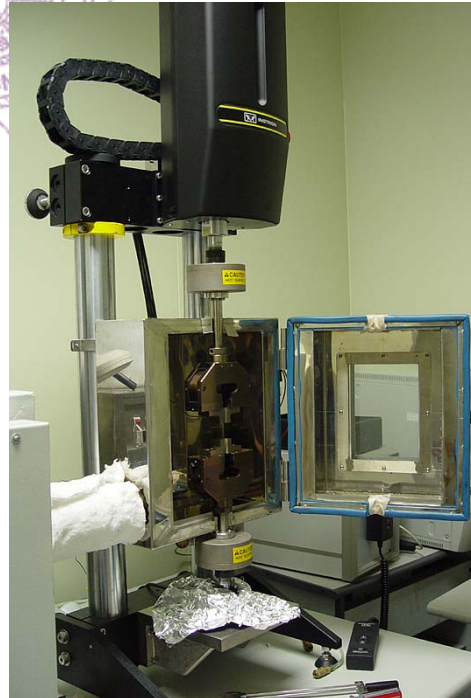


圖 5.4 微拉伸試驗機外掛  
溫/溼度控制箱



圖 5.5 研磨/拋光機



圖 5.6 高溫烤箱



圖 5.7 超音波清洗機

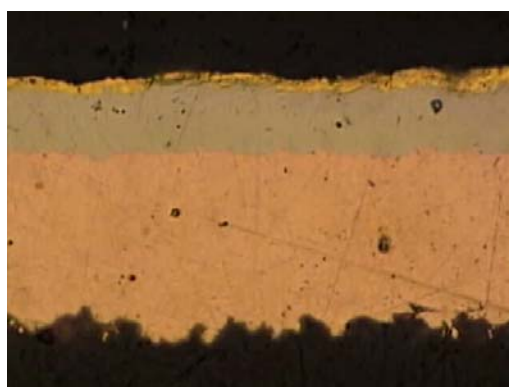
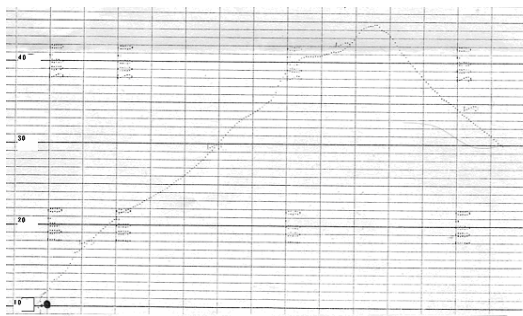
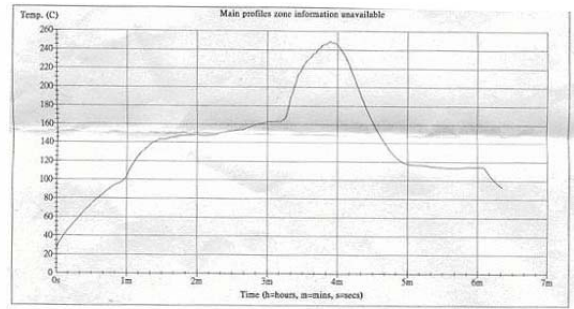


圖 5.8 Cu/Ni/Au 表面處理



(a)



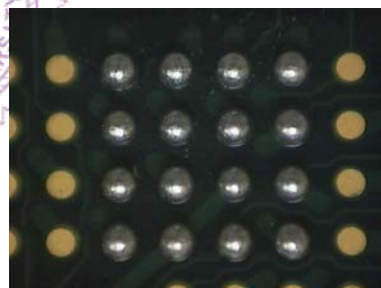
(b)

圖 5.9 錫球的迴焊曲線(a)63Sn-37Pb (b)Sn-3.5Ag、Sn-4Ag-0.5Cu



1.裁切所需尺寸之 PCB

2.利用針尖沾上微量的助焊劑



3.藉由針尖沾附錫球置放在錫墊上

4.經迴焊後即完成試片製作

圖 5.10 剪力推球試片製作流程圖

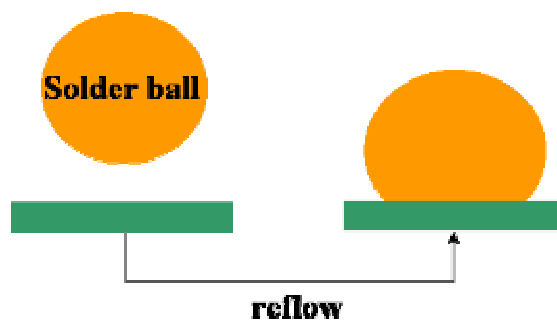


圖 5.11 剪力推球試片示意圖(4x4 陣列)

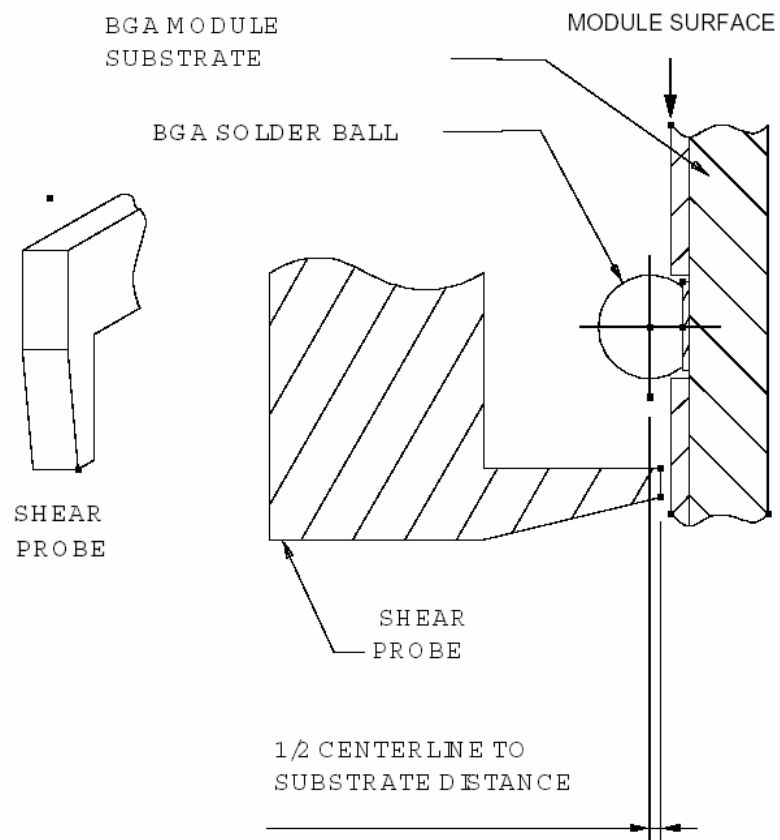


圖 5.12 JEDEC STANDARD-BGA Ball Shear[30]

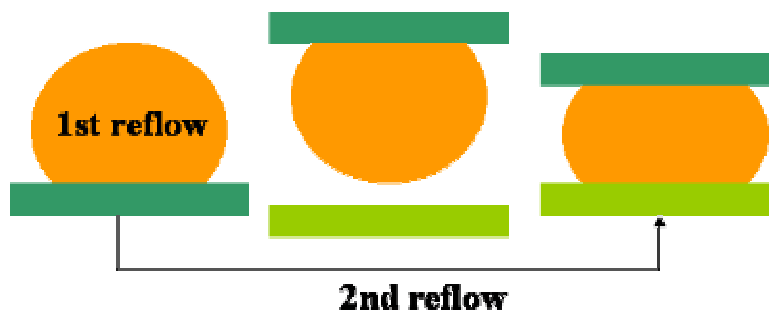
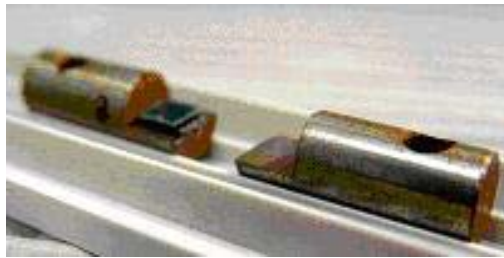


圖 5.13 潛變試片示意圖(2x2 陣列)



1. 試片夾具固定端



2. 先用 CN 膠黏著試片之一端



3. 藉由對準輔具的溝槽完成試片黏著於夾具上

圖 5.14 潛變試片黏著至夾具之流程圖

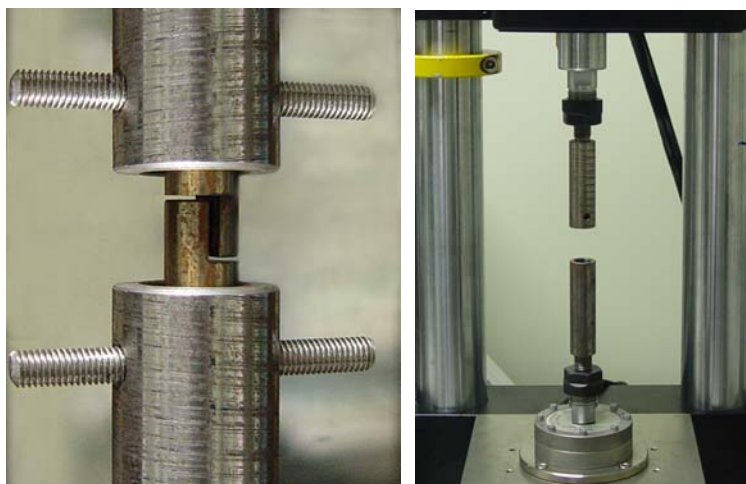


圖 5.15 潛變實驗的夾具圖



1. 試片固定於下模具



2. 將上模具套於下模具上

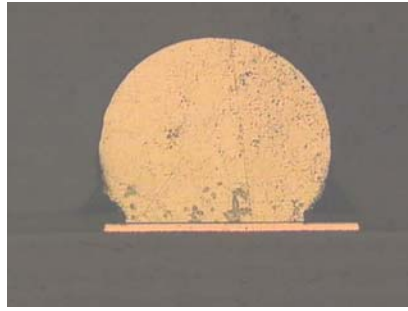


3. 混合樹脂與硬化劑後倒入模具內

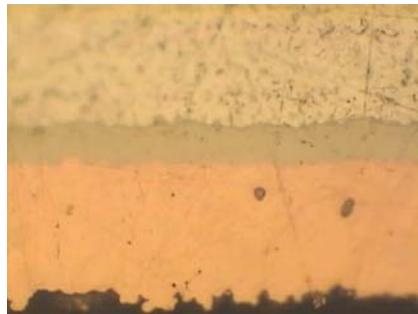


4. 脫膜

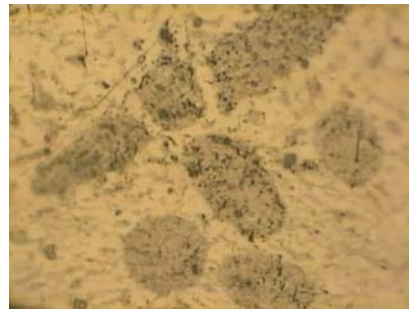
圖 5.16 鑲埋的流程圖



(a)

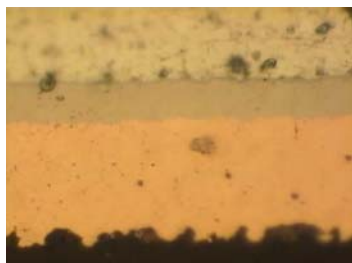


(b)

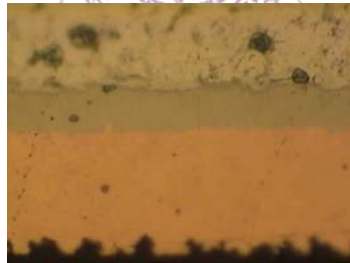


(c)

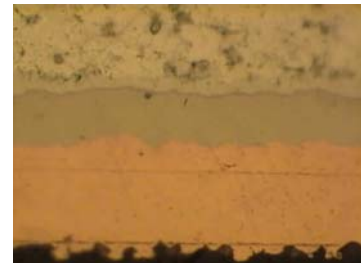
圖 6.1 迴焊後(as-reflowed)的  $63\text{Sn}-37\text{Pb}$  銲點外觀圖



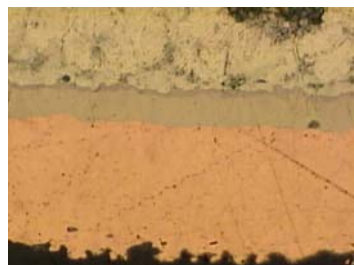
(a)



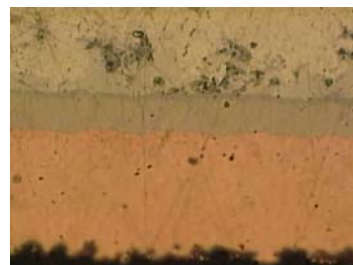
(b)



(c)



(d)



(e)

