

## 第四章 實驗結果

本研究經由實驗尋找出最佳製程參數範圍，並藉由金相組織及微硬度試驗探討最佳銲接條件下，微硬度與銲核成長之間的相關性，最後再由拉剪強度來進行韋伯函數的可靠度分析。本章節圖中的 TW 代表通電時間(cycles)，I 代表熔接電流(kA)，F 代表電極加壓力(kgf)。

### 4-1 顯微組織觀察及微硬度變化

#### 一、顯微組織觀察

經實施點銲後，在接合區域可看出鋁合金 1050 銲核區域之顯微組織，可區分為銲核、熱影響區及母材等。圖 4-1 及圖 4-2 分別以 1.0mm 及 0.8mm 試片為例，鋁合金 1050 板材經點銲後，銲核附近金相組織圖。由圖可知，在熔融部位形成等軸晶和柱狀晶的重熔凝固組織，在銲核區外層形成柱狀晶，而銲核中心部位則為等軸晶和一些不純物偏析，且熱影響區部分為再結晶之晶粒。

在點銲條件下，因製程參數的不同所造成的微觀組織也有所不同，以下就不同製程參數，探討銲核微觀組織的變化。

在本研究所使用設備條件之限制下，當電極加壓力下降至 60kgf 以下時，會因加壓力過小，而產生縮孔現象，若加壓力持續下降至 30kgf，會因加壓力不足，而在銲核區內部的熔融金屬因液

體壓力大於電極加壓力而導致熔融金屬外溢，產生爆湯現象。而當電極加壓力加大至 160kgf 時，會因加壓力太大而造成板材翹曲。

當通電時間過短時，鐳核尚未完全重融，仍處於孕核期，冷卻後，鐳核區相當小，大多為熱影響區的再結晶晶粒，如圖 4-3 孕核期之鐳核所示。其板厚為 0.8mm，鐳接條件為通電時間 5cycles，熔接電流 17.3kA，電極加壓力 100kgf。

若通電時間過長時，會使得熔融狀態的鐳核區向外擴張至材料表面，導致爆湯，此時的熱影響區也比較大。圖 4-4 為鋁合金 1050 鐳後爆湯之巨觀組織圖。圖 4-4(a)和圖 4-4(b)是因鐳核過大而產生爆湯。圖 4-4(c)和圖 4-4(d)是因通電時間過長而產生爆湯。圖 4-5 為鋁合金 1050 鐳後爆湯之微觀組織圖。

當通電時間過短時，也會使得流經材料搭疊處的接合面上的電流過少，熔接熱過低，而使得接合處無法完全重熔，在顯微鏡觀察下，接合線仍相當明顯。如圖 4-6 所示。

## 二、微硬度變化

為進一步瞭解點鐳後之鐳核區域性質變化情形，圖 4-7 及圖 4-8，分別顯示鐳核直徑方向及厚度方向之微硬度分佈，圖中曲線為三組微硬度數據之平均值。由圖可得知，熔融區之微硬度值最高，母材微硬度值次之，熱影響區(HAZ)的微硬度值最低。

為了說明製程參數對鐳核區域附近微硬度的影響，以通電時間 7cycles 及 10cycles 相比較，如圖 4-9 顯示不同通電時間與鐳核區域附近微硬度間之關係圖所示。由圖可得知，當增加通電時間時，對整體鐳核附近區域的硬度值會有降低的傾向。而圖 4-10 為不同電極加壓力與鐳核區域附近微硬度關係圖，比較電極加壓力 60kgf 及 100kgf 兩者間之微硬度，由圖可得知，當增加電極加壓力時，對整體鐳核附近區域的硬度值影響不大，但略有提高的趨勢。且圖 4-11 為不同熔接電流與鐳核附近區域微硬度之關係圖，以熔接電流 16.8kA 與 17.3kA 相比較。圖中顯示，當熔接電流增加時，對整體鐳核附近區域的硬度值影響亦不明顯，但略有降低的趨勢。

## 4-2 點鐳過程之鐳核成長

鐳核成長大體上可分為五個階段，依順序分別是孕核成長期、快速成長期、穩定成長期、成長遞減期和爆湯。影響鐳核成長的因素有熔接電流、工件厚度、電極加壓力、電極帽端頭半徑、冷卻水到電極帽表面的距離及接觸電阻值等。就本研究製程參數而言，三者對鐳核的成長影響都很大。圖 4-12 以 1.0mm 試片為例，在熔接電流 17kA，電極加壓力 60kgf 的條件下改變通電時間，探討鋁合金 1050-O 材鐳核隨通電時間增加而變化的情形，可看出在電流為

5cycles 時，仍屬於孕核成長期，鐳核尺寸尚未達最低標準；在 7cycles 10cycles 時為成長期；鐳核尺寸已達理想值(鐳核直徑：5.04mm)；而在 13cycles 時，鐳核尺寸變小，屬於成長遞減期。當通電時間超過 13cycles 時，點鐳試片即會產生爆湯現象而影響鐳接之品質。

### 4-3 製程參數與鐳核大小間之關係

鐳核的大小決定了點鐳件的拉剪強度和鐳接品質。鐳核大小是由鐳核直徑和鐳核厚度所構成的面積，本節將探討鐳核直徑和鐳核厚度與製程參數間的相關性。就圖 2-11 理想鐳核尺寸可知，以本研究材料厚度而言，理想鐳核尺寸如下所示：

- (1)板厚 0.8mm 的理想鐳核直徑與厚度，分別為 4.03mm 及 0.2mm。
- (2)板厚 1.0mm 的理想鐳核直徑與厚度，分別為 5.04mm 及 0.5mm。
- (3)板厚 1.2mm 的理想鐳核直徑與厚度，分別為 5.52mm 及 0.8mm。

#### 一、通電時間與鐳核尺寸之關係

由於實驗材料之三種板厚的實驗結果具有相同的趨勢，故以下內容僅以板厚 1mm 的實驗結果為例，敘述通電時間與鐳核大小間之相關性。

為了說明通電時間對鐳核形成的影響，圖 4-13 顯示在不同電

極加壓力下，銲核尺寸隨通電時間變化的情形。在較低通電時間下，銲核尺寸隨著通電時間的增加而增加。當通電時間到達 10cycles 時，銲核成長已達到飽和，之後即隨著通電時間的增加而減少。且當通電時間達 13cycles 時，銲核尺寸開始產生下降的趨勢。

## 二、電極加壓力與銲核尺寸之關係

由於實驗材料之三種板厚的實驗結果具有相同的趨勢，故以下內容僅以板厚 1mm 的實驗結果為例，敘述電極加壓力與銲核大小間之相關性。

為了說明電極加壓力對銲核形成的影響，圖 4-14 顯示銲核直徑與電極加壓力間的關係。當電極加壓力超過 130kgf 時，在通電時間 5cycles ~ 13cycles 期間，銲核直徑均未達理想銲核直徑的最小值。由此可了解到電極加壓力增加，則銲核直徑有變小的趨勢。

而圖 4-15 顯示銲核厚度與電極加壓力間的關係。在通電時間 5cycles ~ 13cycles 期間，電極加壓力 60kgf 和 100kgf 的銲核厚度曲線皆在最佳值曲線上方，而當加壓力達到 130kgf 時的銲核厚度，明顯比加壓力 60kgf 和 100kgf 的銲核厚度小。故電極加壓力增加，則銲核厚度有變小的趨勢。

## 三、熔接電流與銲核尺寸之關係

由於實驗材料之三種板厚的實驗結果具有相同的趨勢，故以下

內容僅以板厚 1mm 的實驗結果為例，敘述熔接電流與銲核大小間之相關性。

為了說明熔接電流對銲核形成的影響。圖 4-16(a)顯示在電極加壓力為 60kgf，在不同熔接電流條件下，銲核直徑隨通電時間變化的情形。在通電時間 5cycles 至 10cycles 條件下，可由圖得知，當熔接電流由 16.8kA 增加至 17.3kA 時，銲核直徑有逐漸增加的趨勢。且熔接電流在 16.8kA，通電時間 5cycles 10cycles 時，銲核直徑較小，未達理想銲核直徑的最小值，必須將通電時間加長至 13cycles 時，銲核直徑才會滿足理想直徑大小。而熔接電流 17 kA 17.3kA，在通電時間 7cycles 10cycles 期間，銲核直徑已達理想銲核直徑尺寸，若再增加通電時間至 13cycles，則銲核直徑有下降的趨勢。且可由圖中得知，在理想銲核直徑的最大值與最小值範圍內，熔接電流 17.3kA 曲線在通電時間 10cycles 時，銲核直徑有最大值；熔接電流 17kA 曲線在通電時間 7cycles 時，銲核直徑有最大值；熔接電流 16.8kA 曲線在通電時間 13cycles 時，銲核直徑有最大值。

而由圖 4-16(b)顯示在電極加壓力 100kgf，不同熔接電流條件下，銲核直徑隨通電時間變化之情形可得知，當電極加壓力為 100kgf 時，在通電時間 7cycles 至 10cycles 期間，熔接電流 16.8kA

及 16.9kA 曲線的銲核直徑皆約在理想直徑最小值附近。而在通電時間 7cycles 至 13cycles 期間，熔接電流 17.3kA 曲線的銲核直徑則明顯皆在理想銲核直徑最小值上方。故可由圖看出，在理想銲接條件下，熔接電流愈高，銲核直徑愈大。且可由圖中看出，在理想銲核直徑的最大值與最小值範圍內，熔接電流 17.3kA 曲線在通電時間 10cycles 時，銲核直徑有最大值；熔接電流 16.8kA 及 16.9kA 兩條曲線皆在通電時間 7cycles 時，銲核直徑有最大值。

圖 4-17(a)顯示在電極加壓力 60kgf，不同熔接電流條件下，銲核厚度隨通電時間變化之情形可得知，在電極加壓力 60kgf 時，熔接電流由 16.9kA 增加至 17.3kA，可看出銲核厚度有逐漸增加的趨勢，但曲線間變動較大。

由圖 4-17(b)顯示在電極加壓力 100kgf，不同熔接電流條件下，銲核厚度隨通電時間變化之情形可得知，當電極加壓力達到 100kgf 時，厚度成長曲線趨於穩定，可由圖中看出，當熔接電流增加，銲核厚度亦隨之增加。且熔接電流 16.9kA、17kA 及 17.3kA 三條曲線，在 7cycles 至 13cycles 期間，其銲核厚度皆在理想值上方。熔接電流 17.3kA 曲線在通電時間 7cycles 時，銲核厚度有最大值；熔接電流 17kA 曲線在通電時間 13cycles 時，銲核厚度有最大值；熔接電流 16.9kA 曲線在通電時間 10cycles 時，銲核厚度有最大值。