圖 6.2  $63\text{Sn}-37\text{Pb}$  經  $125^\circ\text{C}$  時效作用之 IMC 厚度成長

(a) 120 小時 (b) 240 小時 (c) 480 小時 (d) 720 小時 (e) 1000 小時

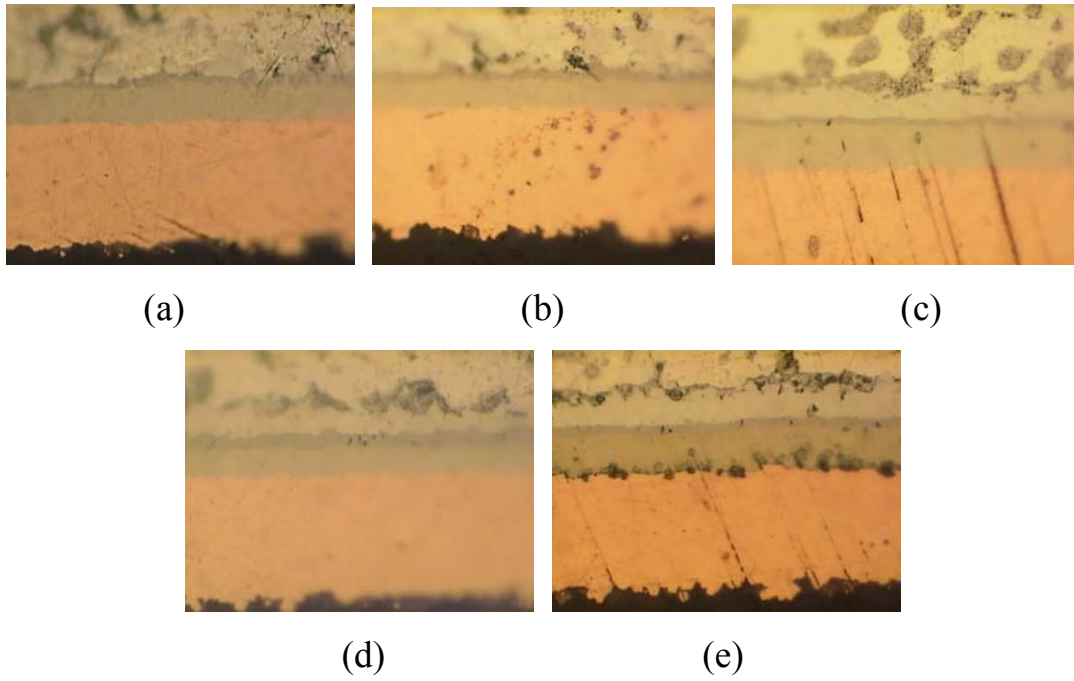


圖 6.3 63Sn-37Pb 經 150°C 時效作用之 IMC 厚度成長

(a) 120 小時(b) 240 小時(c) 480 小時(d) 720 小時(e) 1000 小時

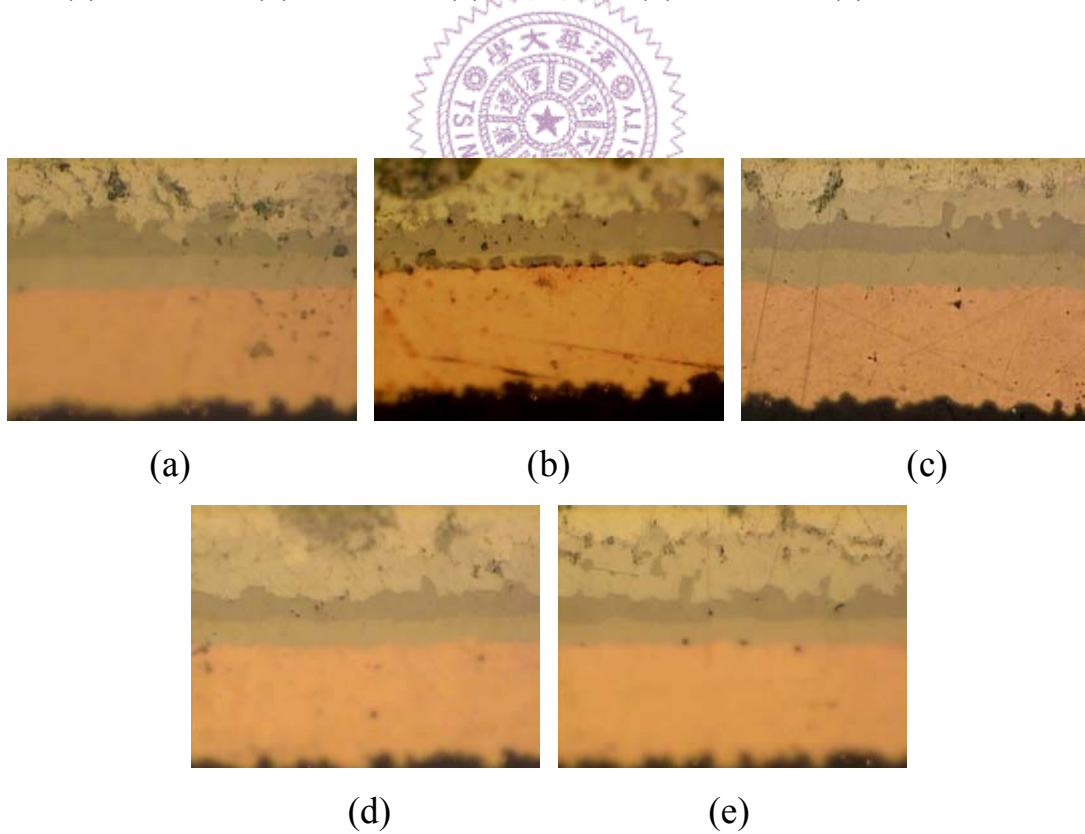


圖 6.4 63Sn-37Pb 經 175°C 時效作用之 IMC 厚度成長

(a) 120 小時(b) 240 小時(c) 480 小時(d) 720 小時(e) 1000 小時

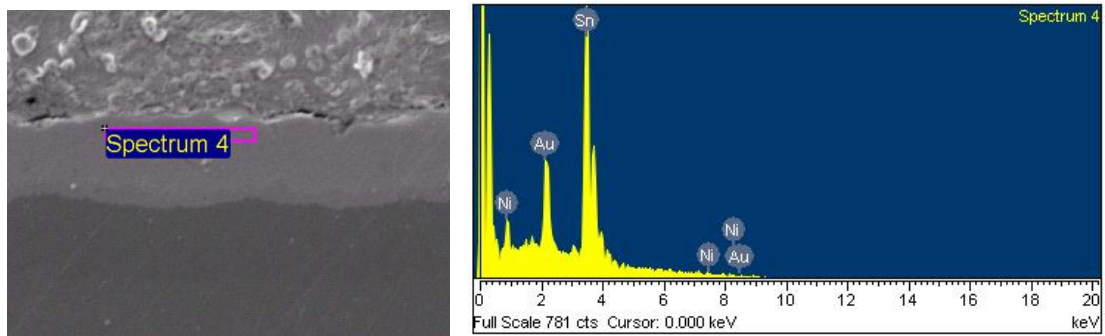


圖 6.5 63Sn-37Pb 銲點界面 IMC 的成份分析(175°C/1000 小時)

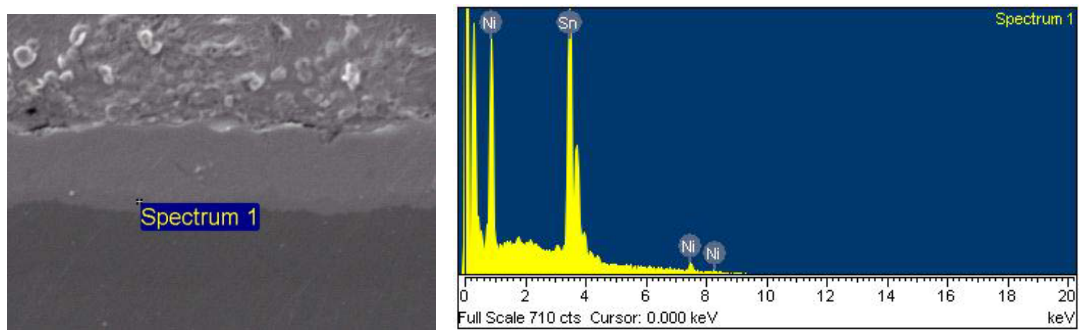


圖 6.6 63Sn-37Pb 銲點界面 IMC 的成份分析(175°C/1000 小時)

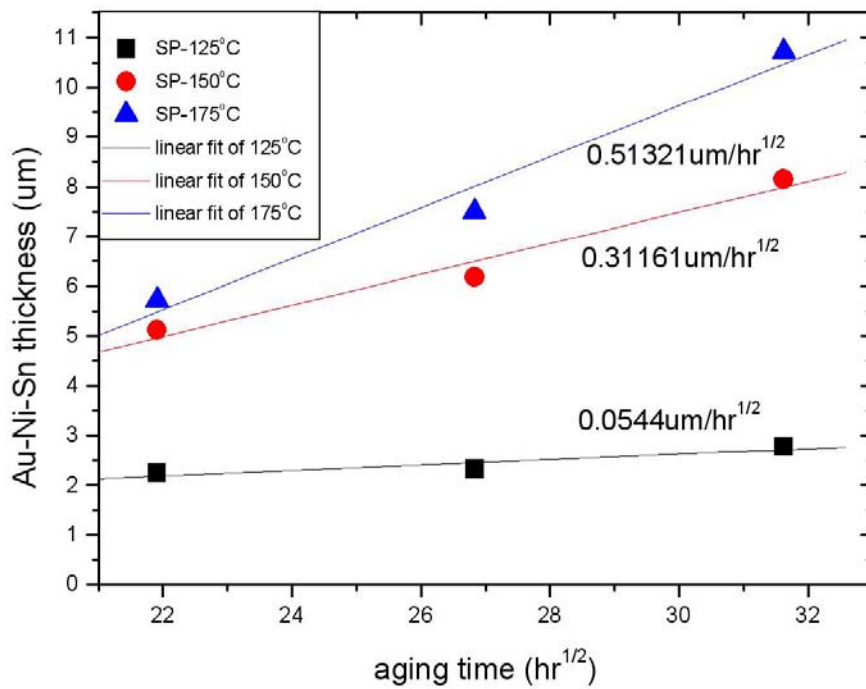
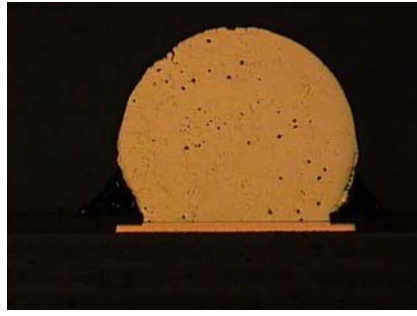
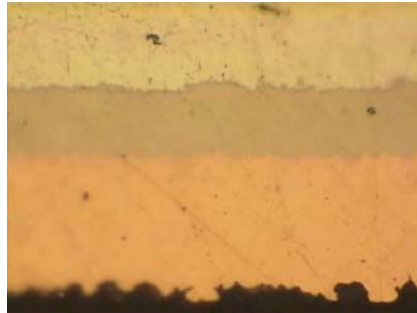


圖 6.7 63Sn-37Pb 銲點界面 IMC 層厚度與時效時間的關係



(a)

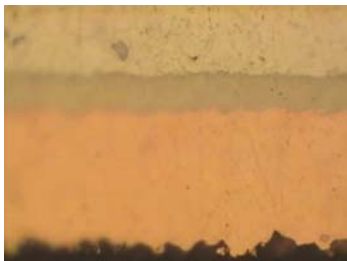


(b)



(c)

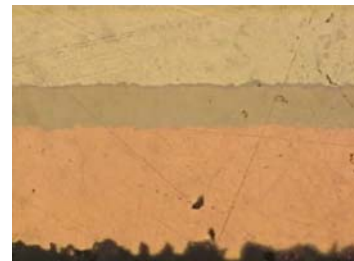
圖 6.8 迴焊後的 Sn-3.5Ag 銲點外觀圖



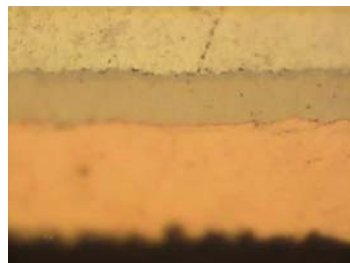
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

圖 6.9 Sn-3.5Ag 經 125°C 時效作用之 IMC 厚度成長

(a) 120 小時 (b) 240 小時 (c) 480 小時 (d) 720 小時 (e) 1000 小時

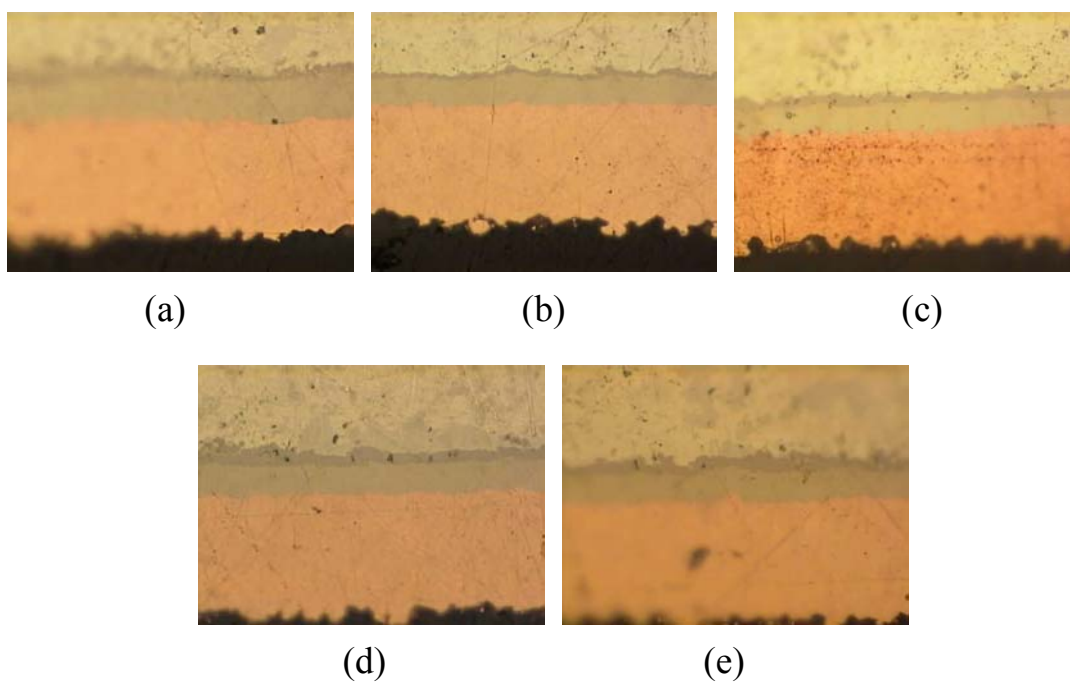


圖 6.10 Sn-3.5Ag 經 150°C 時效作用之 IMC 厚度成長

(a) 120 小時(b) 240 小時(c) 480 小時(d) 720 小時(e) 1000 小時

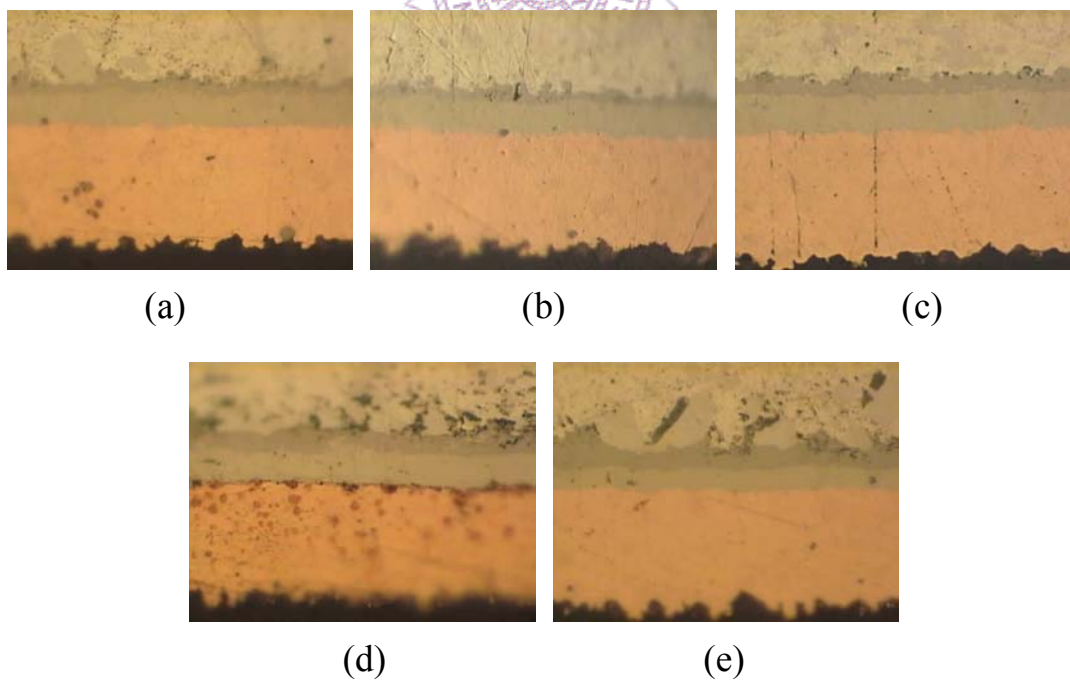


圖 6.11 Sn-3.5Ag 經 175°C 時效作用之 IMC 厚度成長

(a) 120 小時(b) 240 小時(c) 480 小時(d) 720 小時(e) 1000 小時

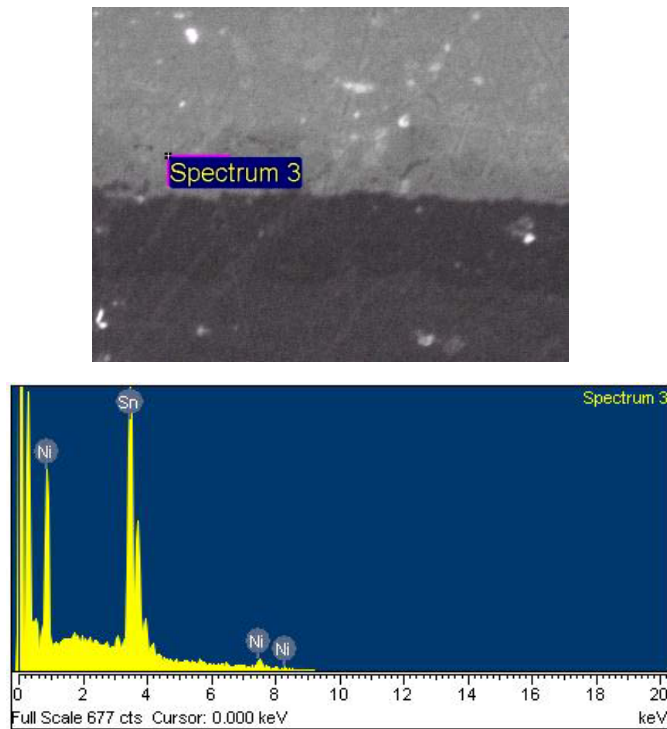


圖 6.12 Sn-3.5Ag 銲點界面 IMC 的成份分析(175°C/1000 小時)

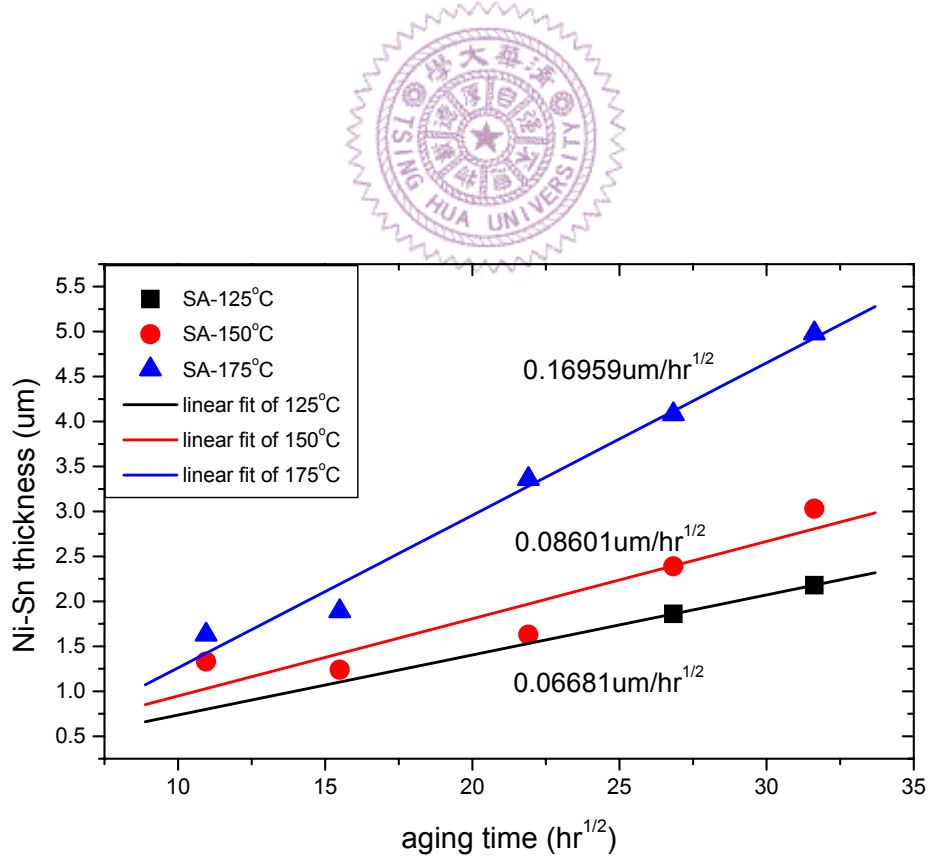
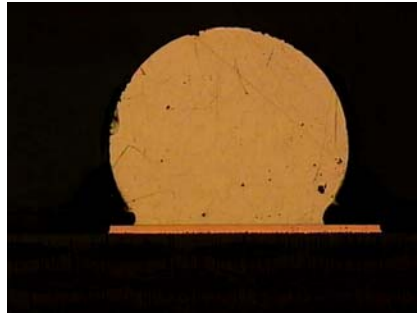