#### 四、板材厚度與通電時間之關係

為了說明板材厚度對通電時間的影響。圖 4-18 顯示在不同板材厚度時，通電時間與銲核尺寸的關係圖。當板材厚度增加時，通電時間要隨著增加。由於本研究設備上的限制，最大熔接電流只能到達 17.3kA，故在板厚增加的同時，熔接電流的影響是有限的，又因電極加壓力在板厚增加不大的範圍(0.8mm ~ 1.2mm)下，很難由關係圖中看出曲線的變動。故僅以通電時間為變數來探討板材厚度。

#### 4-4 製程參數與拉剪強度間之關係

從文獻探討第二章第四節中可得知，鋁合金點銲所需的熔接電流大多在 15kA ~ 76kA 左右。由於本研究設備上的限制，最大的熔接電流僅能達 17.3kA。因此為了期望銲件的接合強度有高可靠度，在此將熔接電流定為一固定值，以探討通電時間和電極加壓力兩變數與拉剪強度間的關係。

由於實驗材料三種板厚的實驗結果具有相同的趨勢，故本節內容僅以 1.0mm 板厚的實驗結果為例，敘述製程參數與拉剪強度間之相關性。

圖 4-19 為通電時間與拉剪強度關係圖，其拉剪強度曲線為二十組拉剪強度數據之平均值。由圖 4-19 可知，電極加壓力 100kgf



時，不同通電時間所得到之拉剪強度值。當通電時間在 10cycles 時，拉剪強度值達到最大，超過此一範圍後，隨著通電時間的增加，拉剪強度也隨之降低。由此可知，在本研究之條件下，適當的通電時間約為 7cycles 10cycles，是取決最佳點銲條件的指標，但仍需再配合銲核尺寸的大小來決定製程參數的最佳範圍。

圖 4-20 為電極加壓力與拉剪強度關係圖，其拉剪強度值為二十組數據之平均值。由圖可知，當電極加壓力在 60kgf 100kgf 時，拉剪強度達到最大，而隨著電極加壓力的增加，拉剪強度也隨之降低。由此可知，適當之電極加壓力範圍約為 60kgf 100kgf，但仍需再配合銲核尺寸的大小來決定最佳參數的範圍。

## 一、銲件破壞模式

由拉剪試驗中發現，鋁合金 1050-O 點銲件的破壞型式有兩種。一為剪力破壞(shear failure)或界面破壞(interface failure)，如圖 4-21 為鋁合金 1050 點銲件之剪力破壞型巨觀圖所示。另一為鈕扣型破壞(button failure)，如圖 4-22 為鋁合金 1050 點銲件之鈕扣破壞型巨觀圖所示。

為了解點銲件受拉剪力破壞後之破壞型式，將熔接電流固定為 17.3kA，電極加壓力為 60kgf 及 100kgf 時，由表 4-1 板厚 1.0mm 點銲件受拉剪力破壞之破壞型式表可得知，當通電時間為 5cycles

及 7cycles 時，其點銲件的破壞型式為剪力破壞，而當通電時間為 10cycles 及 13cycles 時，其點銲件的破壞型式為鈕扣型破壞。

且將熔接電流固定為 17.3kA，電極加壓力為 100kgf 及 130kgf 時，由表 4-2 板厚 1.2mm 點銲件受拉剪力破壞之破壞型式表可得知，當通電時間為 5cycles 及 7cycles 時，點銲件的破壞型式為剪力破壞，而當通電時間為 10cycles、13cycles 及 16cycles 時，點銲件的破壞型式為鈕扣型破壞。

#### 4-5 最佳製程參數的範圍

本研究使用 50kVA 單相交流式點銲機設備限制下所能得到的最佳點銲條件。由實驗結果得知，當電極加壓力下降至 30kgf 時，會因壓力不足而造成接觸面電阻過高，最後導致嚴重爆湯，電極帽損毀。而電極加壓力上升至 160kgf 時，則因加壓力過大，造成銲件表面凹痕過大和翹曲現象。而當通電時間下降至 5cycles 時，會因通電時間過短，銲核來不及成長，產生小的銲核直徑，而使得銲件拉剪強度降低。增加至 16cycles 時，因通電時間過長，而產生凹痕太深且母材變形。最後藉由拉剪強度與金相微觀組織觀察，來決定最佳製程參數的範圍。

**板厚 0.8mm** 由實驗結果得知，最佳的製程參數範圍分別為熔

接電流 17kA 17.3kA，通電時間 7cycles 10cycles，電極加壓力 60kgf。此範圍內的銲核直徑皆有達到 0.8mm 板厚鋁合金點銲的理想直徑範圍 3.6mm 4.5mm。

**板厚 1.0mm** 由實驗結果得知，最佳的製程參數範圍分別為熔接電流 17kA 17.3kA，通電時間 10cycles 13cycles，電極加壓力 60kgf 100kgf。此範圍內的銲核直徑皆有達到 1.0mm 板厚鋁合金點銲的理想直徑範圍 4.03mm 5.04mm。

**板厚 1.2mm** 由實驗結果得知，最佳的製程參數範圍分別為熔接電流 17kA 17.3kA，通電時間 10cycles 13cycles，電極加壓力 60kgf 100kgf。此範圍內的銲核直徑皆有達到 1.2mm 板厚鋁合金點銲的理想直徑範圍 4.4mm 5.52mm。

#### 4-6 製程參數與拉剪強度間之韋伯解析

工程上常用三參數韋伯函數來分析產品的可靠度，利用  $t_0$  來預測材料在不發生破壞的情況下之最小壽命，比二參數韋伯函數實用。本節先就二參數韋伯函數來分析其故障型態，再以三參數韋伯函數分析最小壽命且加以探討。

由拉伸試驗記錄不同製程參數的拉剪強度，經韋伯統計分析，瞭解電阻點銲過程之可靠度。由圖 4-23 通電時間之拉剪強度分佈

圖和圖 4-24 電極加壓力之拉剪強度分佈圖顯示，不同點銲條件之拉剪強度數據分佈並非常見的常態分配，屬於非對稱分佈；所以，本研究  $F(x)$  的推算採用中位數排列法。

由於實驗材料三種板厚的實驗結果具有相同的趨勢，故本節內容僅以 1mm 板厚的實驗結果為例，敘述製程參數與拉剪強度間韋伯解析之相關性。而韋伯解析所取的銲接條件以通電時間 10cycles、熔接電流 17.3kA 及電極加壓力 100kgf 為基準。若以通電時間為變數時，則取 7cycles、10cycles、13cycles 及 16cycles 等四組通電時間做韋伯解析。若以電極加壓力為變數時，則取 100kgf、130kgf、160kgf 及 190kgf 等四組電極加壓力做韋伯解析。表 4-3 為不同通電時間之拉剪強度值統計表；表 4-4 為不同電極加壓力之拉剪強度值統計表。

### 一、通電時間與拉剪強度間之韋伯解析

圖 4-25 為不同通電時間之拉剪強度二參數韋伯分佈圖，表 4-5 為拉剪強度下各通電時間之二參數韋伯分析結果。由表 4-5 通電時間的韋伯資料顯示得知，當位置參數為零時，其  $m$  值分佈在 6.69 37.12 之間，屬於磨耗故障型且均為右偏型，材料不會有突發性的破壞發生，較易掌握其性質。

由圖 4-26 拉剪強度與故障函數關係圖可得知，電阻點銲的破

壞模式屬於耗損破壞模式。圖 4-27 為拉剪強度之可靠度曲線，由圖可得知，在固定拉剪強度下，通電時間 10cycles 的可靠度最高，而通電時間在 16cycles 時，可靠度最低。由圖 4-28 拉剪強度與機率密度函數圖和表 4-5 韋伯分析結果可得知，通電時間 10cycles 的  $m$  值最高，7cycles 及 13cycles 次之，16cycles 的  $m$  值最低。

由於位置參數  $t_0$  可以用來預測材料在不發生破壞下之最小壽命，同時也可用最小壽命來預測材料的極限拉剪強度值，進而以不同製程參數間最小壽命的大小來評估相對最佳製程參數。因此有必要探討不同通電時間之間的最小壽命。

當考慮最小壽命時，由圖 4-29 不同通電時間之拉剪強度韋伯分佈圖和表 4-6 拉剪強度下各通電時間之韋伯分析結果表可得知， $m$  值在 6.20 ~ 12 之間，均屬於磨耗故障右偏型。位置參數  $t_0$  在通電時間 10cycles 及 13cycles 分別為 61kg 及 32kg，而在 7cycles 和 16cycles 的位置參數分別為 3kg 及 5kg。

由圖 4-30 拉剪強度與故障函障曲線圖和圖 4-31 拉剪強度與可靠度曲線圖可得知，在考慮位置參數的情況下，通電時間 10cycles 故障率較高，約 58%，而通電時間 7cycles 的故障率最低，約 15%。且通電時間 10cycles 時可靠度最高，16cycles 的可靠度最低。同時由圖 4-32 拉剪強度與機率密度函數曲線圖可得知，通電時間

10cycles 的拉剪強度值分佈的相當集中，而通電時間 16cycles 的拉剪強度值分佈的較為分散。

綜合以上結果顯示，通電時間 10cycles 的  $m$  值、可靠度和故障率皆為四者中最高的，且表示特徵壽命的尺度參數為 33，為四者中最小的，而最小壽命 61kgf 也為四者中最大的。因此，由韋伯分析結果表示通電時間 10cycles 的拉剪強度值分佈的較為集中，且由拉剪強度值做韋伯分析所得結果中的最小壽命較接近拉剪強度的破壞範圍，其最小壽命的預測效果最佳。故 10cycles 為拉剪強度經韋伯分析後所得之相對最佳通電時間。

## 二、電極加壓力與拉剪強度間之韋伯解析

圖 4-33 為不同電極加壓力之拉剪強度韋伯分佈圖，表 4-7 為拉剪強度下各電極加壓力之韋伯分析結果。由表 4-7 電極加壓力的韋伯資料顯示得知，當位置參數為零時， $m$  值的分佈在 6.21 32.10 之間，屬於磨耗故障型且均為右偏型。

由圖 4-34 拉剪強度與故障函數關係圖可得知，電阻點銲的破壞模式屬於耗損破壞模式。且由圖 4-35 拉剪強度與可靠度曲線圖可得知，電極加壓力 100kgf 的可靠度最高，130kgf 及 190kgf 次之，160kgf 時，可靠度最低。由圖 4-36 拉剪強度與機率密度函數圖可得知，電極加壓力 100kgf 的  $m$  值最高，160kgf 及 190kgf 的  $m$  值

最低。

由於位置參數  $t_0$  可以用來預測材料在不發生破壞下之最小壽命，同時也可用最小壽命來預測材料的極限拉剪強度值，進而以不同製程參數間最小壽命的大小來評估相對最佳製程參數。因此有必要探討不同電極加壓力之間的最小壽命。

當考慮最小壽命時，由圖 4-37 不同電極加壓力之拉剪強度韋伯分佈圖和表 4-8 拉剪強度下各電極加壓力之韋伯分析結果表可得知， $m$  值在 2.55 ~ 7.02 之間，除電極加壓力 100kgf 為磨耗故障左偏型外，其他三者皆為磨耗故障右偏型。且位置參數  $t_0$  在電極加壓力 160kgf 和 190kgf 時分別為 5kgf 及 6kgf，在 100kgf 及 130kgf 時的位置參數分別為 84kgf 及 38kgf。

在考慮位置參數( $t_0$ )之三參數韋伯分析時，由圖 4-38 拉剪強度與故障函數曲線圖和圖 4-39 拉剪強度與可靠度曲線圖中可得知，除電極加壓力 100kgf 外，其他三者電極加壓力的故障函曲線皆相當低，且電極加壓力 100kgf 的故障率，在四者電極加壓力相對比較下，其故障率相當高。而電極加壓力 100kgf 的可靠度為四者中最高，電極加壓力 160kgf 的可靠度則為最低。同時由圖 4-40 拉剪強度與機率密度函數曲線圖可得知，電極加壓力 100kgf 的拉剪強度值分佈的相當集中，而其他通電時間的拉剪強度值分佈則較為分

散。

綜合以上結果顯示，當考慮最小壽命時，電極加壓力為 100kgf 試片之  $t_0$  為 84kgf，為四者中最大的，且其  $m$  值最小。但可靠度與故障率皆為四者中最高，表示特徵壽命的尺度參數為 10，為四者中最小的。因此，由韋伯分析結果表示電極加壓力 100kgf 的最小壽命較接近拉剪強度的破壞範圍，其最小壽命的預測效果最佳。故電極加壓力 100kgf 為拉剪強度經韋伯分析後所得之相對最佳電極加壓力。

綜合本節所述得知，1mm 板厚試片的最佳製程參數為熔接電流 17.3kA，通電時間 10cycles，電極加壓力 100kgf。由於 0.8mm 和 1.2mm 板厚所用的實驗流程和方法均與 1mm 相同，故亦可由實驗結果得知，0.8mm 的最佳製程參數為熔接電流 17.kA，通電時間 10cycles，電極加壓力 60kgf。而 1.2mm 的最佳製程參數為 17.3kA，通電時間 13cycles，電極加壓力 100kgf。



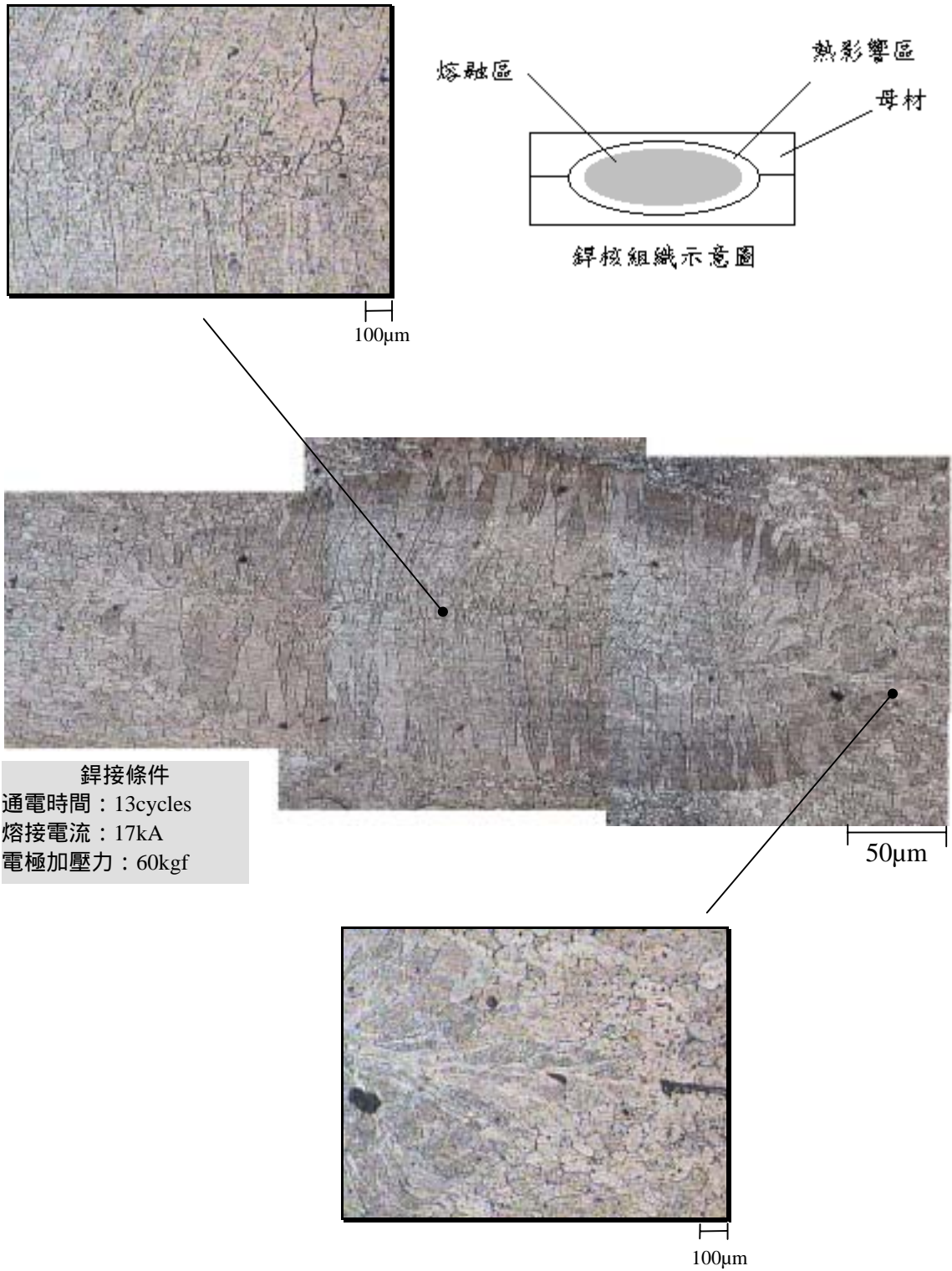


圖 4-1 鋁合金 1050-O 材經點鋅後，鋅核附近金相組織圖(1.0mm)

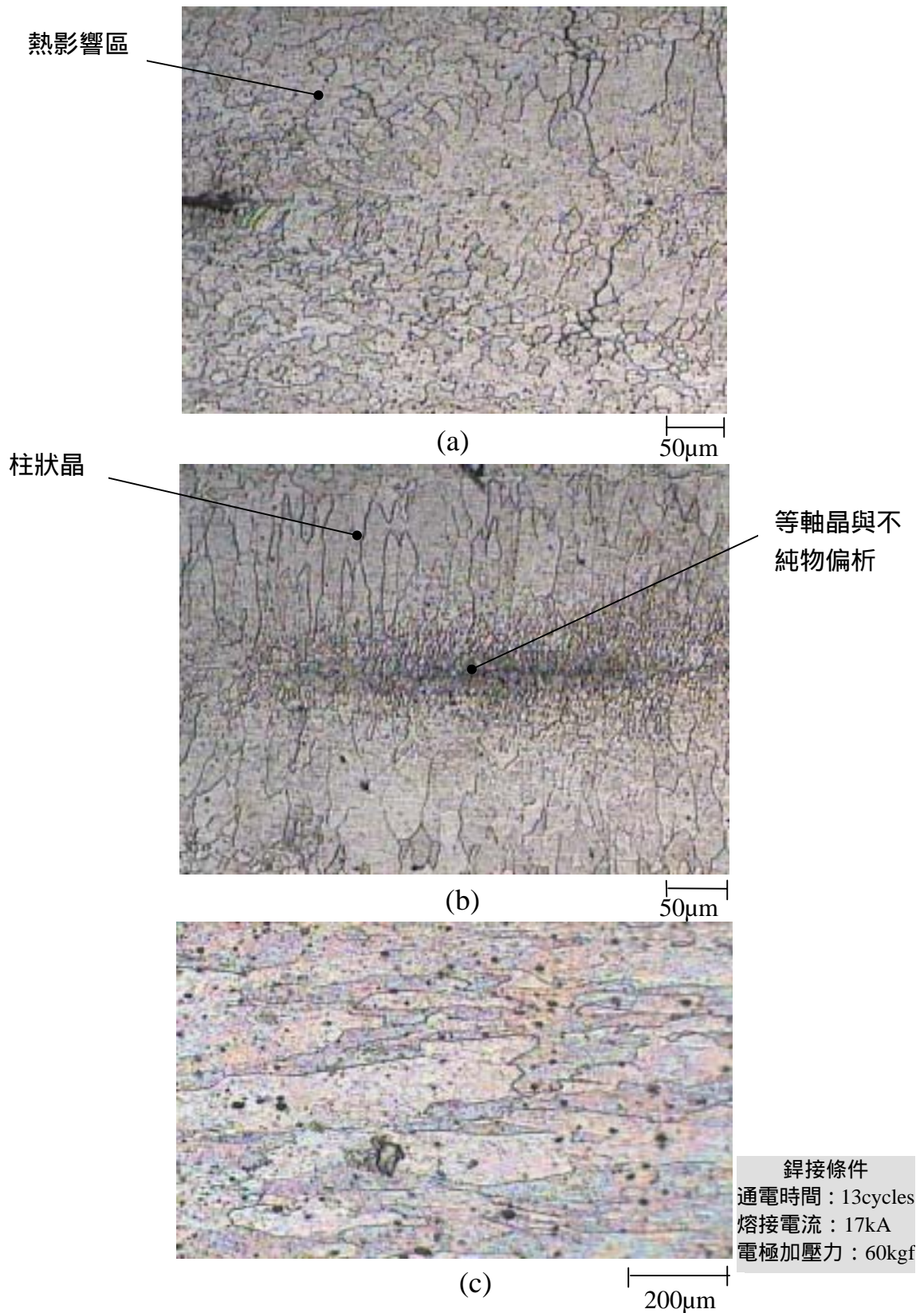


圖 4-2 鋁合金 1050-O 材點銲後, 銲核附近金相組織圖(0.8mm 板厚)