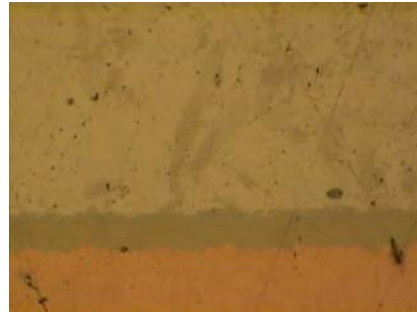
圖 6.13 Sn-3.5Ag 銲點界面 IMC 層厚度與時效時間的關係



(a)



(b)

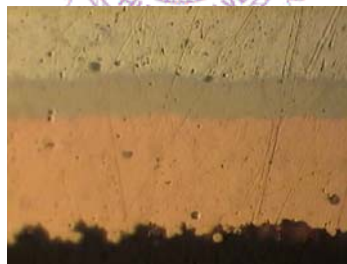


(c)

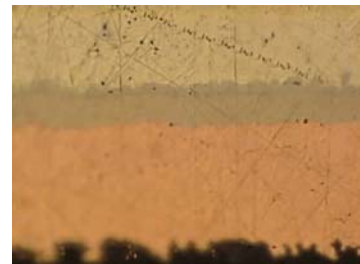
圖 6.14 迴焊後的 Sn-4Ag-0.5Cu 鐸點外觀圖



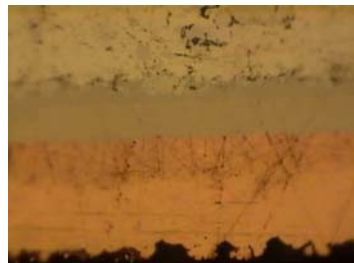
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

圖 6.15 Sn-4Ag-0.5Cu 經 125°C 時效作用之 IMC 厚度成長

(a) 120 小時 (b) 240 小時 (c) 480 小時 (d) 720 小時 (e) 1000 小時

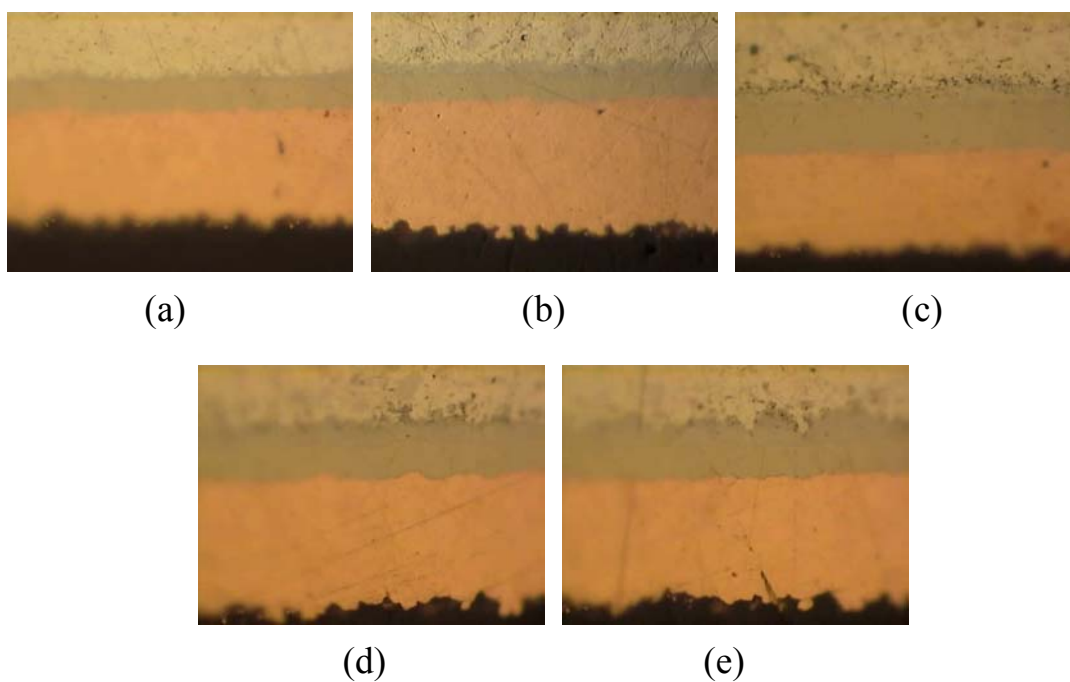


圖 6.16 Sn-4Ag-0.5Cu 經 150°C 時效作用之 IMC 厚度成長  
 (a) 120 小時(b) 240 小時(c) 480 小時(d) 720 小時(e) 1000 小時

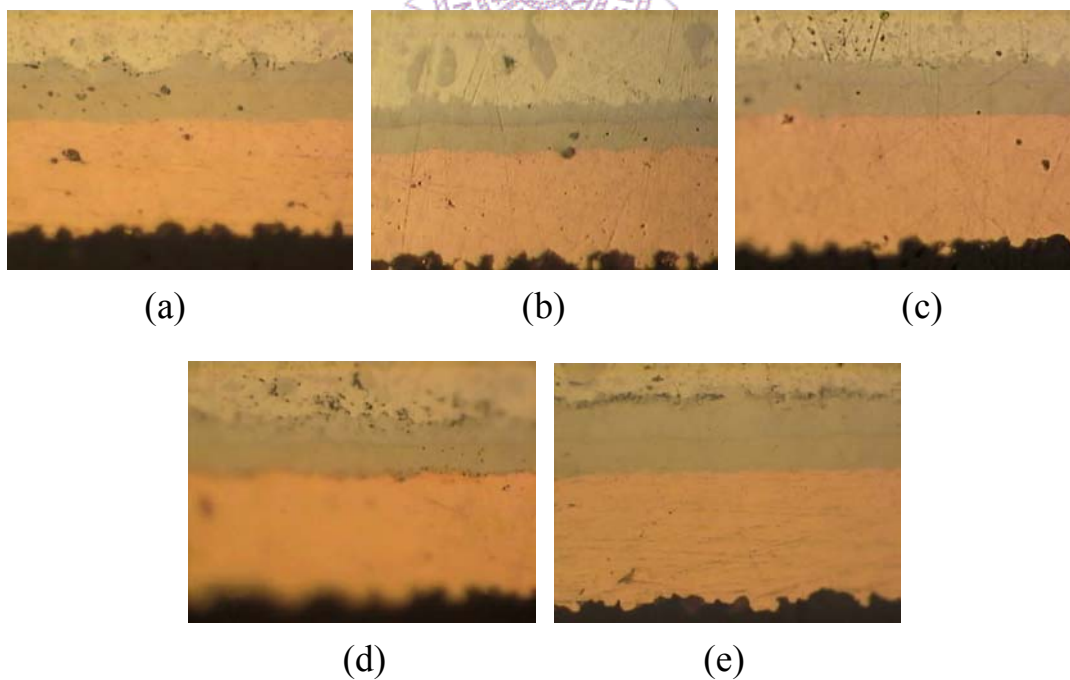


圖 6.17 Sn-4Ag-0.5Cu 經 175°C 時效作用之 IMC 厚度成長  
 (a) 120 小時(b) 240 小時(c) 480 小時(d) 720 小時(e) 1000 小時

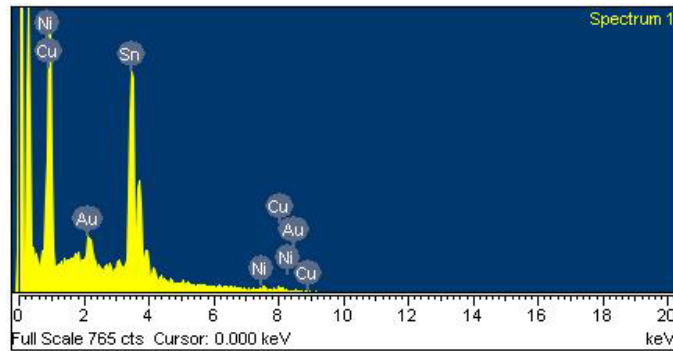
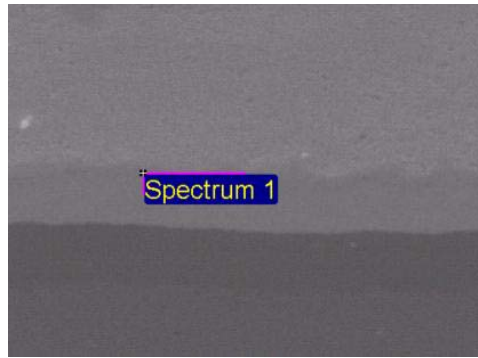


圖 6.18 Sn-4Ag-0.5Cu 鐸點界面 IMC 的成份分析(175°C/1000 小時)