(a) 熱影響區 (b) 柱狀晶與等軸晶 (c) 母材

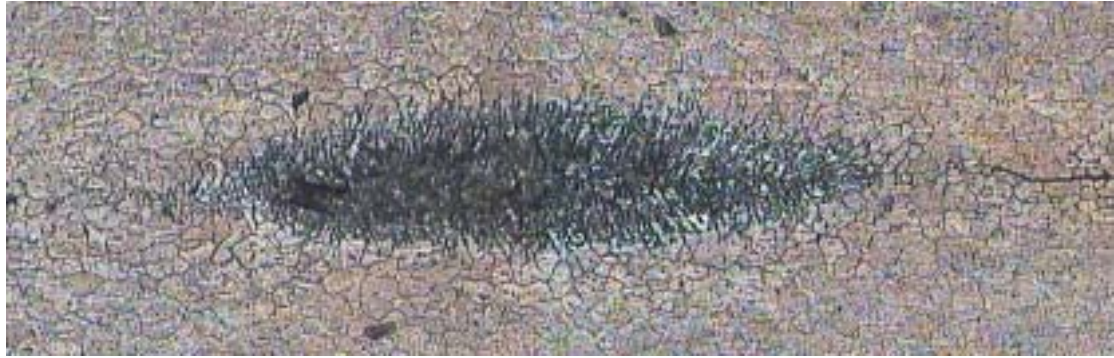


圖 4-3 孕核期之鐳核

100 $\mu$ m

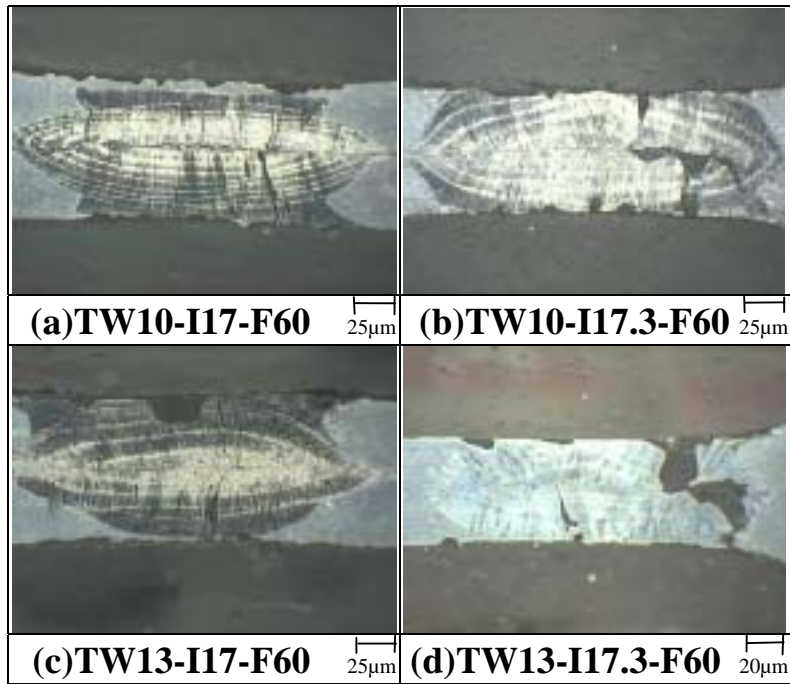


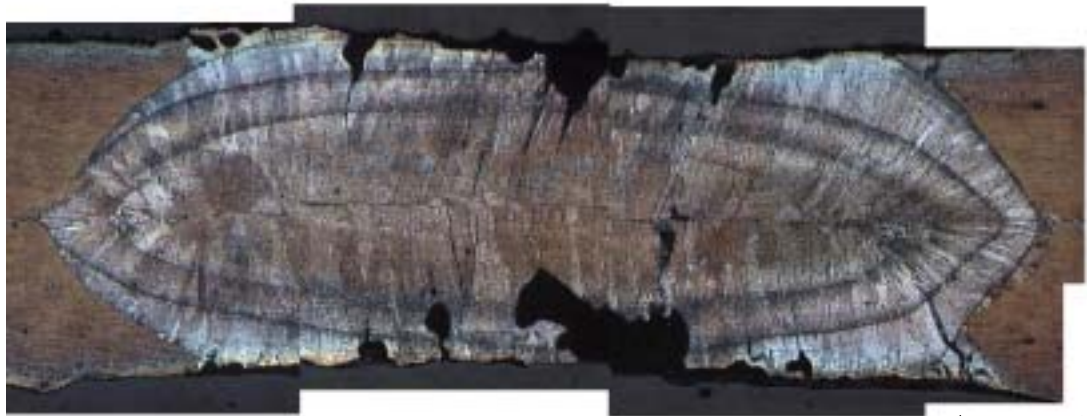
圖 4-4 鋁合金 1050 鐳後爆湯巨觀組織圖(0.8mm 板厚)





(a)TW10-I17-F100

50 $\mu$ m



(b)TW10-I17.3-F60

50 $\mu$ m

圖 4-5 鋁合金 1050 銲後爆湯微觀組織圖(0.8mm 板厚)



100 $\mu$ m

圖 4-6 通電時間過短，導致接合面無法完全重熔

(銲接條件：TW7-I17.3-F100)

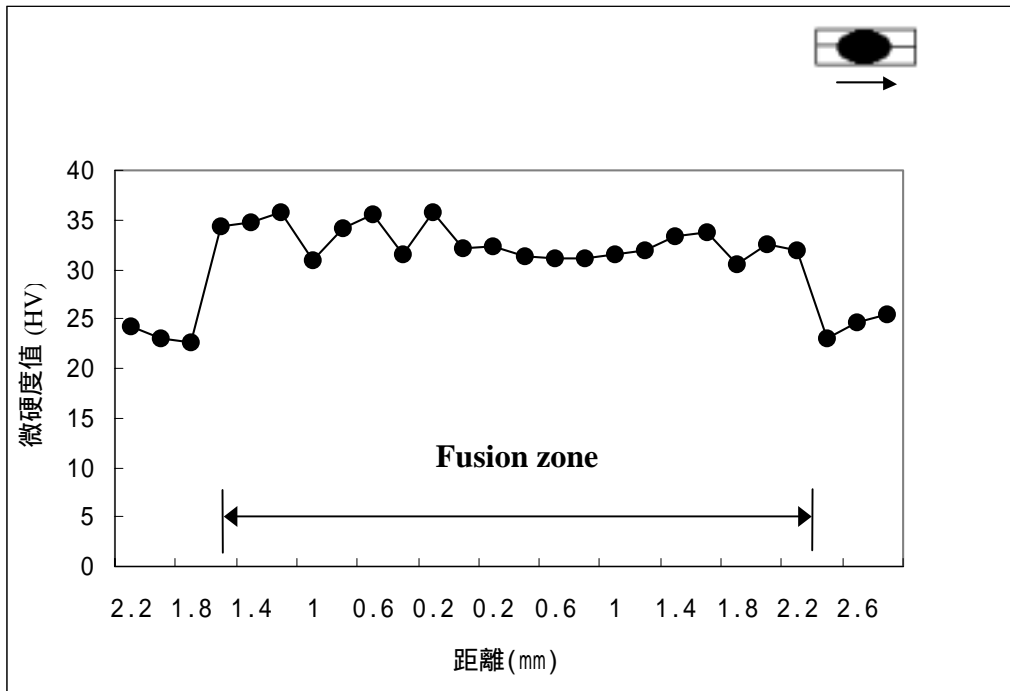


圖 4-7 銲核直徑方向微硬度分佈圖

(銲接條件：TW10-I17.3-F60)

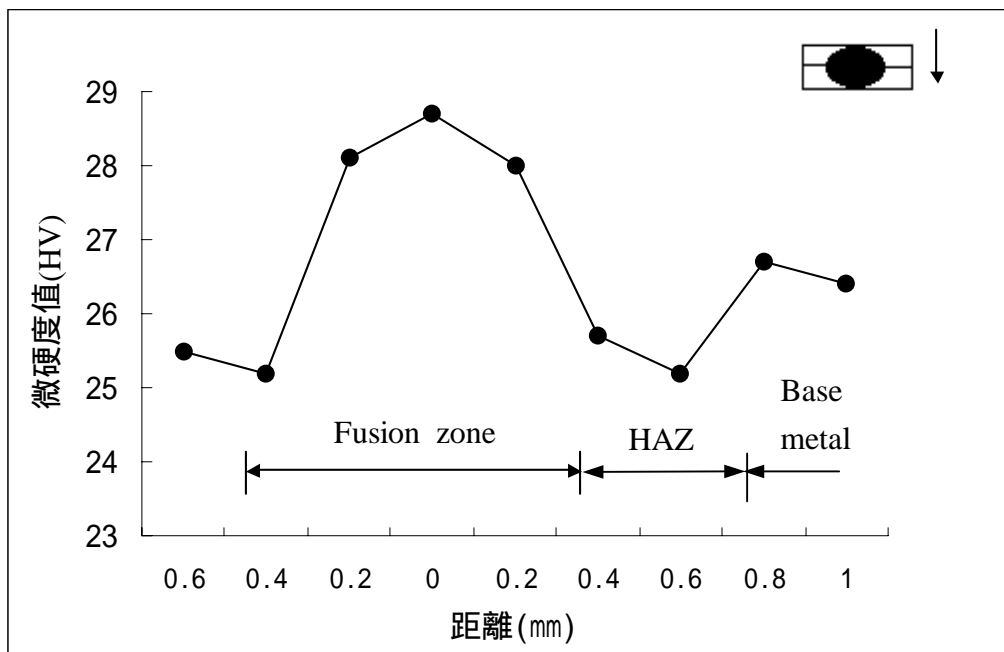


圖 4-8 銲核厚度方向微硬度分佈圖

(銲接條件：TW10-I17.3-F100)