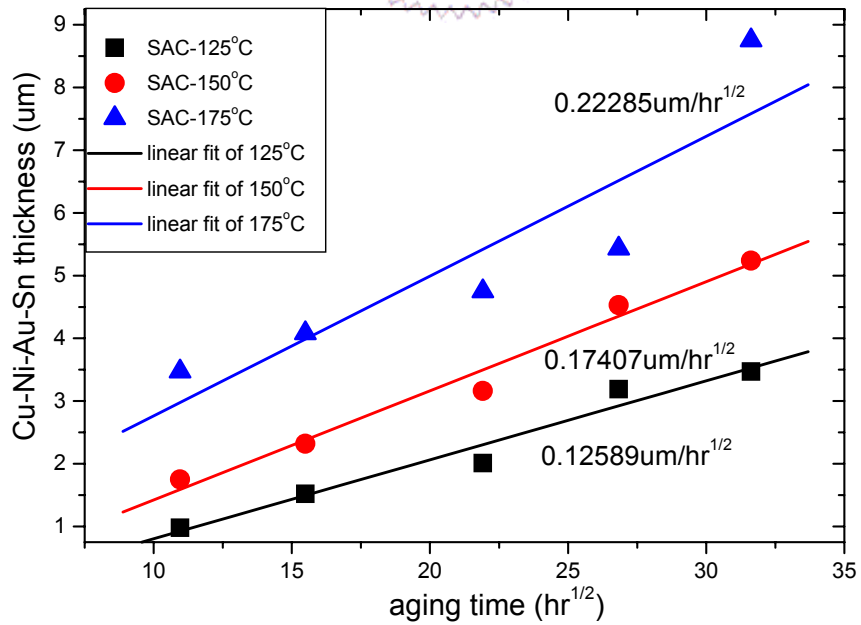


圖 6.19 Sn-4Ag-0.5Cu 鐸點界面 IMC 層厚度與時效時間的關係

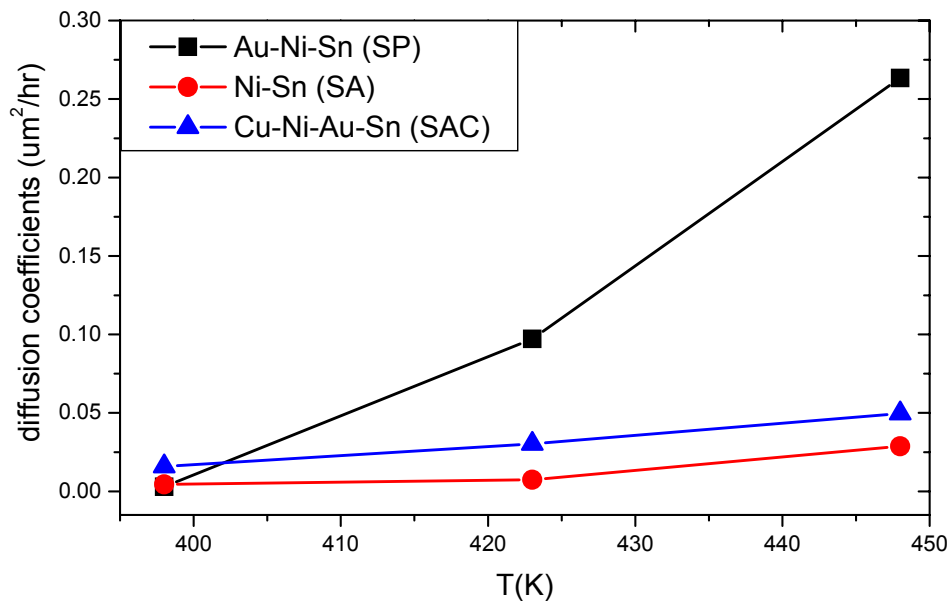


圖 6.20 擴散係數(D)與溫度的關係

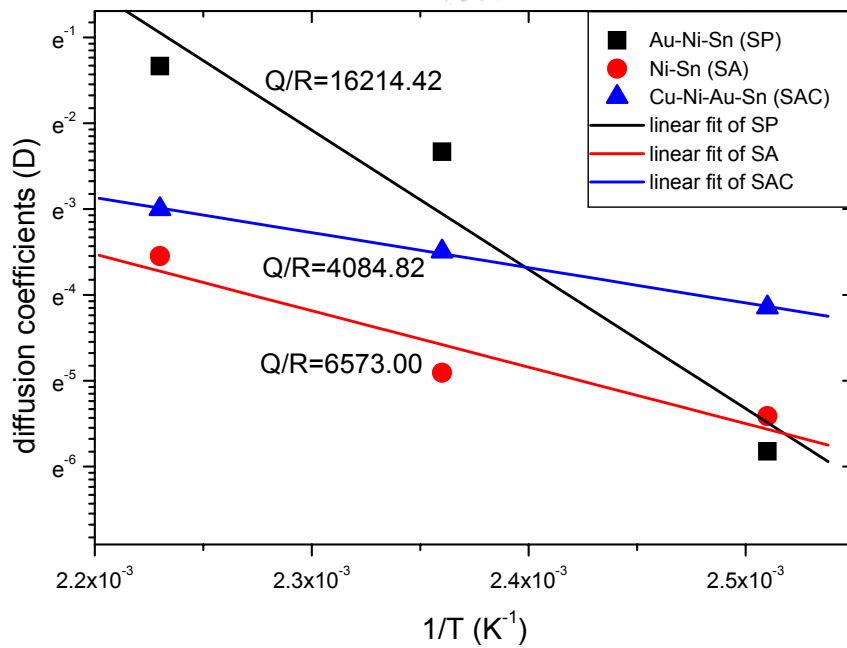


圖 6.21 鐳點界面 IMC 之致動能

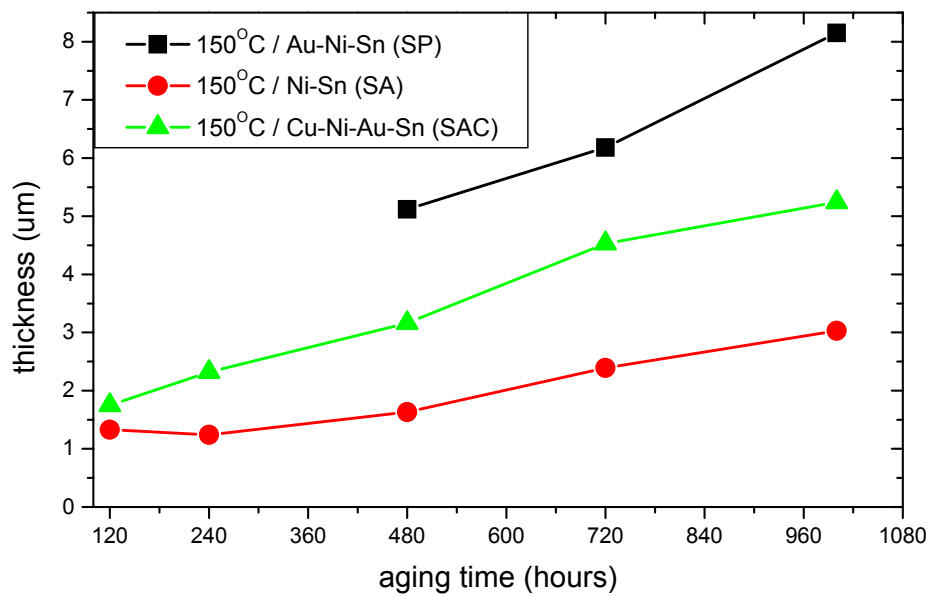


圖 6.22 三種錐點之界面 IMC 層在 150°C 之厚度成長比較圖

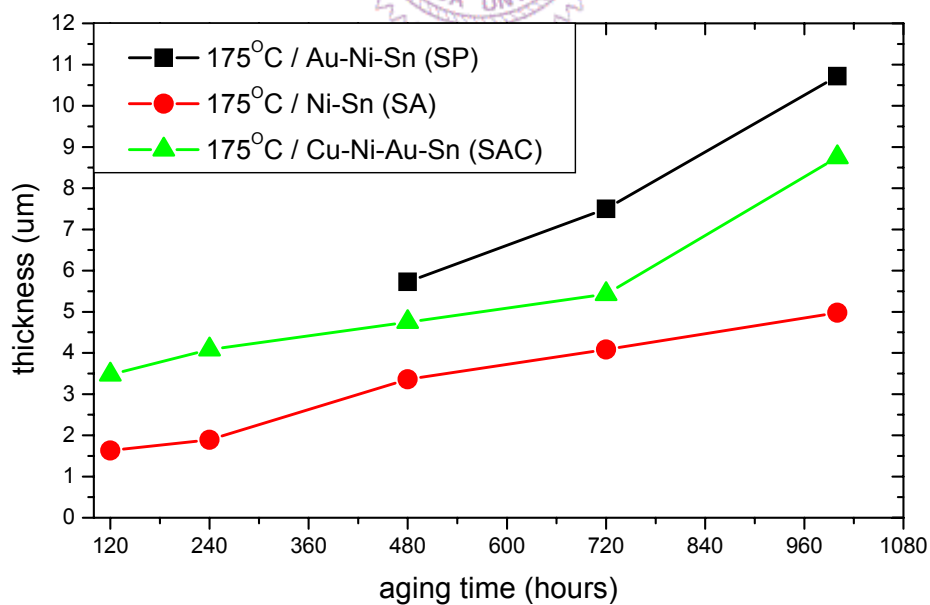


圖 6.23 三種錐點之界面 IMC 層在 175°C 之厚度成長比較圖

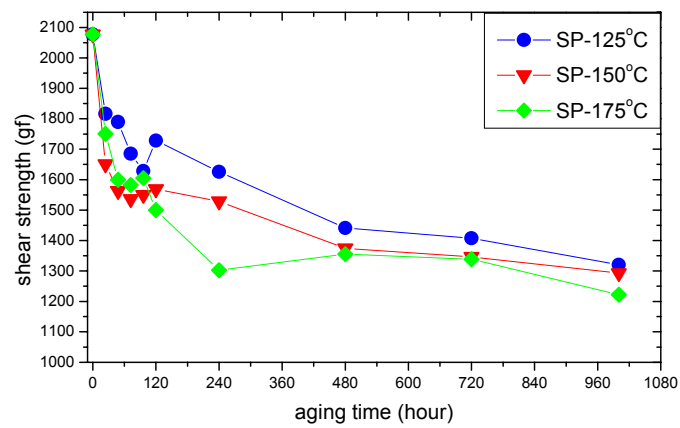


圖 6.24 63Sn-37Pb 鐸點剪力推球強度與時效時間的關係

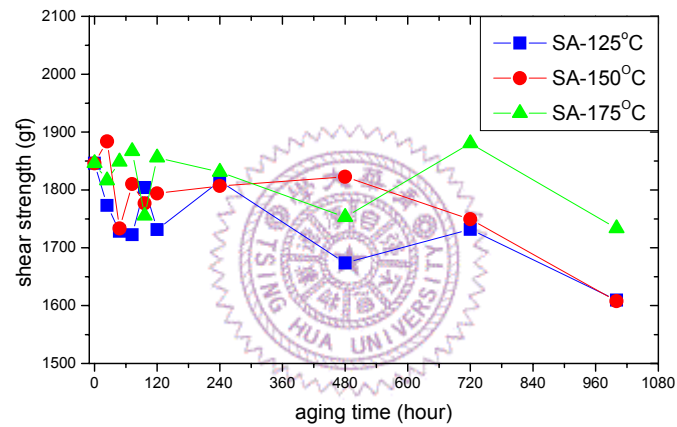


圖 6.25 Sn-3.5Ag 鐸點剪力推球強度與時效時間的關係

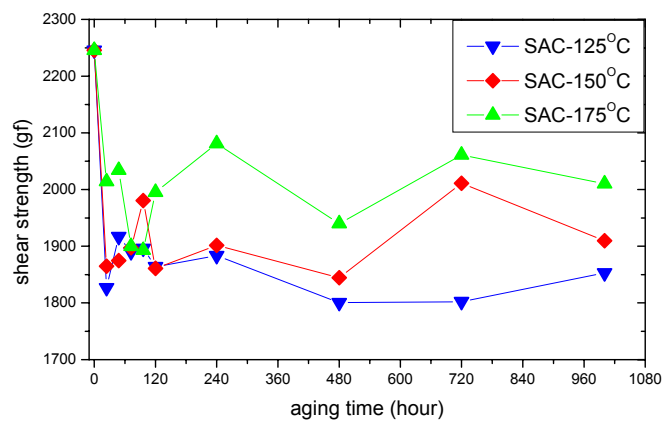


圖 6.26 Sn-4Ag-0.5Cu 鐸點剪力推球強度與時效時間的關係

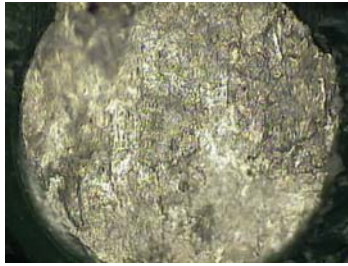
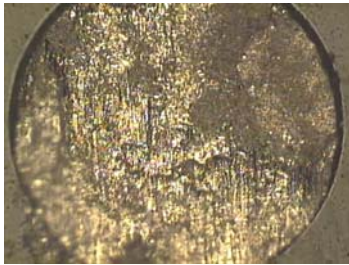
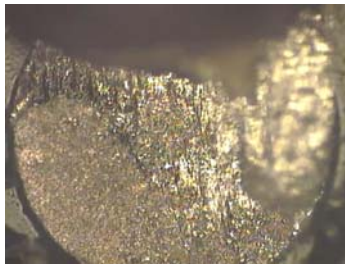


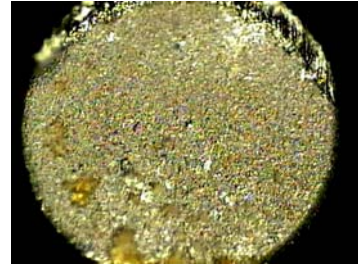
圖 6.27 63Sn-37Pb 在 0 小時時效作用(as-reflow)之破壞表面



(a)



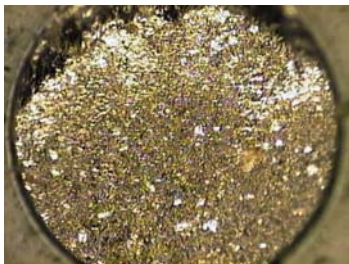
(b)



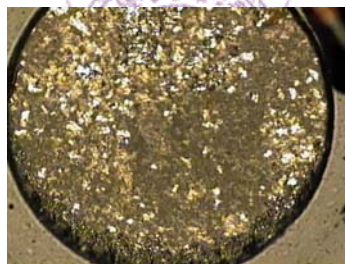
(c)

圖 6.28 63Sn-37Pb 在 125°C 時效作用下之破壞表面

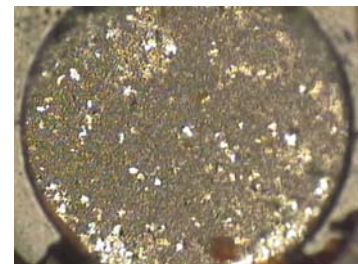
(a) 120 小時 (b) 480 小時 (c) 1000 小時



(a)



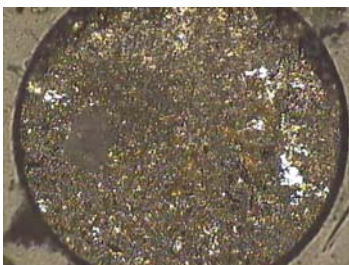
(b)



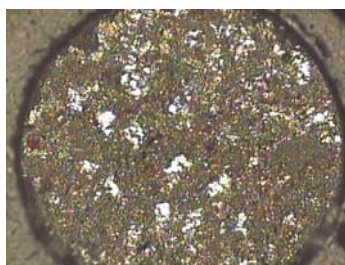
(c)

圖 6.29 63Sn-37Pb 在 150°C 時效作用下之破壞表面

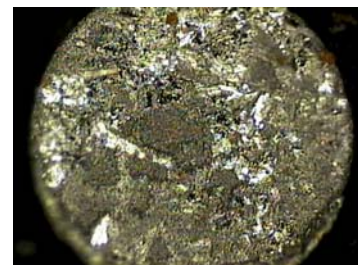
(a) 120 小時 (b) 480 小時 (c) 1000 小時



(a)



(b)



(c)

圖 6.30 63Sn-37Pb 在 175°C 時效作用下之破壞表面

(a) 120 小時 (b) 480 小時 (c) 1000 小時

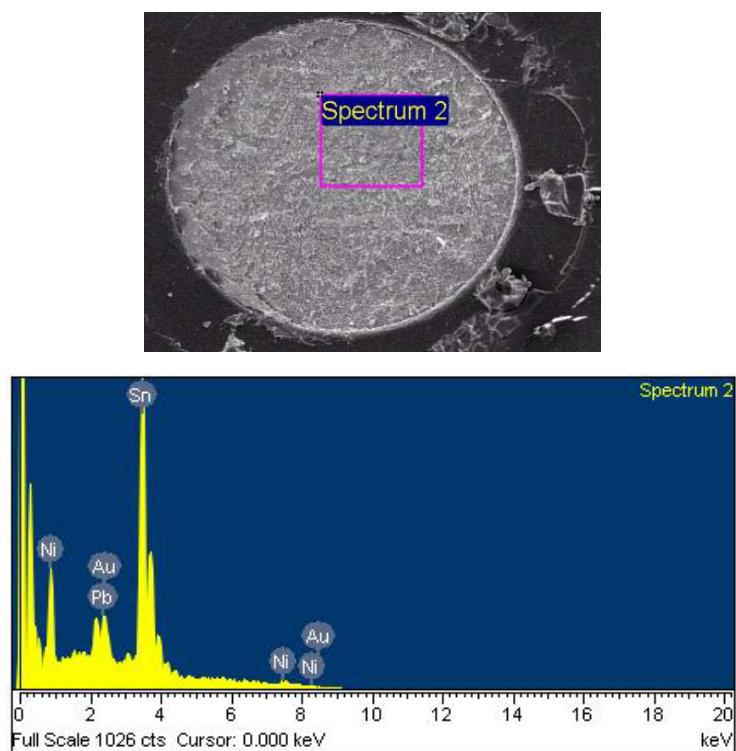


圖 6.31 63Sn-37Pb 在 175°C/1000 小時之破壞面 EDX 分析

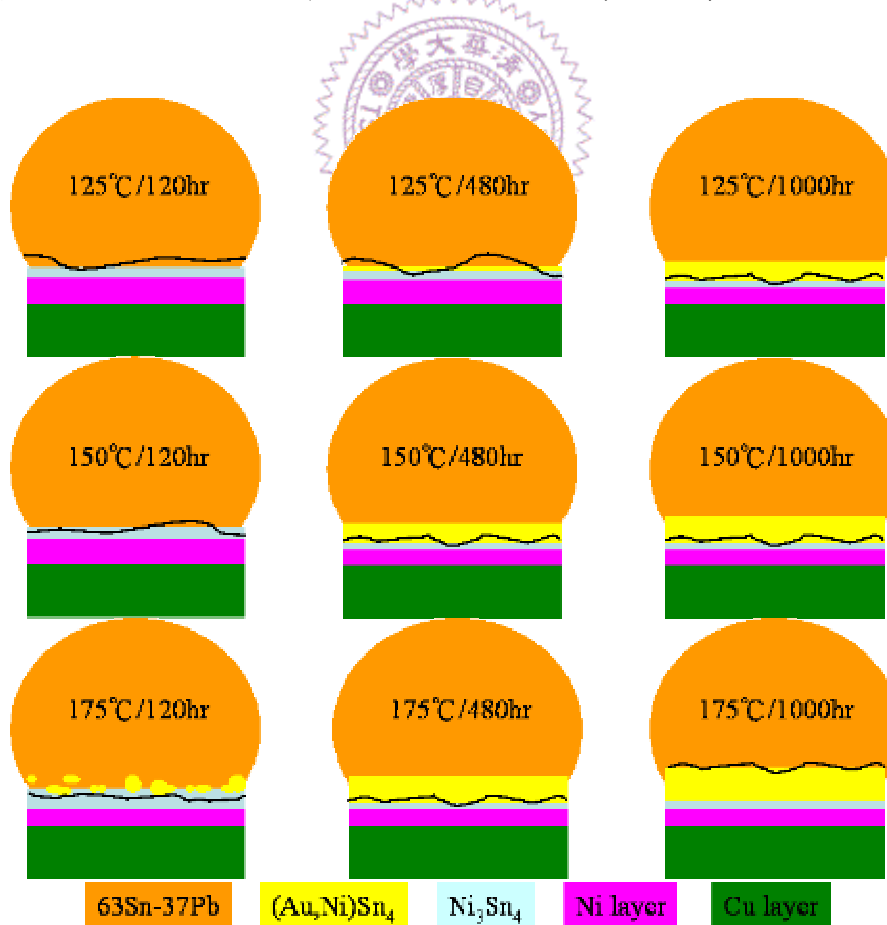
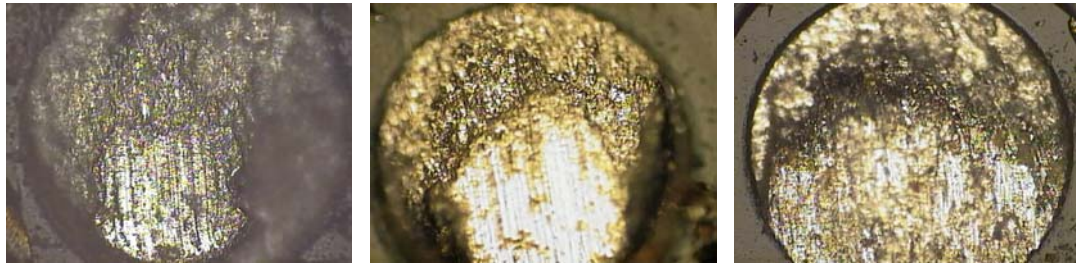


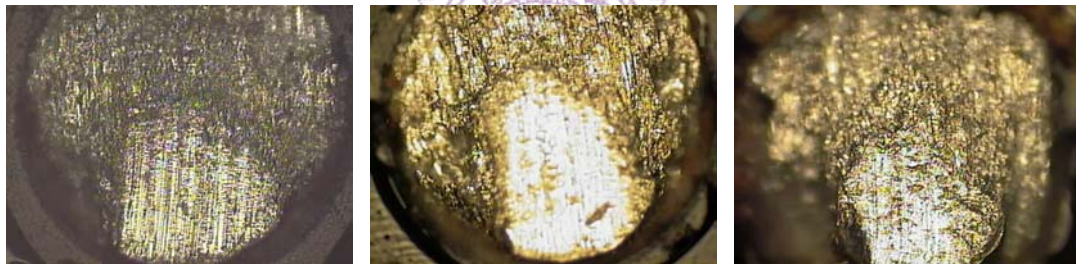
圖 6.32 63Sn-37Pb 銲點經等溫時效作用後的破壞機制



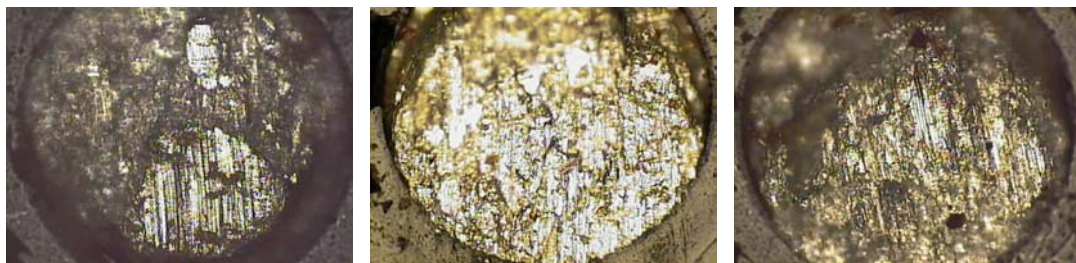
圖 6.33 Sn-3.5Ag 在 0 小時時效作用之破壞表面



(a) (b) (c)  
圖 6.34 Sn-3.5Ag 在 125°C 時效作用下之破壞表面  
(a) 120 小時 (b) 480 小時 (c) 1000 小時