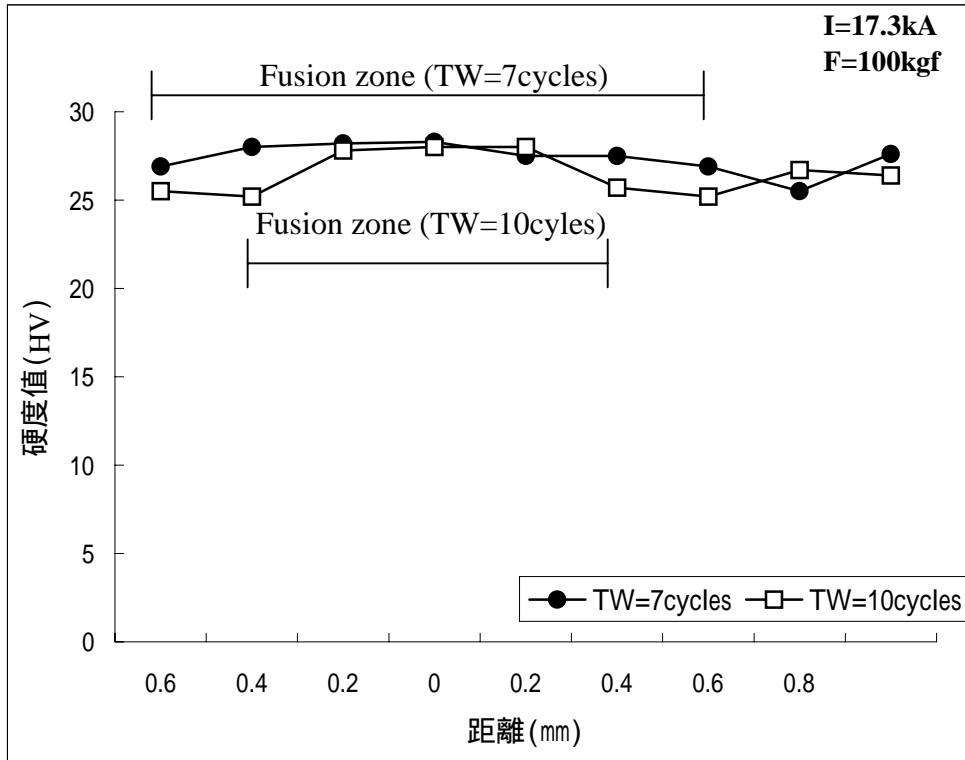


圖 4-9 通電時間與微硬度之關係圖

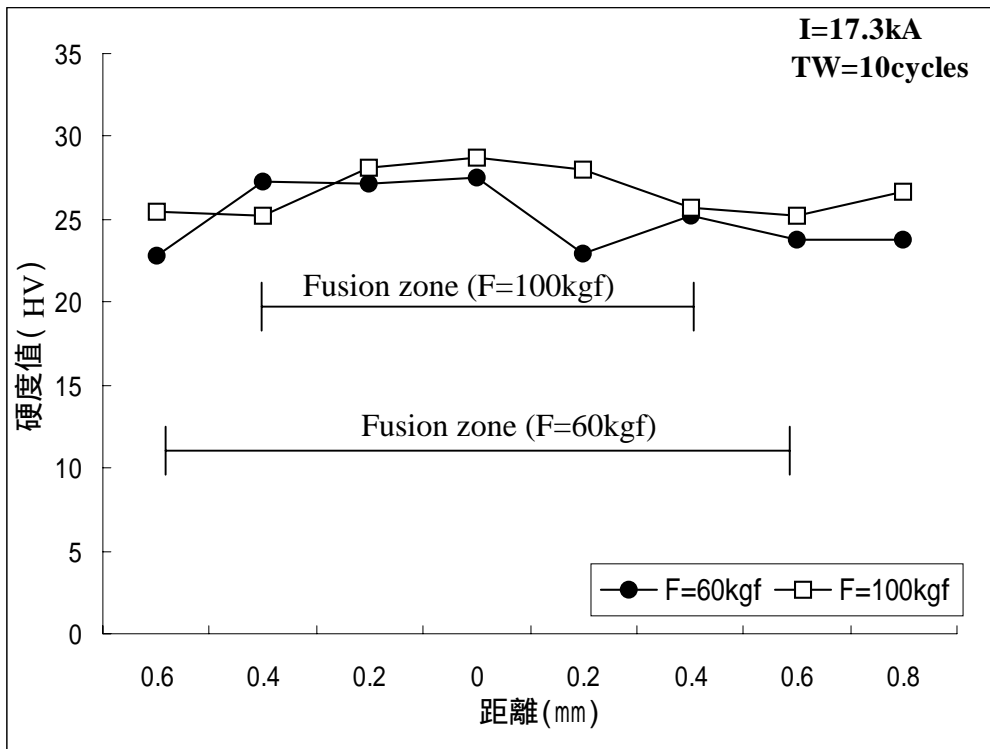


圖 4-10 電極加壓力與微硬度之關係圖

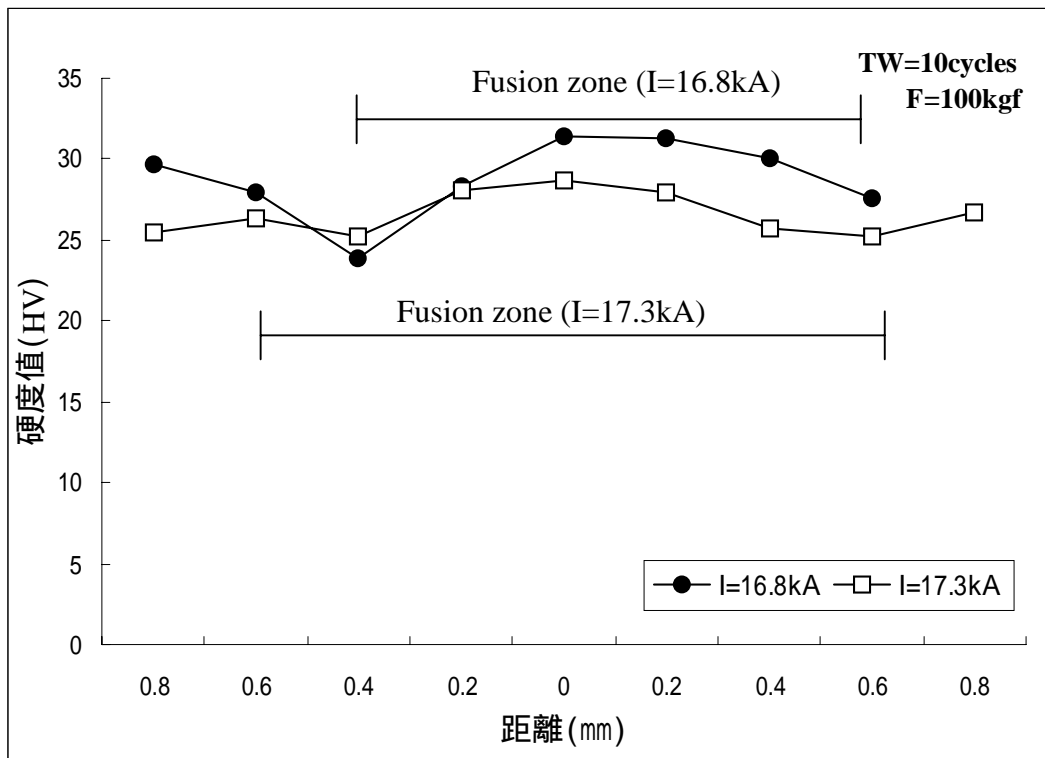


圖 4-11 熔接電流與微硬度之關係圖

鋁核成長圖 | 鋁接條件

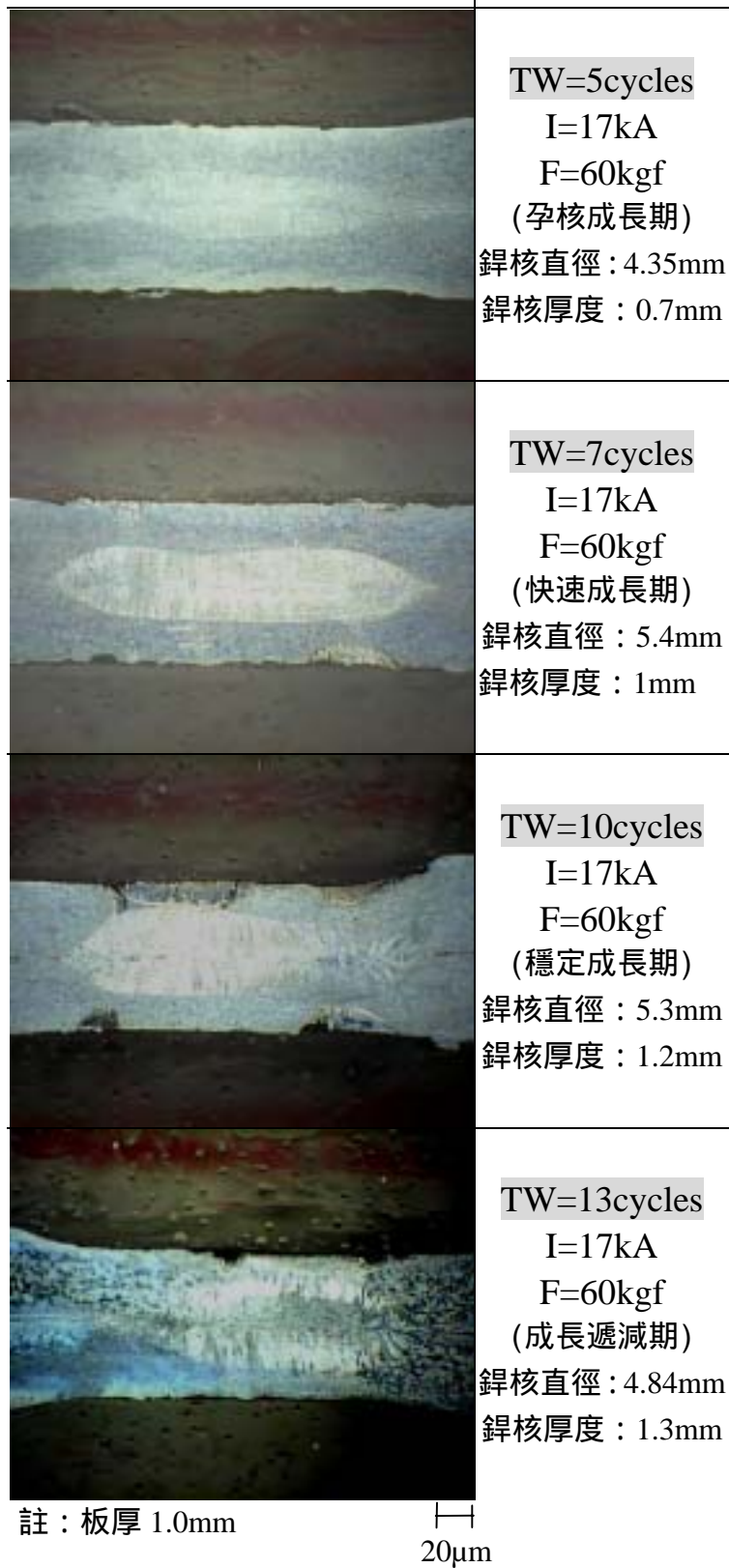
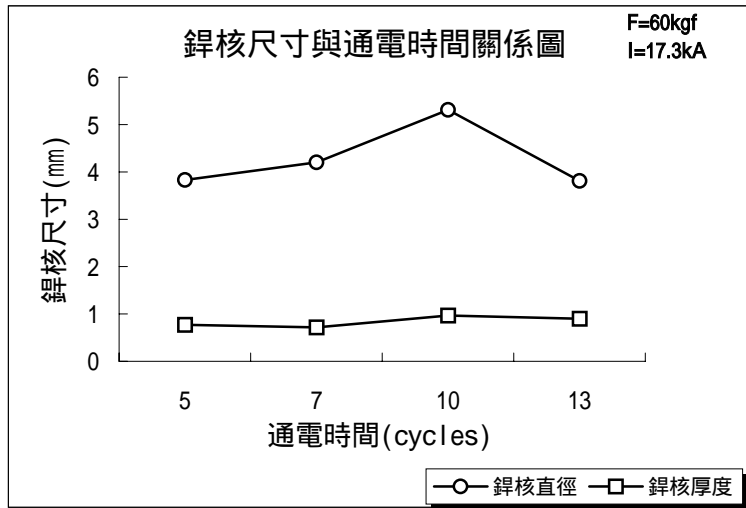
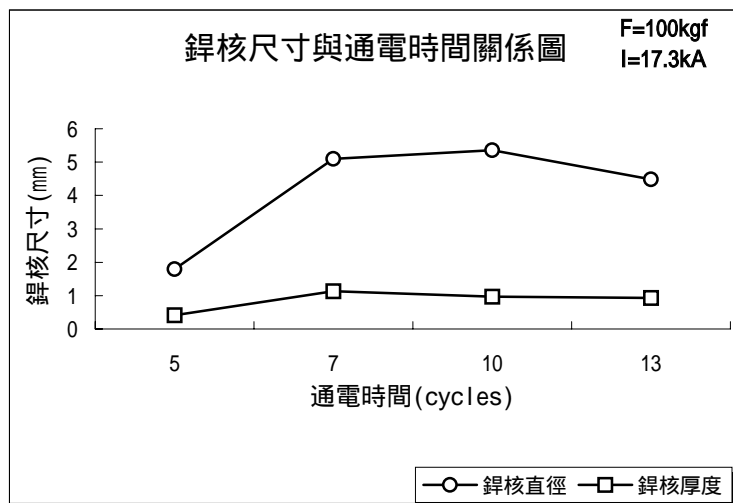


圖 4-12 鋁合金 1050-O 之鋁核隨通電時間增加而成長的情形

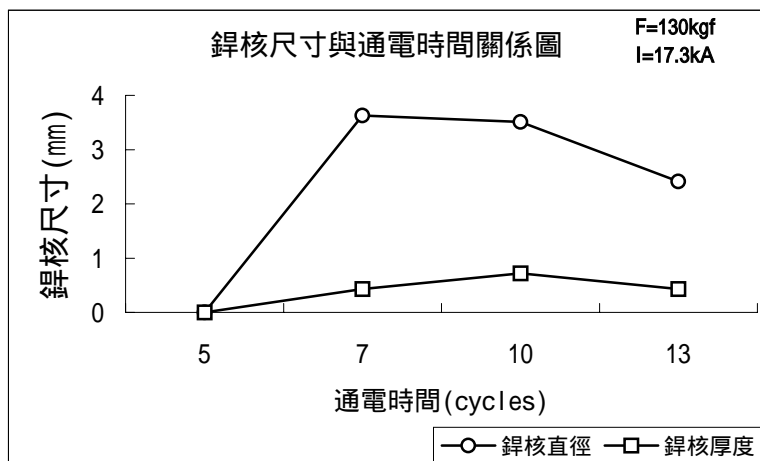




(a)



(b)



(c)

圖 4-13 不同加壓力條件下，銲核尺寸隨通電時間變化之情形。

(a)電極加壓力 60kgf(b)電極加壓力 100kgf(c)電極加壓力 130kgf

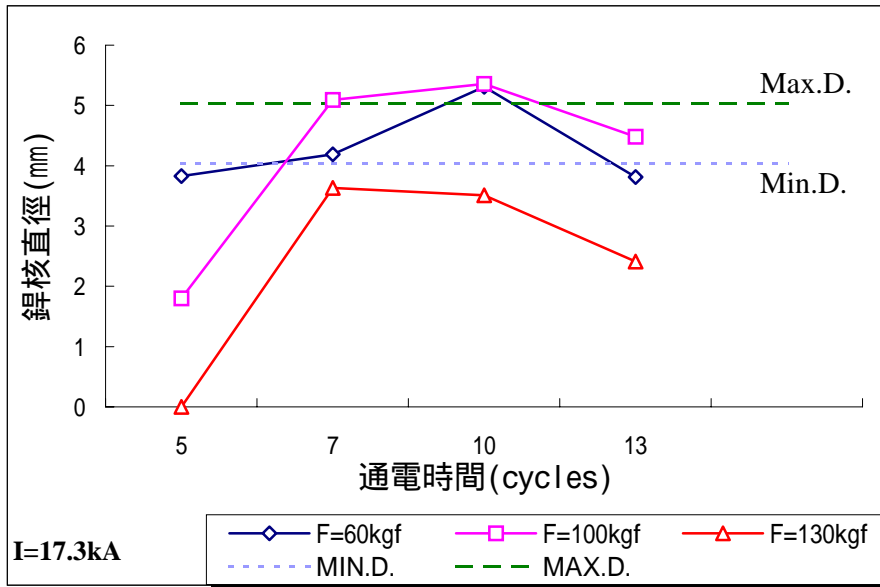


圖 4-14 銲核直徑與電極加壓力關係圖

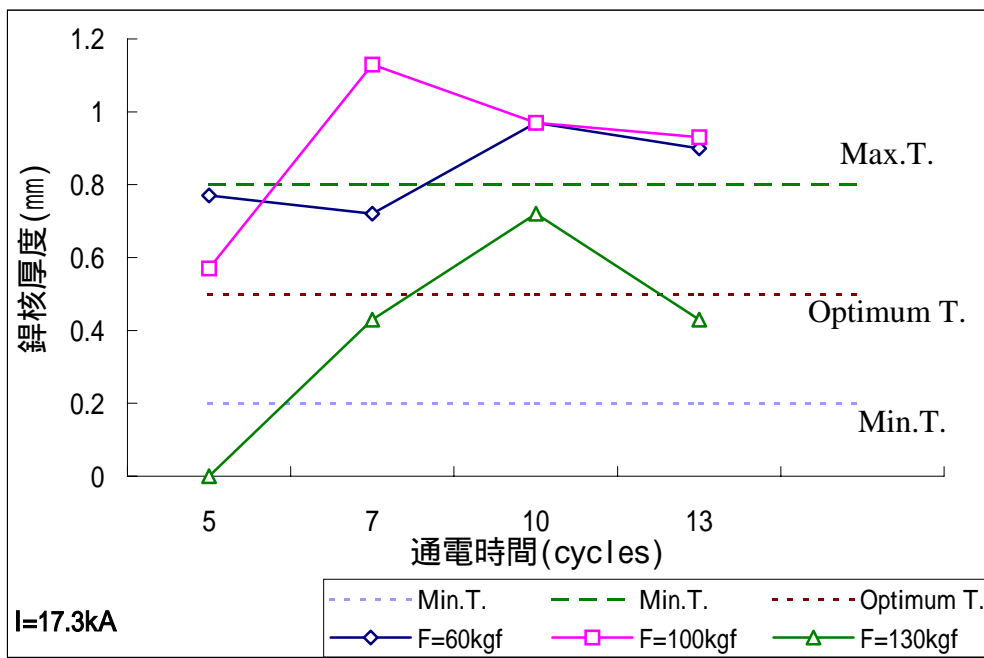
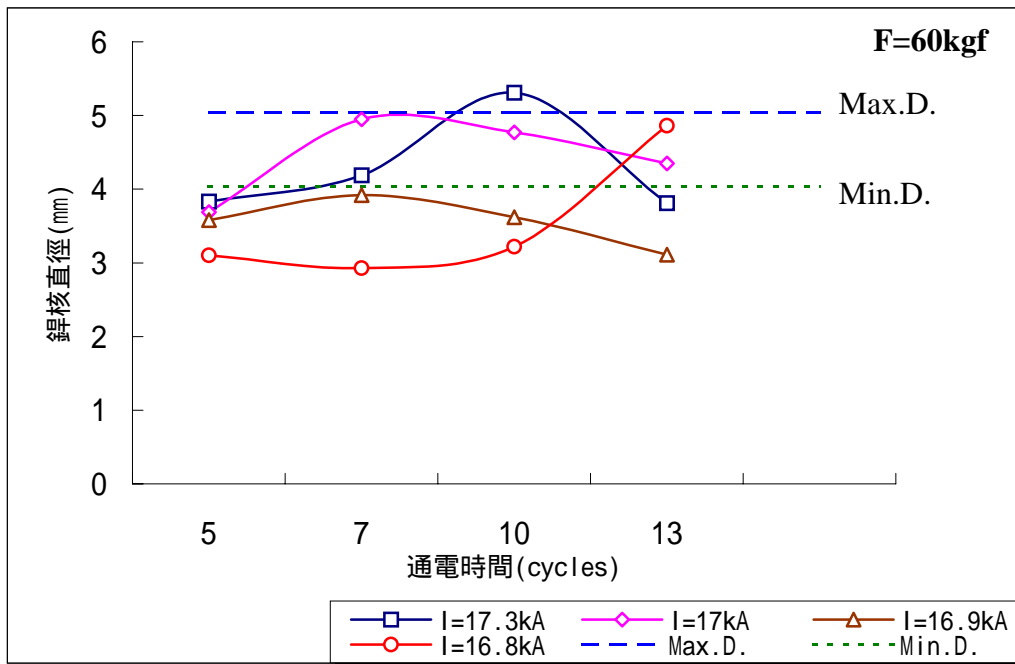
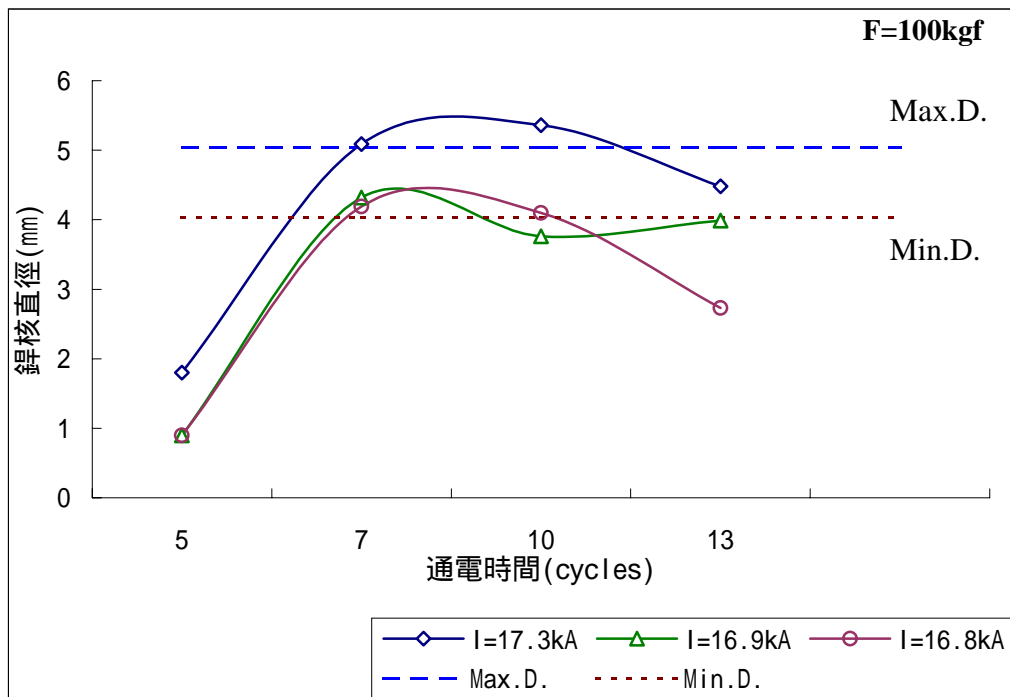