(a) (b) (c)  
圖 6.35 Sn-3.5Ag 在 150°C 時效作用下之破壞表面  
(a) 120 小時 (b) 480 小時 (c) 1000 小時



(a) (b) (c)  
圖 6.36 Sn-3.5Ag 在 175°C 時效作用下之破壞表面  
(a) 120 小時 (b) 480 小時 (c) 1000 小時

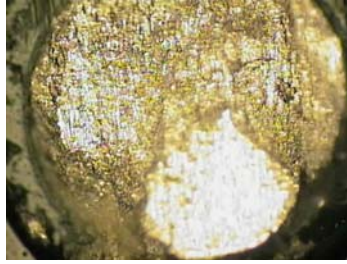
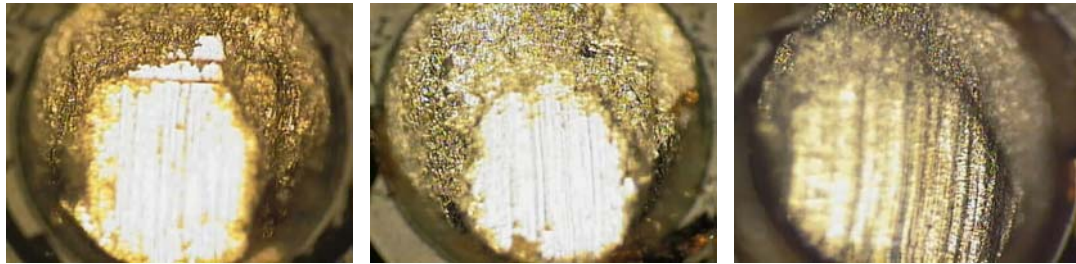


圖 6.37 Sn-4Ag-0.5Cu 在 0 小時時效作用之破壞表面



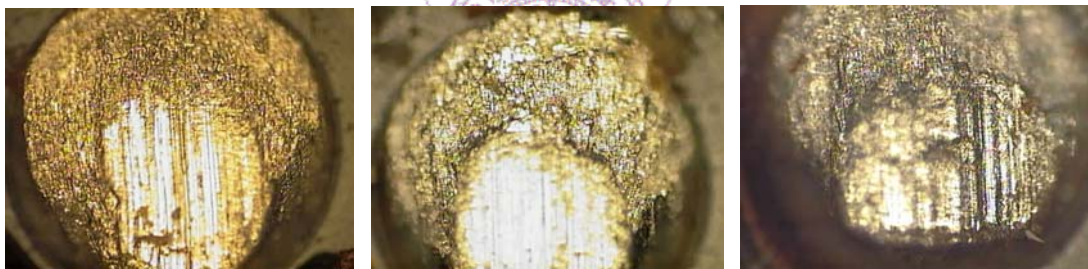
(a)

(b)

(c)

圖 6.38 Sn-4Ag-0.5Cu 在 125°C 時效作用下之破壞表面

(a) 120 小時 (b) 480 小時 (c) 1000 小時



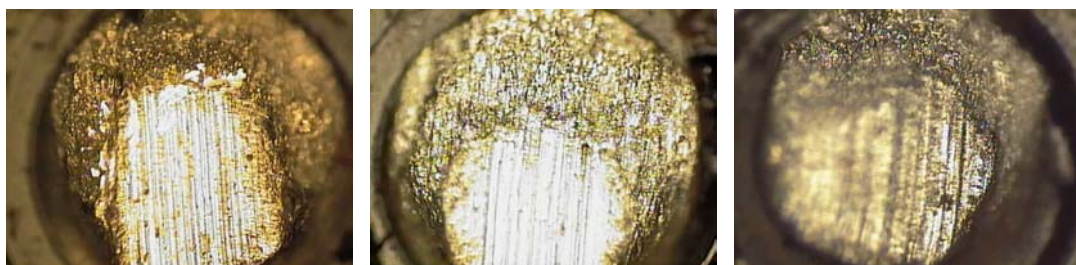
(a)

(b)

(c)

圖 6.39 Sn-4Ag-0.5Cu 在 150°C 時效作用下之破壞表面

(a) 120 小時 (b) 480 小時 (c) 1000 小時



(a)

(b)

(c)

圖 6.40 Sn-4Ag-0.5Cu 在 175°C 時效作用下之破壞表面

(a) 120 小時 (b) 480 小時 (c) 1000 小時

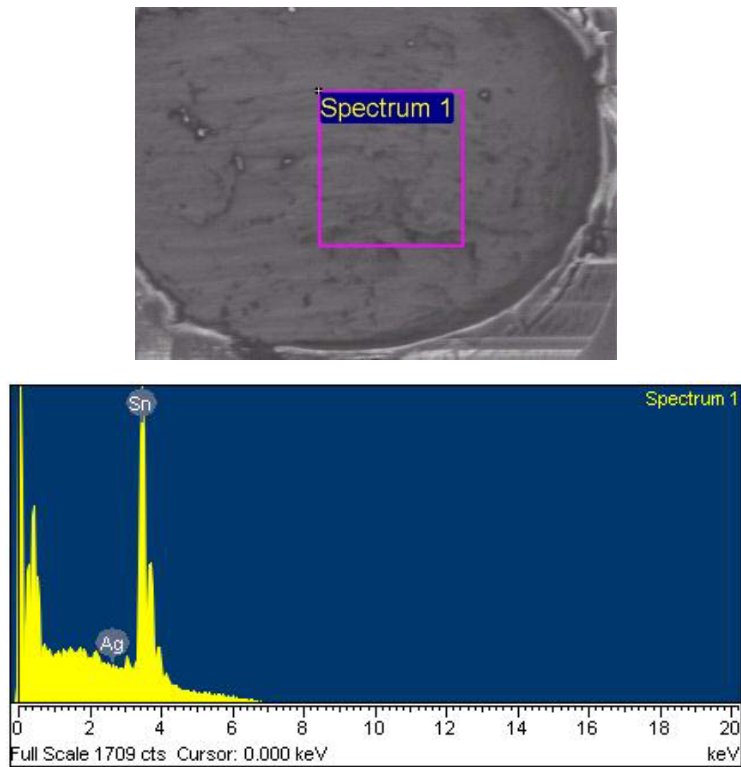


圖 6.41 Sn-3.5Ag 銲點在 175°C/1000 小時之破壞面 EDX 分析

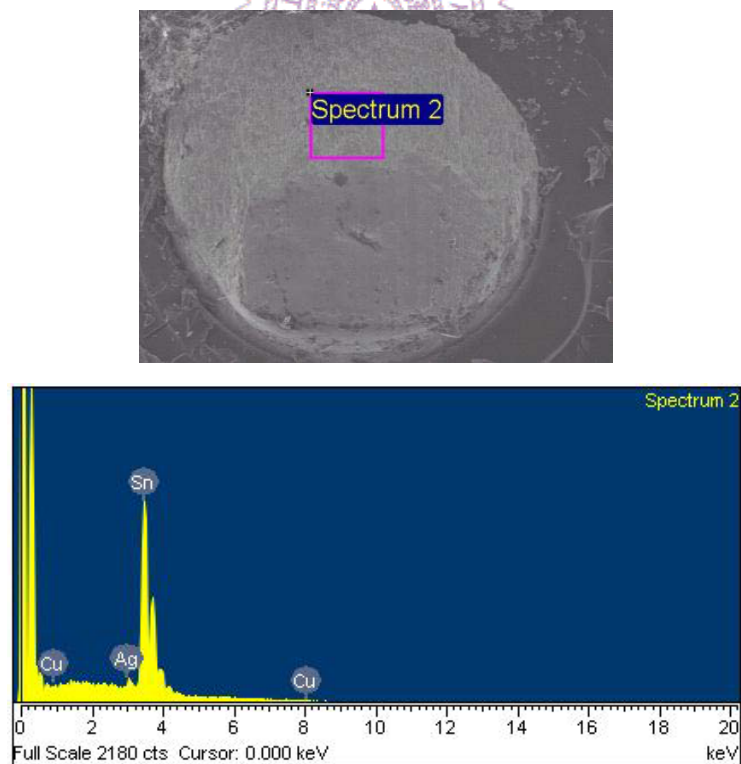


圖 6.42 Sn-4Ag-0.5Cu 銲點在 175°C/1000 小時之破壞面 EDX 分析

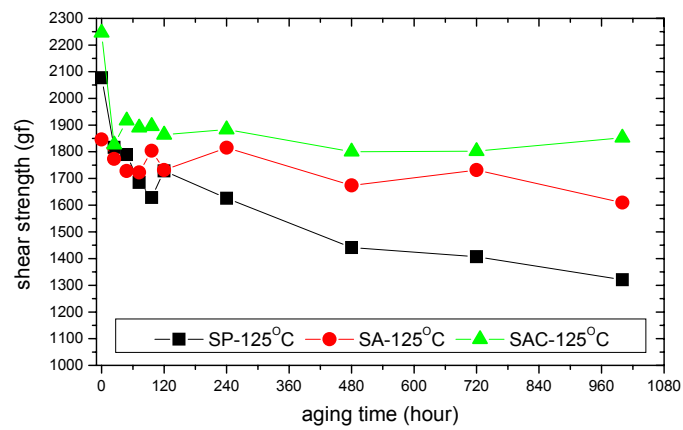


圖 6.43 三種鉛點在 125°C 之剪力推球強度比較圖

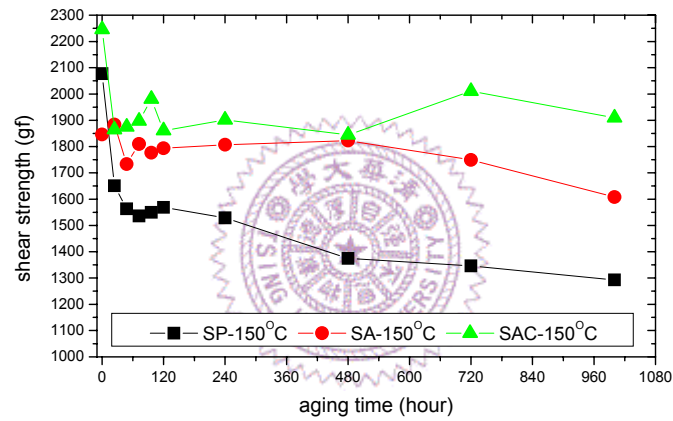


圖 6.44 三種鉛點在 150°C 之剪力推球強度比較圖

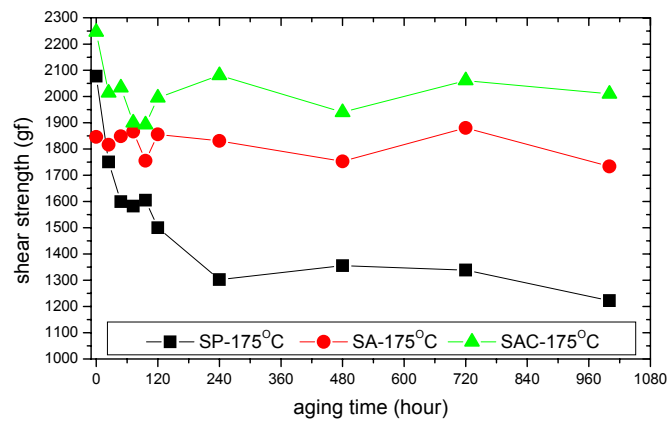


圖 6.45 三種鉛點在 175°C 之剪力推球強度比較圖

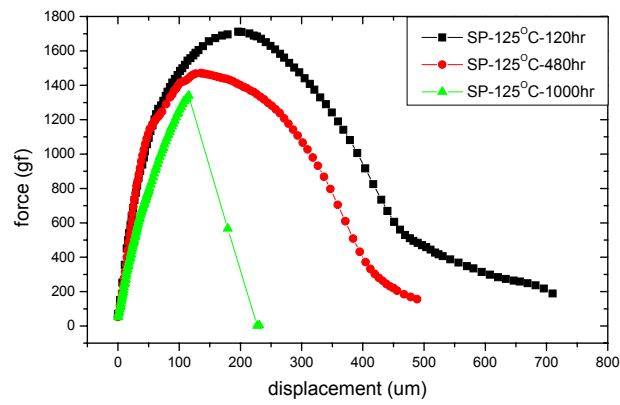


圖 6.46 63Sn-37Pb 銲點在 125°C 之剪力推球負載-位移曲線

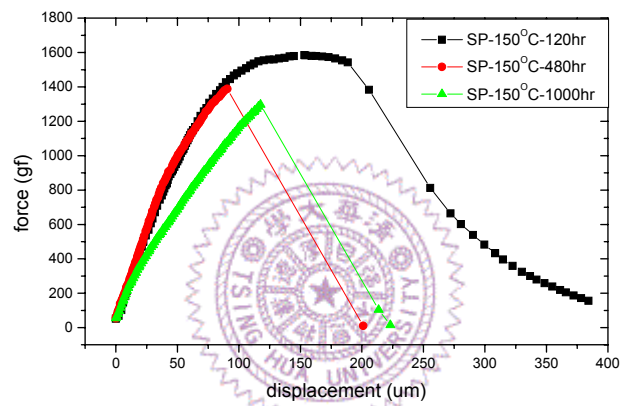


圖 6.47 63Sn-37Pb 銲點在 150°C 之剪力推球負載-位移曲線

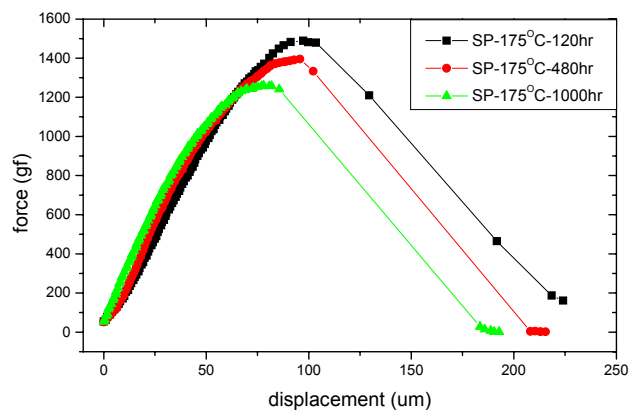


圖 6.48 63Sn-37Pb 銲點在 175°C 之剪力推球負載-位移曲線

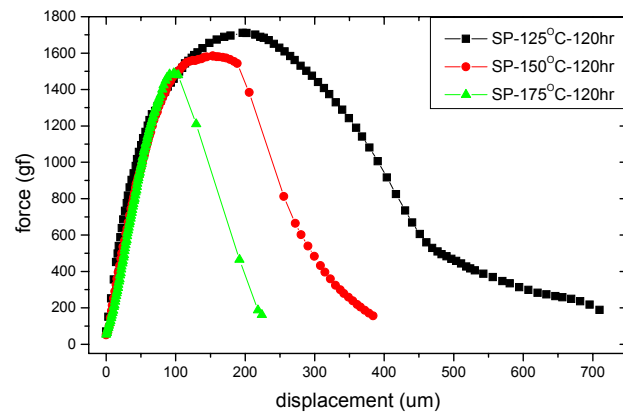


圖 6.49 63Sn-37Pb 鐸點在 120 小時之剪力推球負載-位移曲線

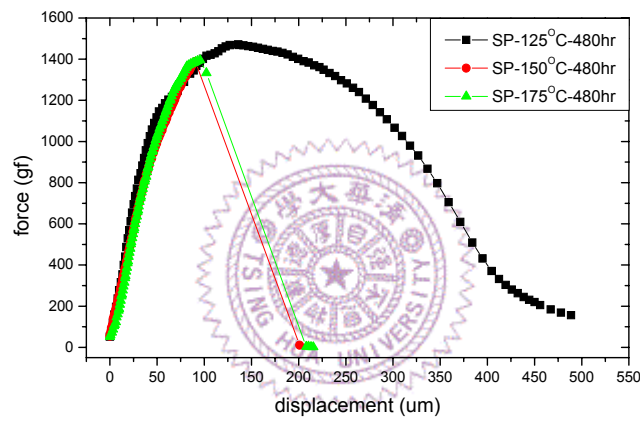


圖 6.50 63Sn-37Pb 鐸點在 480 小時之剪力推球負載-位移曲線

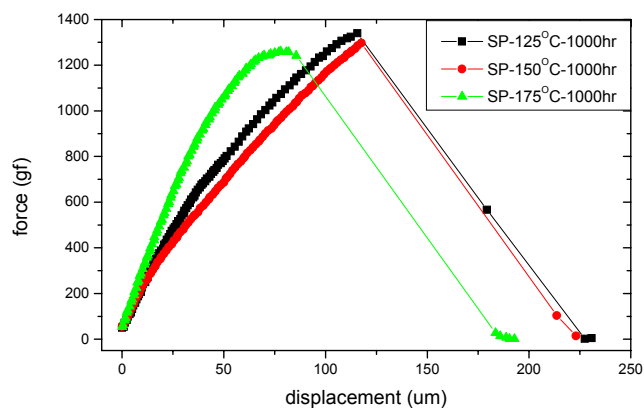


圖 6.51 63Sn-37Pb 鐸點在 1000 小時之剪力推球負載-位移曲線

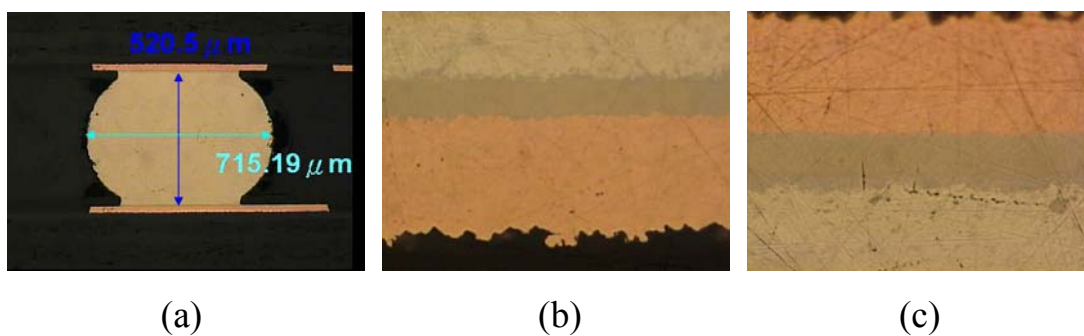


圖 6.52 Sn-4Ag-0.5Cu 鐸點(Sn-3.5Ag 鐸點的尺寸約略相同)