圖 4-15 銲核厚度與電極加壓力關係圖



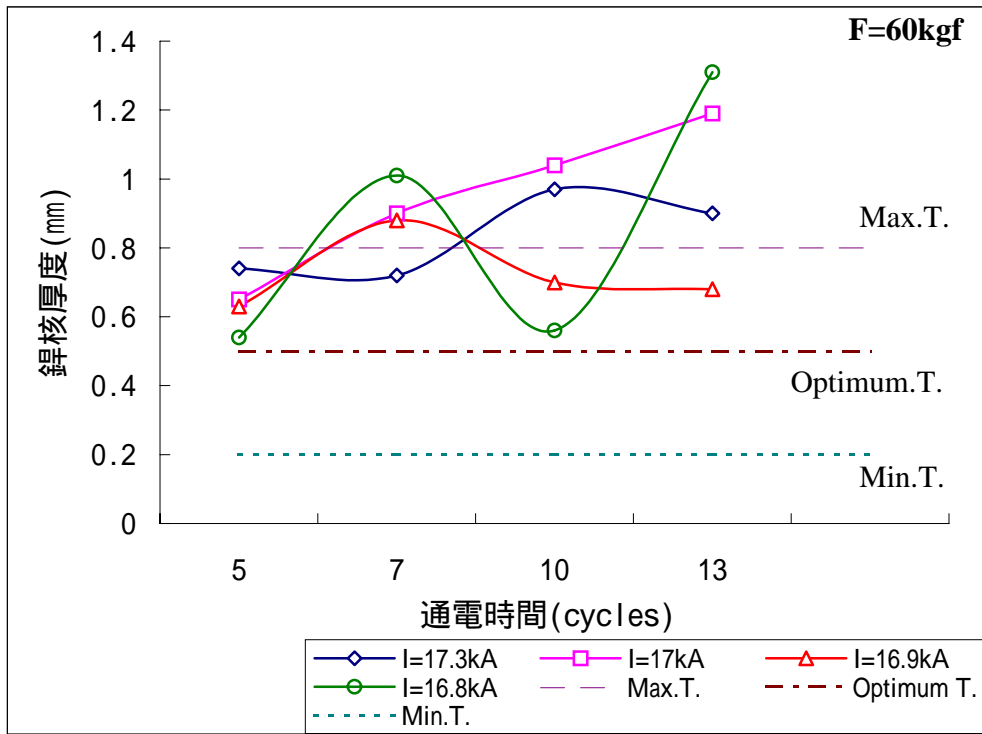
(a)



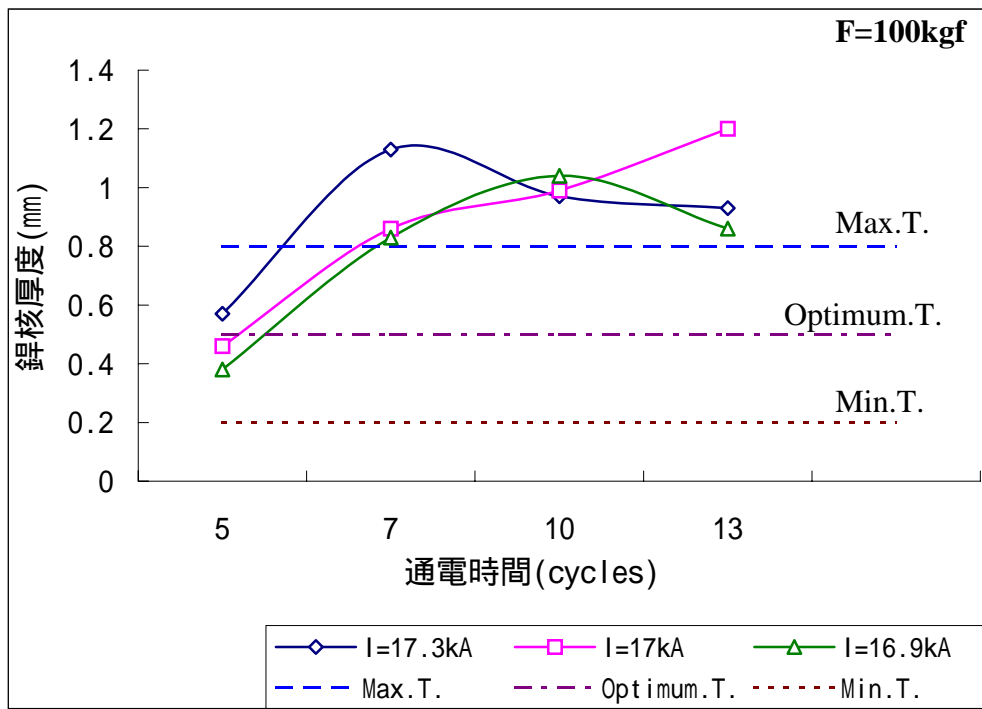
(b)

圖 4-16 不同熔接電流條件下，銲核直徑隨通電時間變化之情形。

(a)電極加壓力 60kgf (b)電極加壓力 100kgf



(a)



(b)