(a)迴焊後之試片 (b)基板端經過一次迴焊 (c)基板端經過二次迴焊

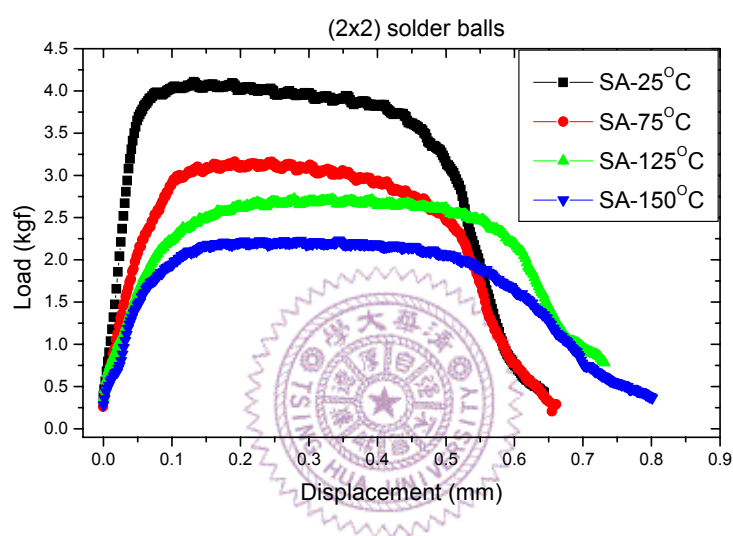


圖 6.53 Sn-3.5Ag 鐸點(2x2 陣列)之負載-位移曲線(shear)

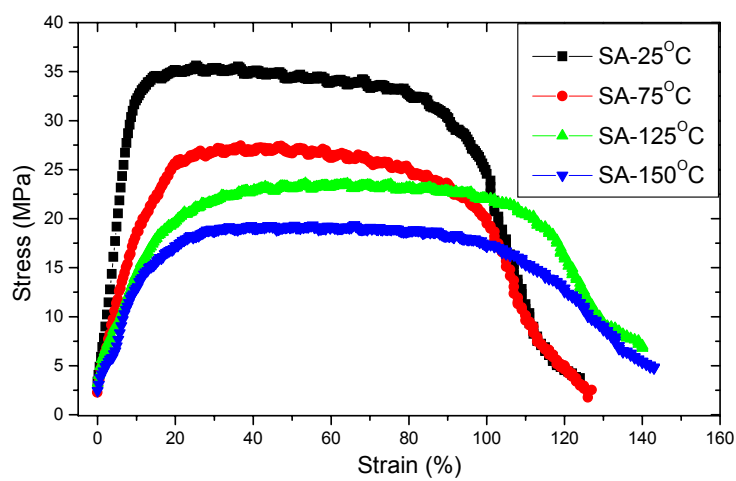


圖 6.54 Sn-3.5Ag 鐸點之應力-應變曲線(shear)

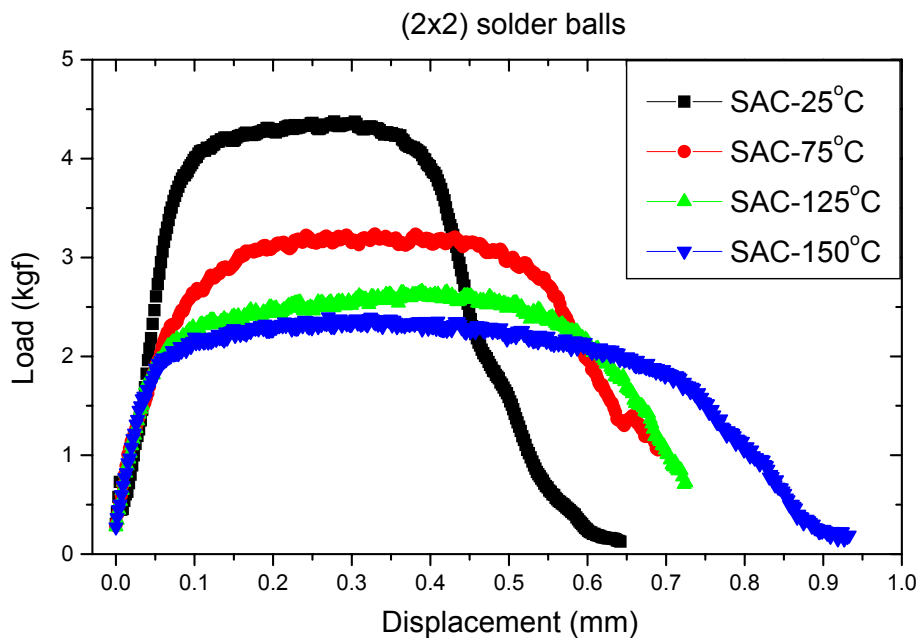


圖 6.55 Sn-4Ag-0.5Cu 鉛點(2x2 陣列)之負載-位移曲線(shear)

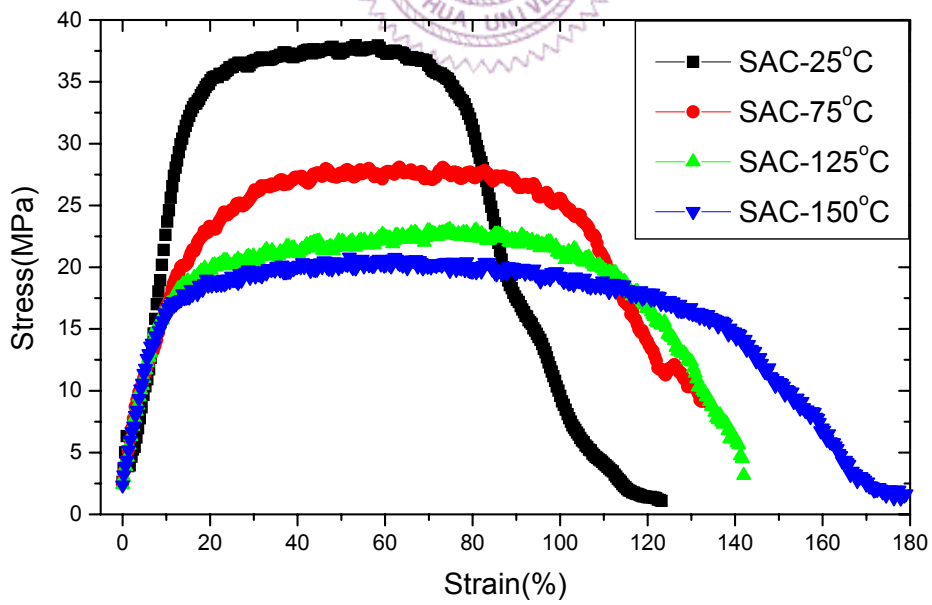


圖 6.56 Sn-4Ag-0.5Cu 鉛點之應力-應變曲線(shear)

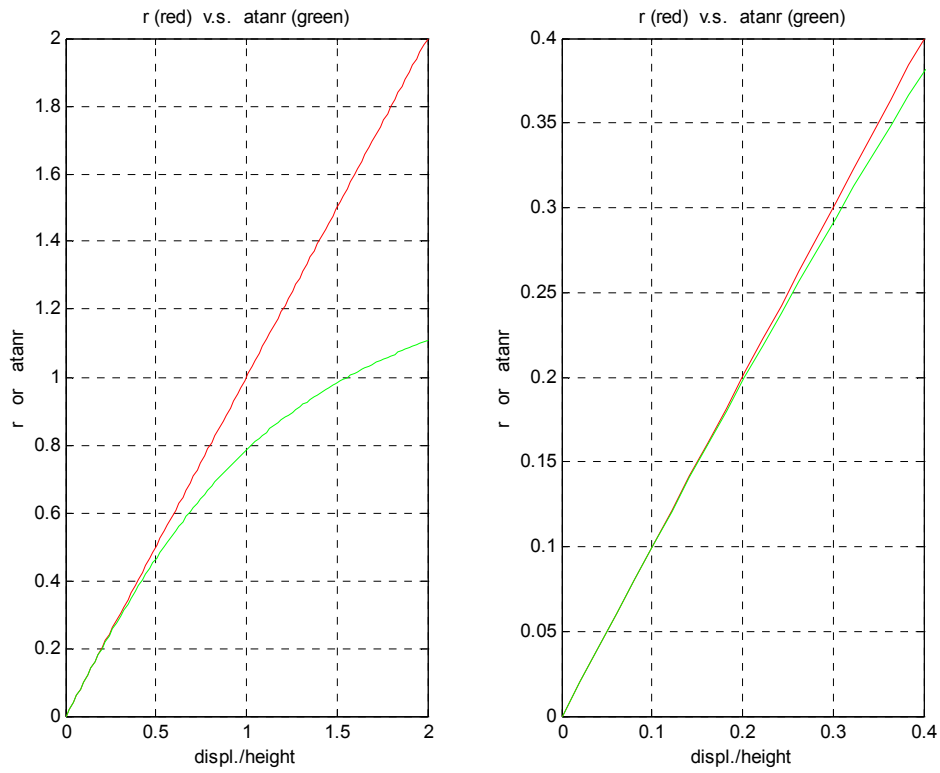


圖 6.57 剪應變近似值( $\gamma$ )與實際值( $\tan^{-1} \gamma$ )之比較

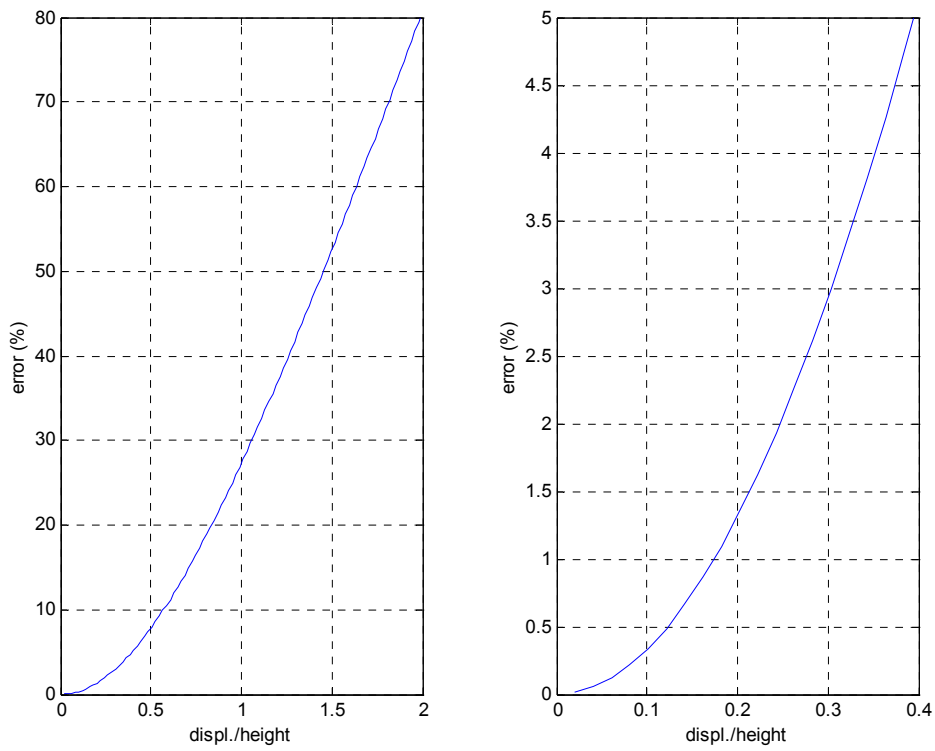


圖 6.58 剪應變近似值( $\gamma$ )與實際值( $\tan^{-1} \gamma$ )之誤差

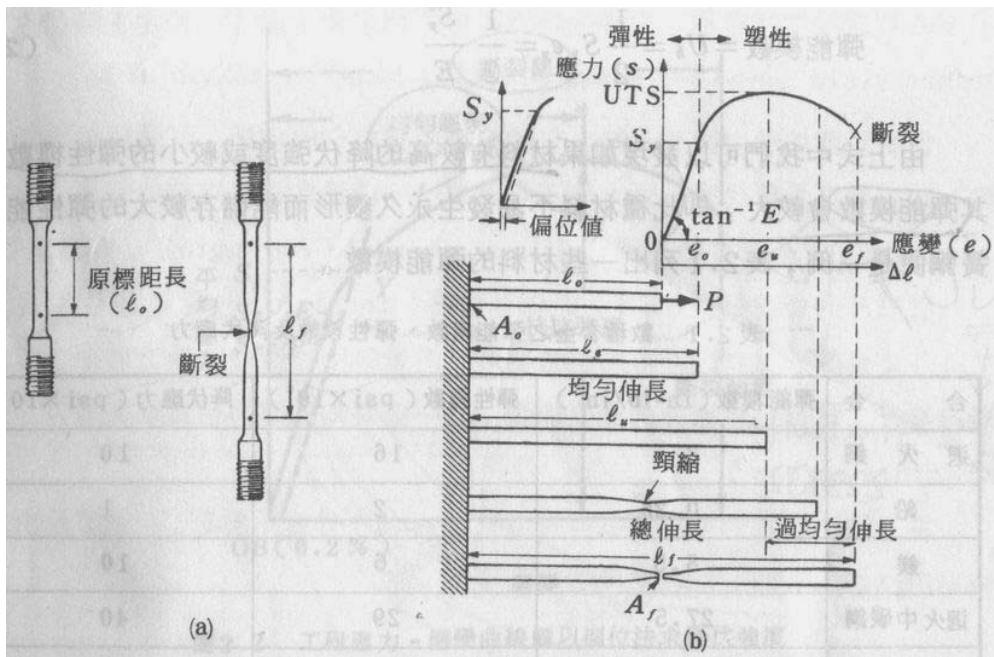


圖 6.59 拉伸試驗過程中，應力-應變曲線與試片變形之關係[45, pp.15]

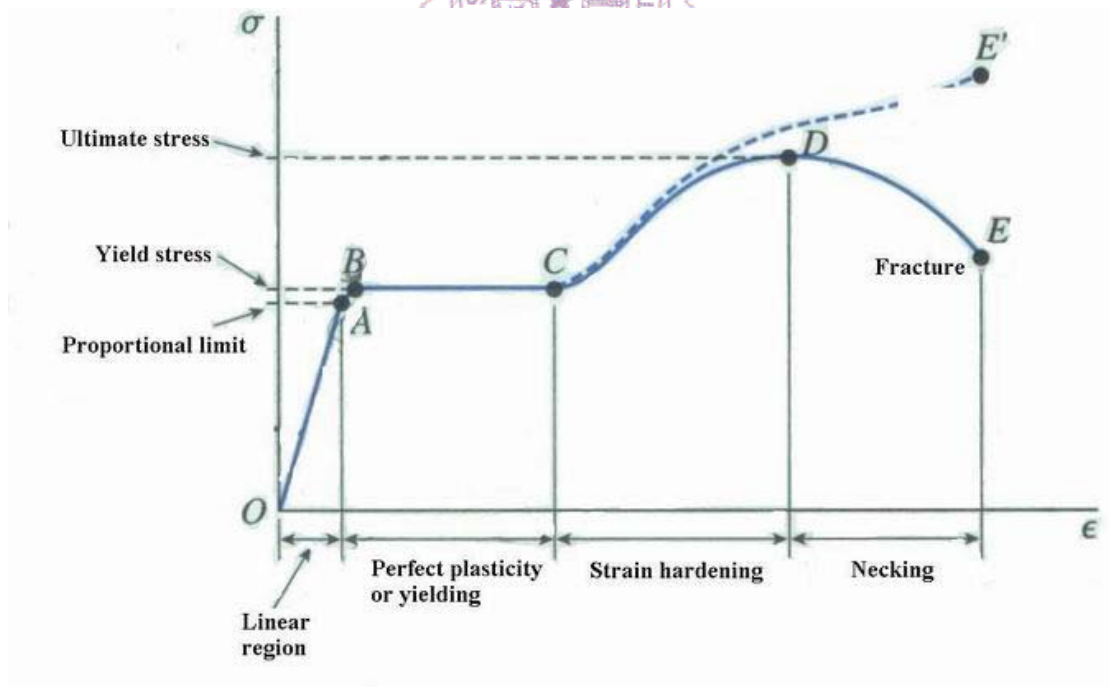


圖 6.60 一般金屬材料(鋼材)的應力-應變圖[63, pp.14]

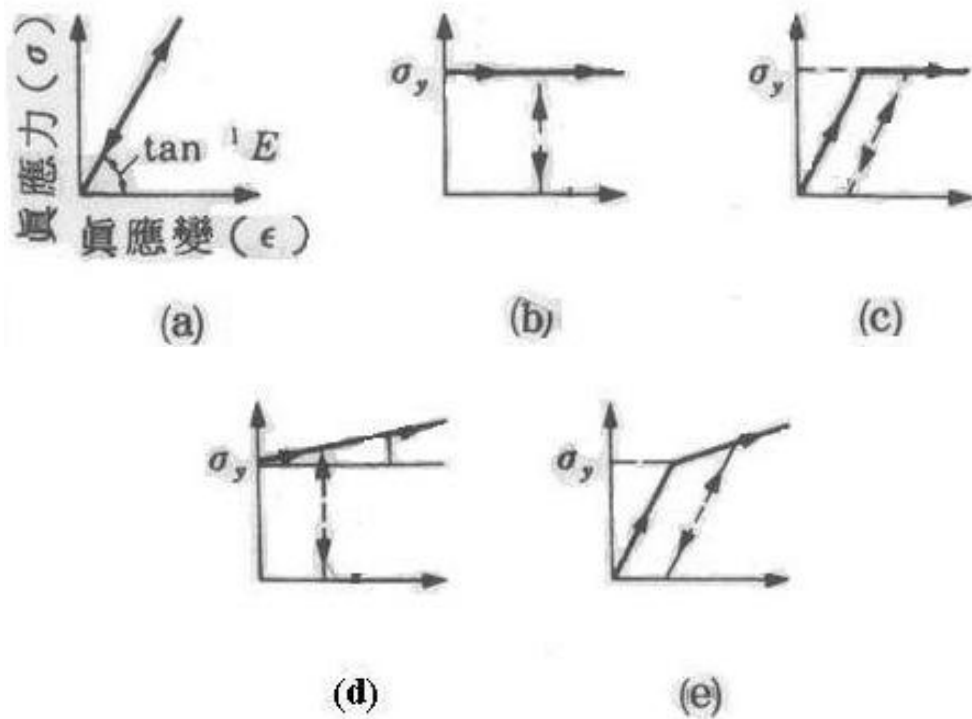


圖 6.61 材料真應力-真應變曲線的型態[45, pp.28]

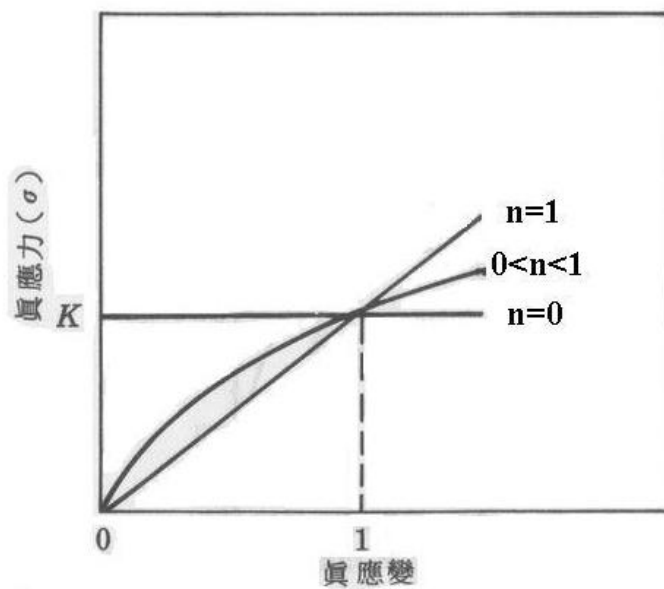


圖 6.62  $\sigma = K \epsilon^n$  的曲線圖[45, pp.28]

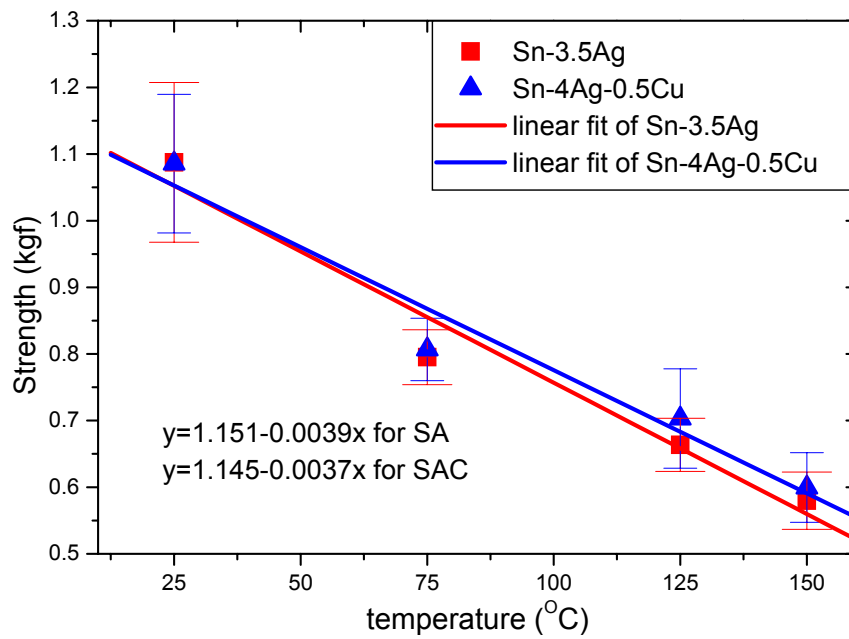


圖 6.63 Sn-3.5Ag 與 Sn-4Ag-0.5Cu 鉛點剪力強度線性嵌合曲線

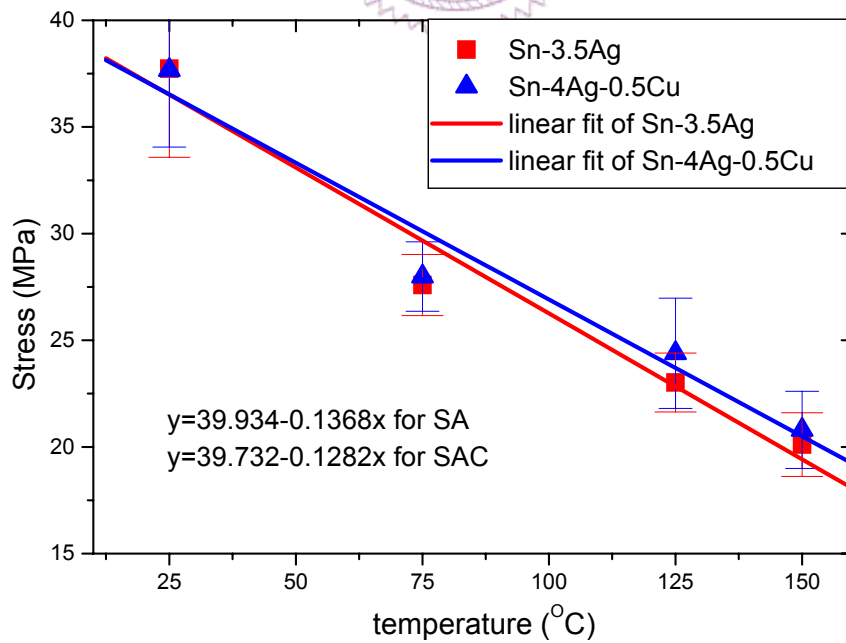
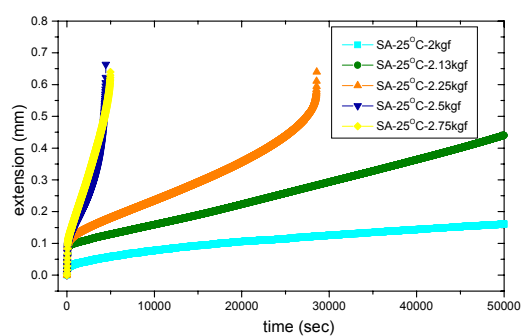
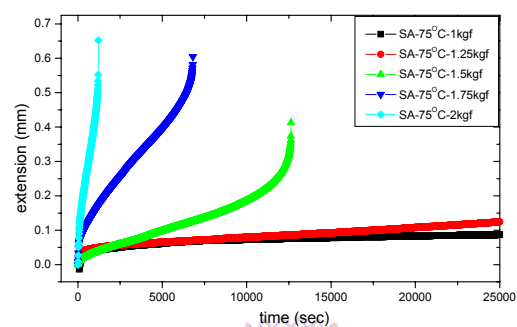


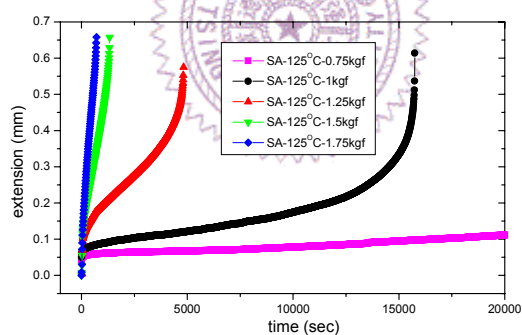
圖 6.64 Sn-3.5Ag 與 Sn-4Ag-0.5Cu 鉛點剪應力線性嵌合曲線



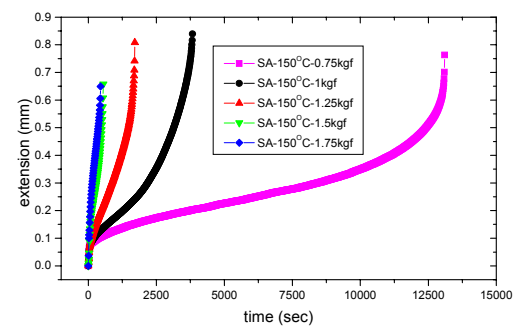
(a)



(b)

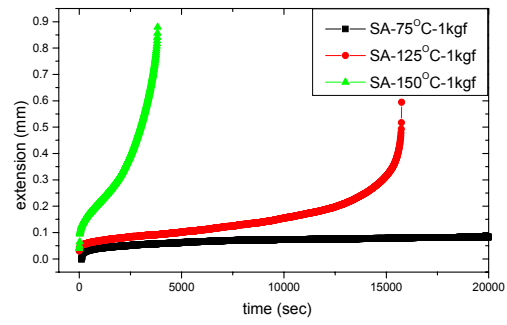


(c)

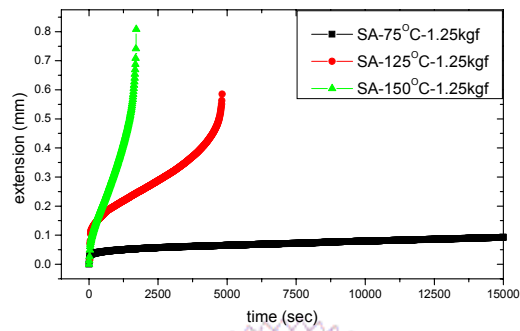


(d)

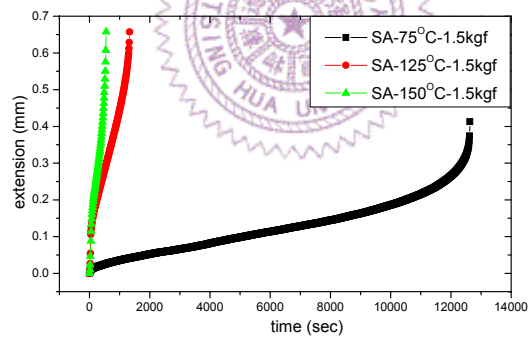
圖 6.65 Sn-3.5Ag 鉛點潛變曲線 (a)25°C(b)75°C(c)125°C(d)150°C



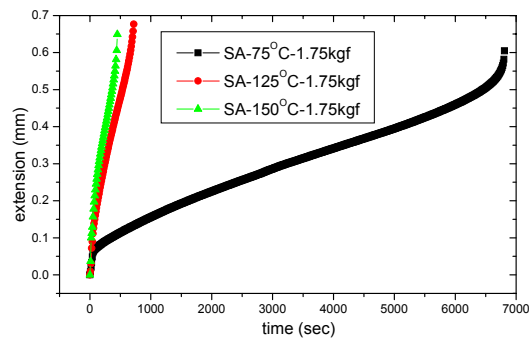
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 6.66 Sn-3.5Ag 鉛點潛變曲線(a)1kgf (b)1.25kgf (c)1.5kgf (d)1.75kgf

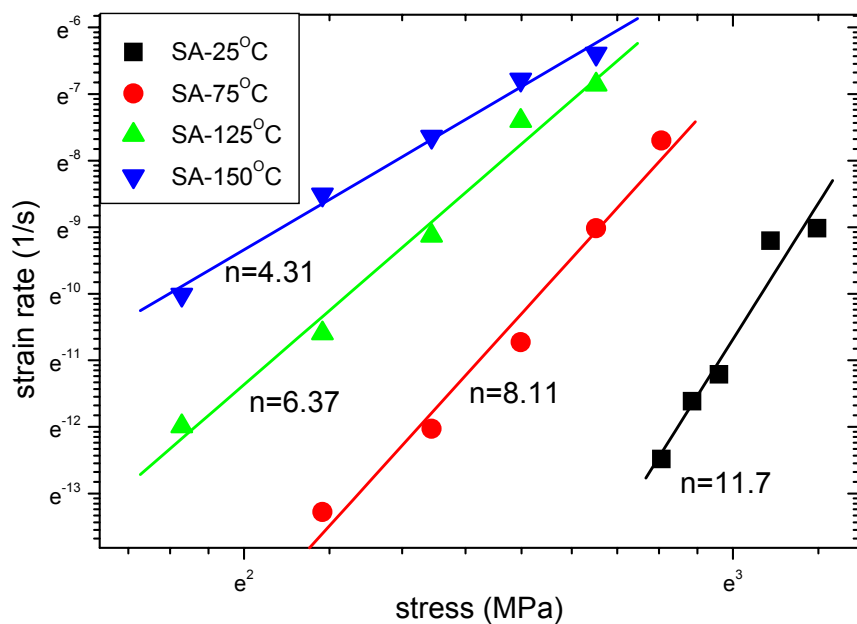


圖 6.67 Sn-3.5Ag 鉛點穩態潛變率與應力之間的關係圖

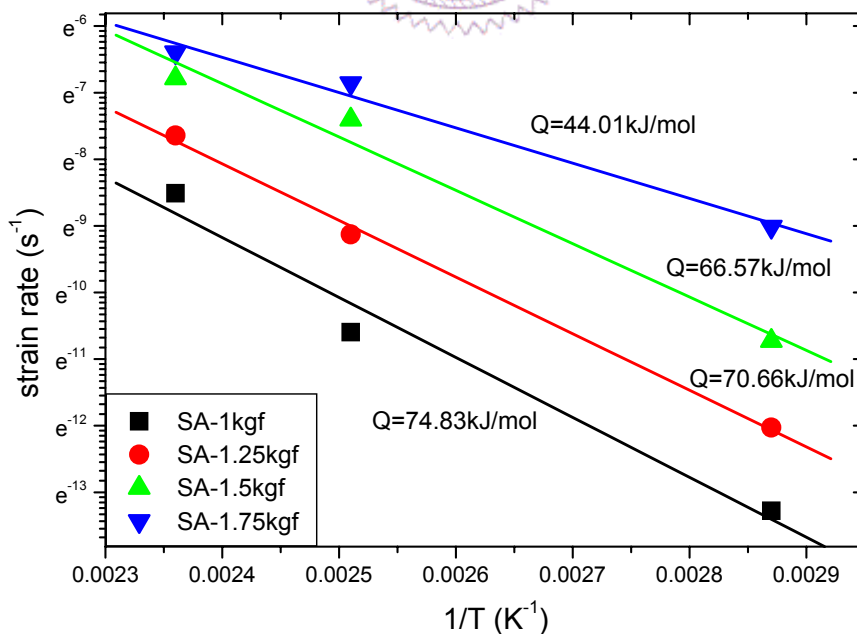


圖 6.68 Sn-3.5Ag 鉛點穩態應變率與溫度倒數之間的關係圖

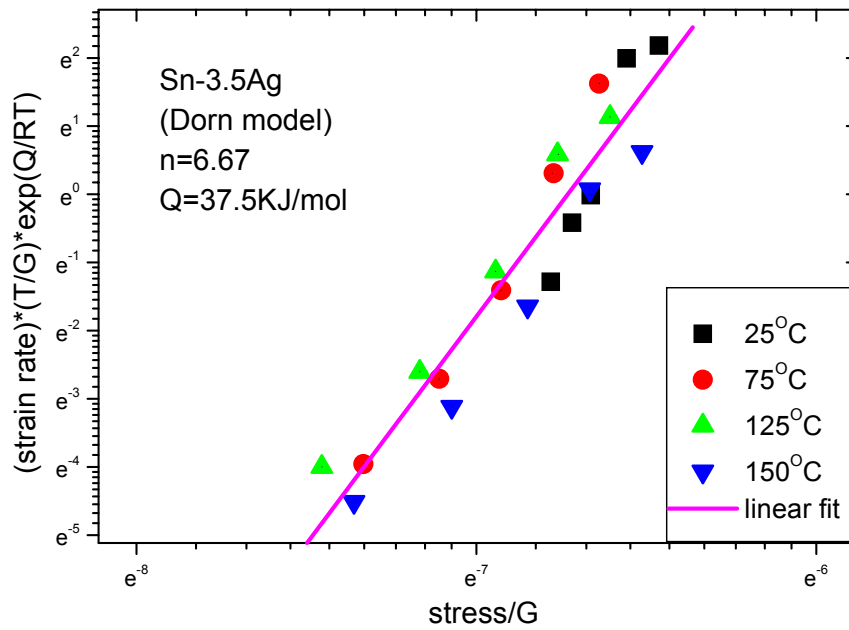


圖 6.69 Sn-3.5Ag 鉅點之主潛變曲線(Dorn 方程式)

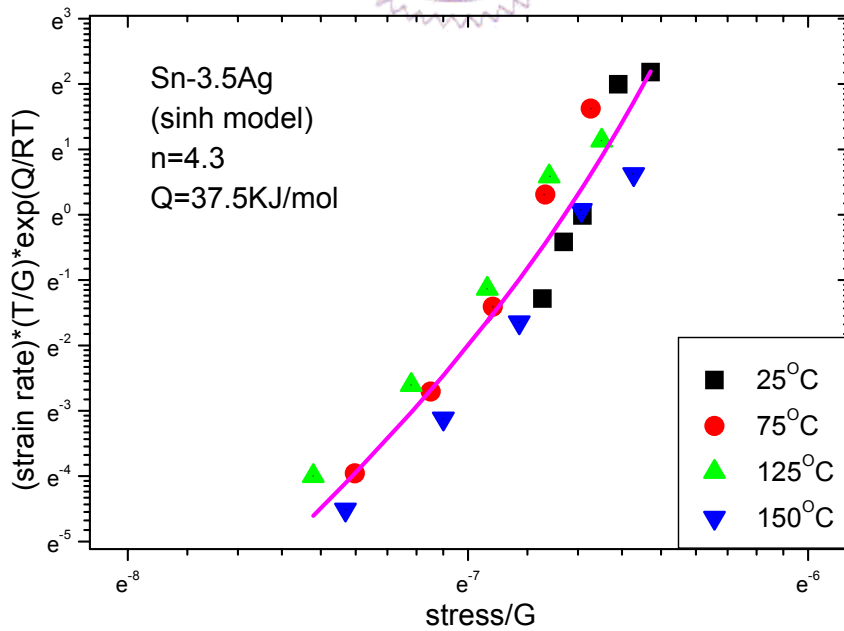
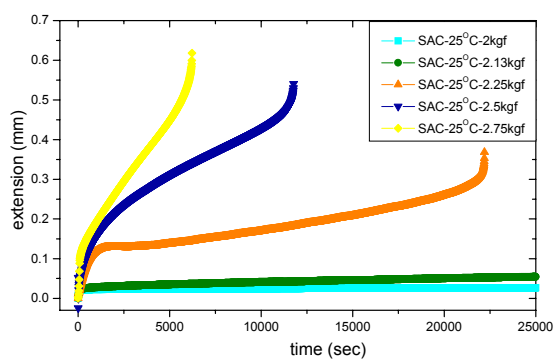
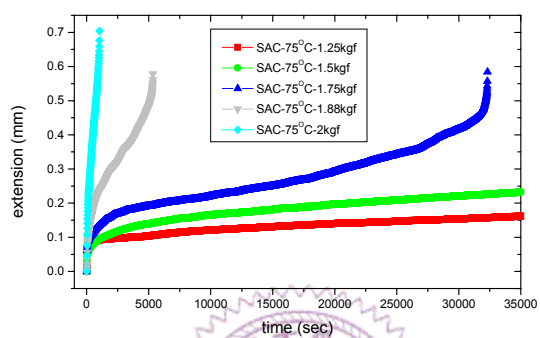


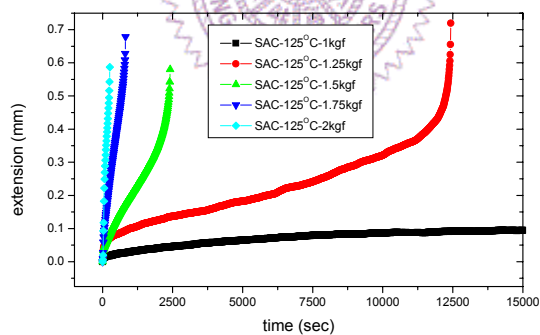
圖 6.70 Sn-3.5Ag 鉅點之主潛變曲線(sinh 模型)



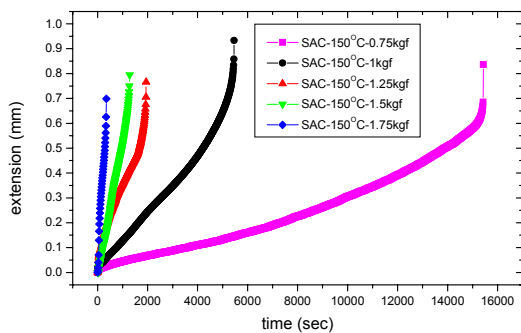
(a)



(b)

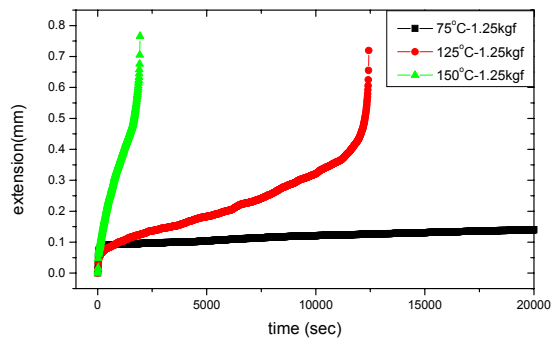


(c)

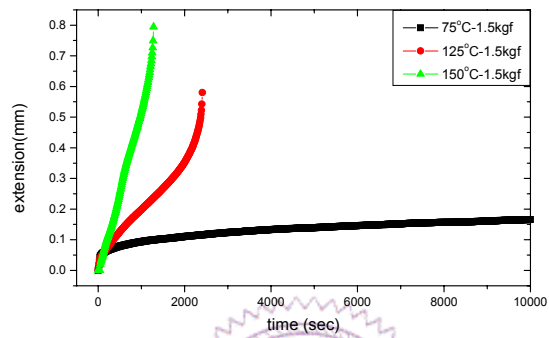


(d)

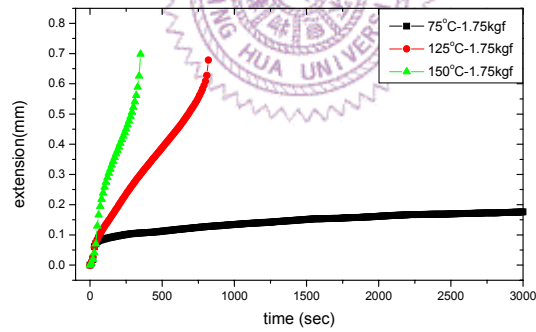
圖 6.71 Sn-4Ag-0.5Cu 鉛點潛變曲線(a)25°C(b)75°C(c)125°C(d)150°C



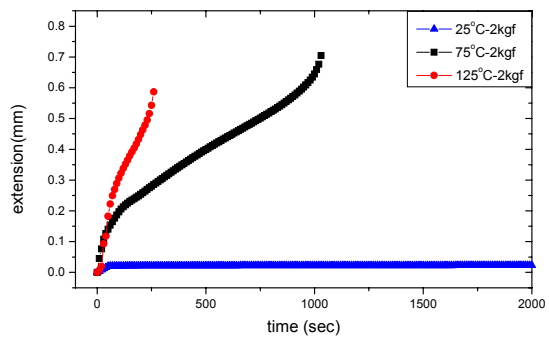
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 6.72 Sn-4Ag-0.5Cu 潛變曲線(a)1.25kgf(b)1.5kgf (c)1.75kgf (d) 2kgf

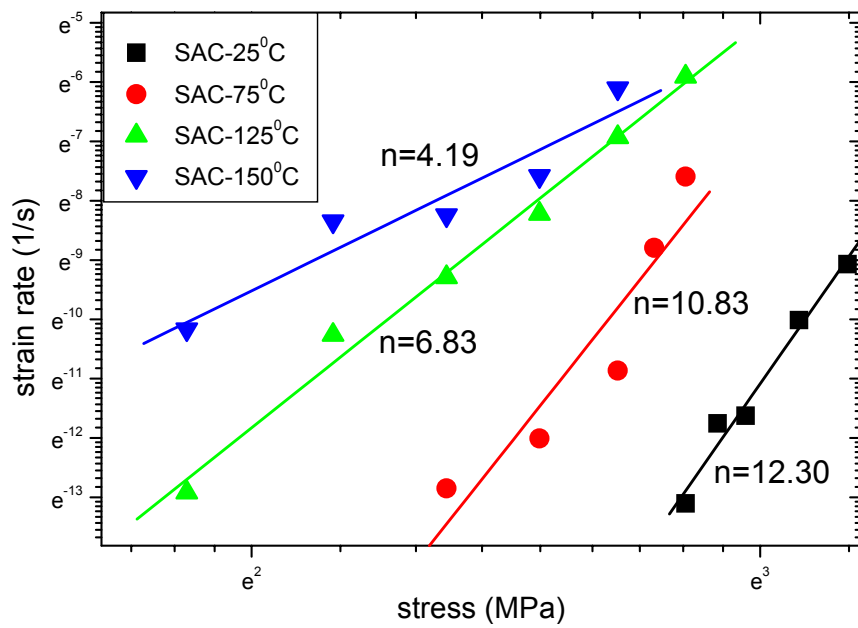


圖 6.73 Sn-4Ag-0.5Cu 鉛點穩態潛變率與應力之間的關係圖

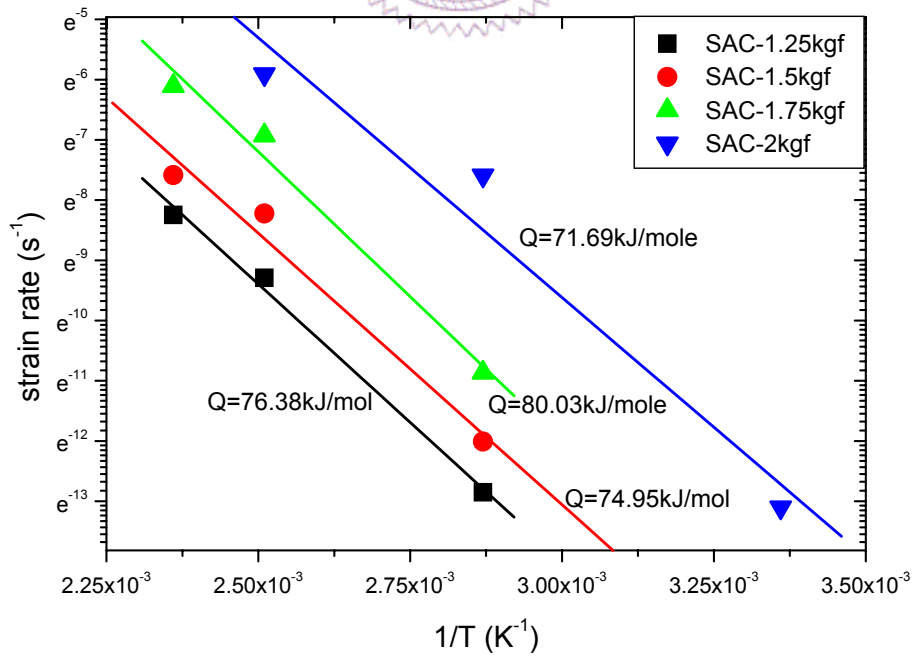


圖 6.74 Sn-4Ag-0.5Cu 鉛點穩態潛變率與溫度倒數之間的關係圖

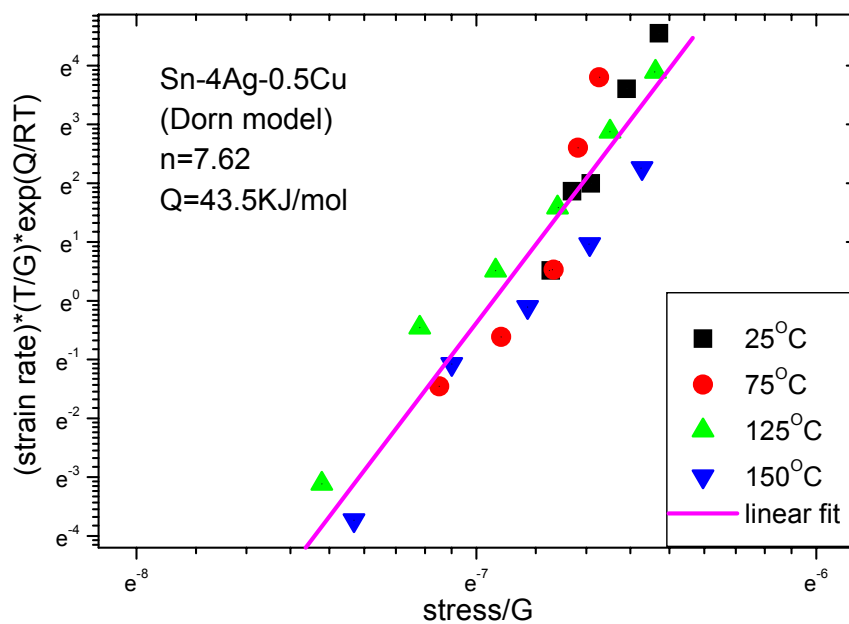


圖 6.75 Sn-4Ag-0.5Cu 鉛點之主潛變曲線(Dorn 方程式)

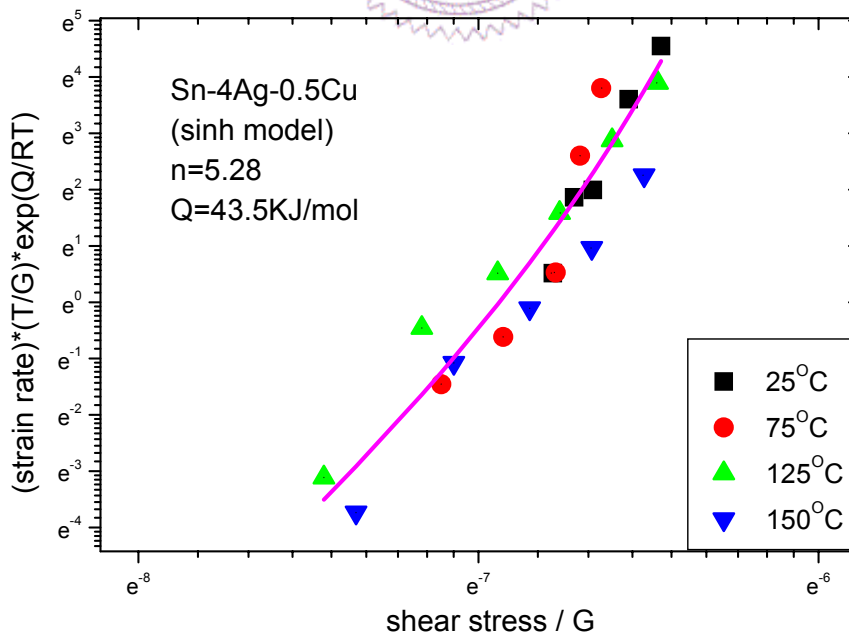


圖 6.76 Sn-4Ag-0.5Cu 鉛點之主潛變曲線(sinh 模型)