圖 4-17 不同熔接電流條件下，銲核厚度隨通電時間變化之情形

(a)電極加壓力 60kgf (b)電極加壓力 100kgf

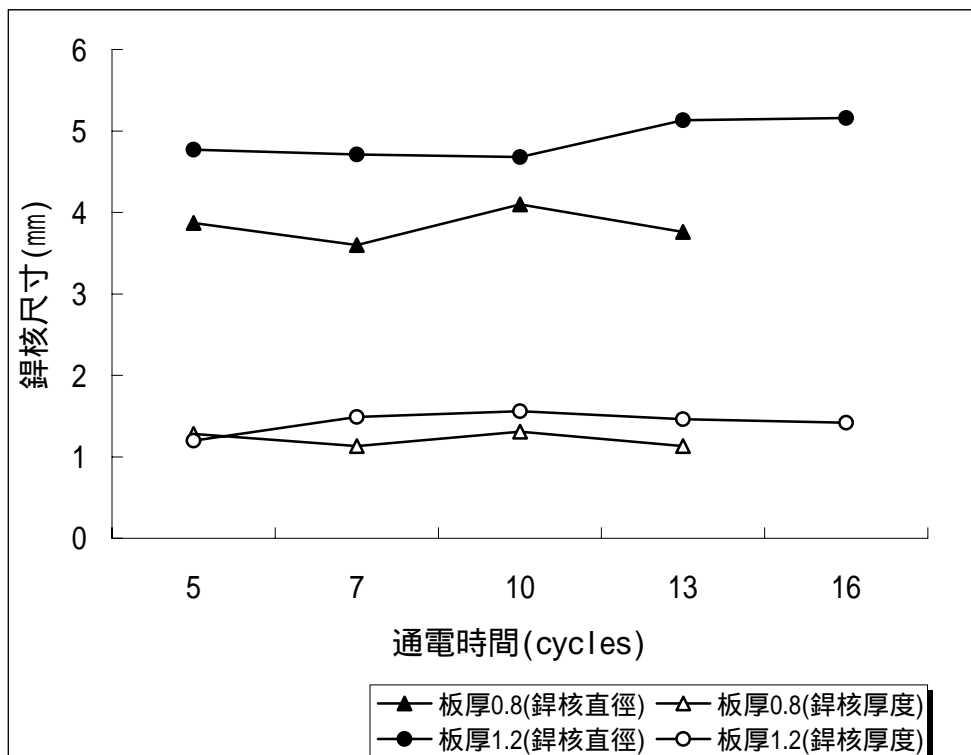


圖 4-18 不同板材厚度時，通電時間與鐳接尺寸的關係圖

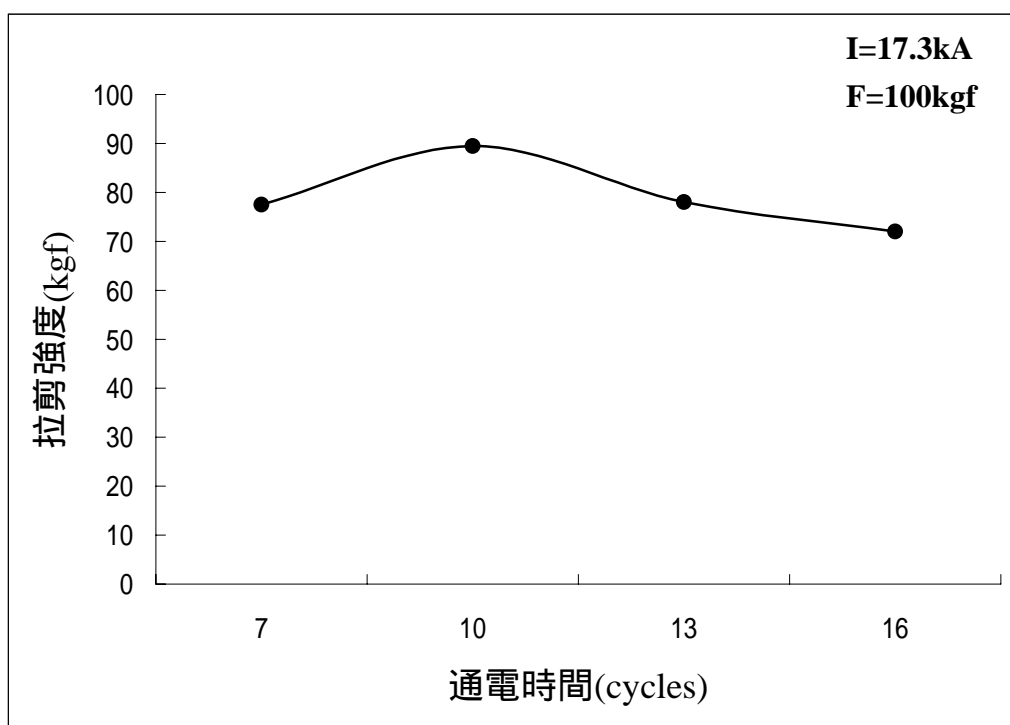


圖 4-19 通電時間與拉剪強度關係圖

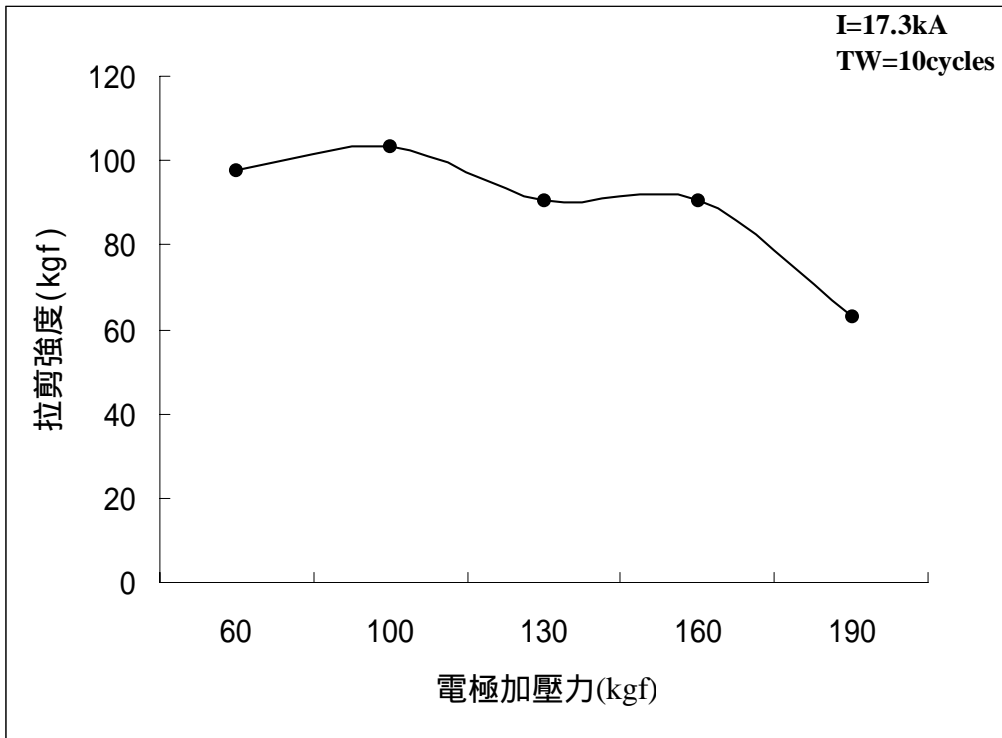


圖 4-20 電極加壓力與拉剪強度關係圖

表 4-1 板厚 1.0mm 點銲件受拉剪強度破壞之破壞型式表

銲接條件 (板厚：1.0mm)	破壞型式 S：shear failure B：button failure	銲接條件 (板厚：1.0mm)	破壞型式 S：shear failure B：button failure
TW5-I17.3-F60	S	TW5-I17.3-F100	S
TW7-I17.3-F60	S	TW7-I17.3-F100	S
TW10-I17.3-F60	B	TW10-I17.3-F100	B
TW13-I17.3-F60	B	TW13-I17.3-F100	B
		TW16-I17.3-F100	B

表 4-2 板厚 1.2mm 點銲件受拉剪強度破壞之破壞型式表

銲接條件 (板厚：1.2mm)	破壞型式 S：shear failure B：button failure	銲接條件 (板厚：1.2mm)	破壞型式 S：shear failure B：button failure
TW5-I17.3-F100	S	TW5-I17.3-F130	S
TW7-I17.3-F100	S	TW7-I17.3-F130	S
TW10-I17.3-F100	B	TW10-I17.3-F130	B
TW13-I17.3-F100	B	TW13-I17.3-F130	B
TW16-I17.3-F100	B	TW16-I17.3-F130	B

表 4-3 不同通電時間之拉剪強度值統計表

NO.	拉剪強度值(kgf)			
	TW7	TW10	TW13	TW16
1	58	87	63	52
2	66	89	71	54
3	74	89	74	63
4	74	89	77	69
5	77	90	77	70
6	78	90	78	72
7	79	91	80	74
8	80	92	81	74
9	80	93	81	77
10	81	93	81	78
11	83	93	82	81
12	84	95	83	84
13	85	95	86	84
14	86	95	87	85
15	90	95	87	86
16	91	95	90	89
17	91	95	94	91
18	94	95	95	91
19	95	95	96	95
20	96	95	98	99
MAX =	96	95	98	99
MIN =	58	87	63	52
AVE =	82	92	83	78

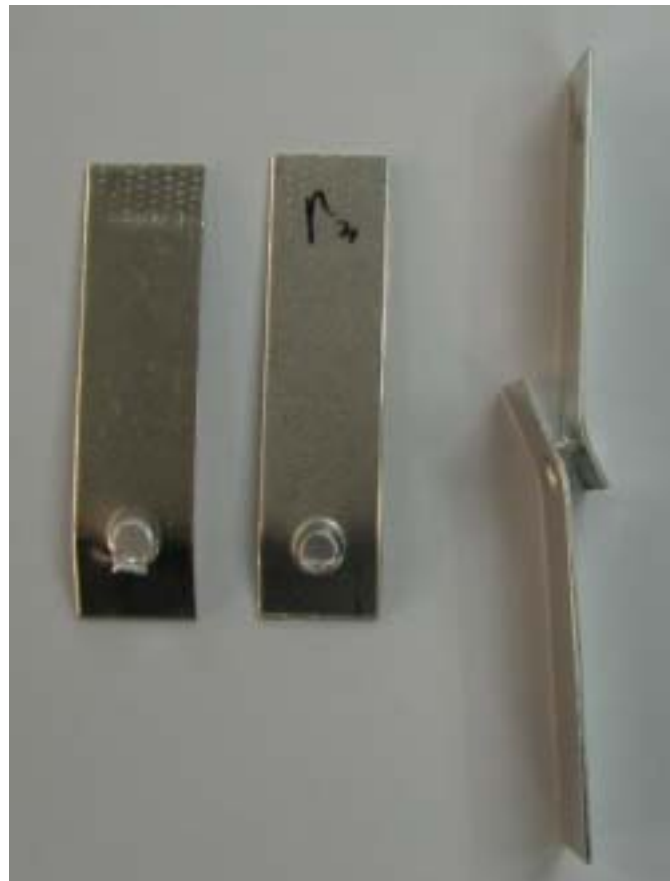


表 4-4 不同電極加壓力之拉剪強度值統計表

NO.	拉剪強度值(kgf)			
	F100	F130	F160	F190
1	87	63	48	59
2	89	68	50	63
3	89	75	55	71
4	89	75	63	74
5	90	75	65	78
6	90	77	66	84
7	91	80	72	85
8	92	80	72	86
9	93	80	73	89
10	93	81	74	89
11	93	89	74	90
12	95	89	75	90
13	95	90	80	90
14	95	90	81	91
15	95	93	83	91
16	95	95	85	93
17	96	96	86	99
18	97	98	88	99
19	98	98	90	100
20	99	99	90	107
MAX =	99	99	90	107
MIN =	87	63	48	59
AVE =	93	84	73	86



圖 4-21 鋁合金 1050 點銲件之剪力破壞型巨觀圖



銲接條件：TW7-I17-F130(板厚 1.2mm)

圖 4-22 鋁合金 1050 點銲件之鈕扣破壞型巨觀圖

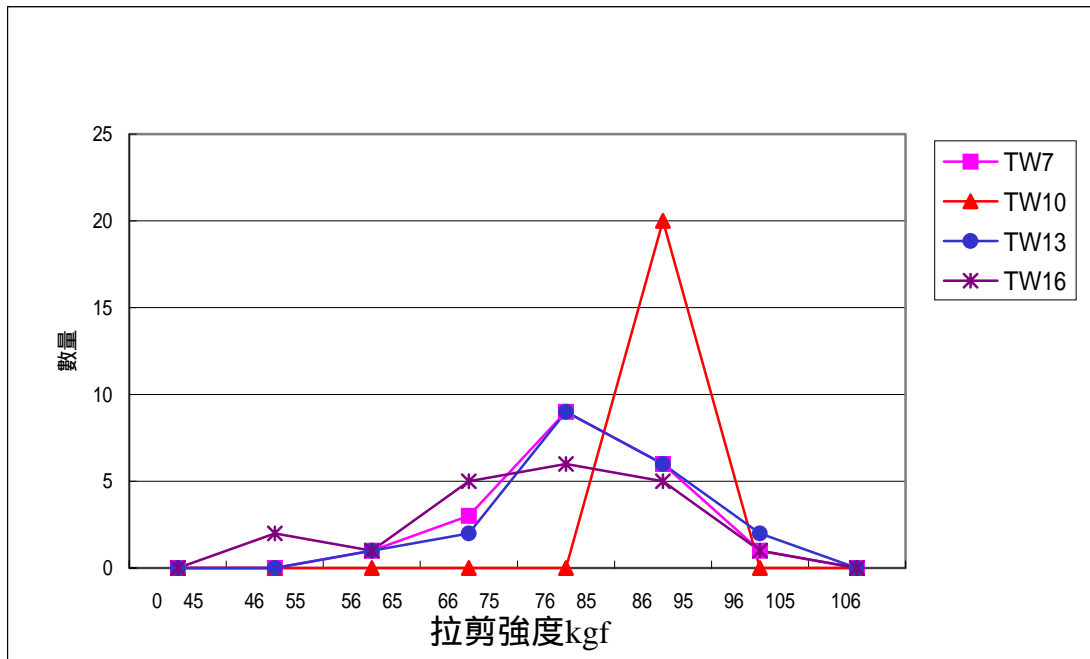


圖 4-23 通電時間之拉剪強度分佈圖(板厚 1mm)

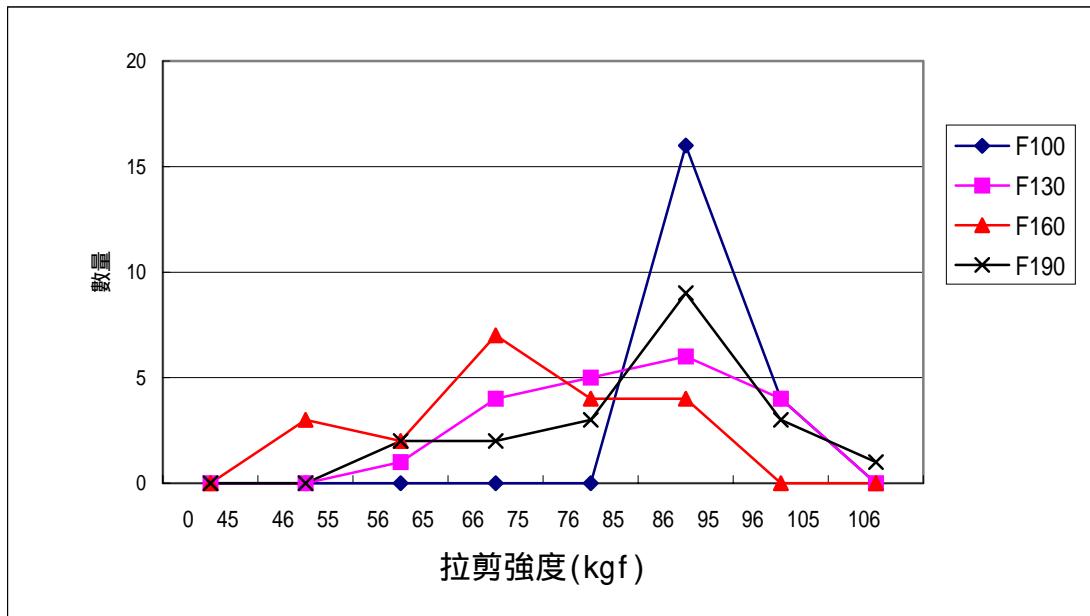


圖 4-24 電極加壓力之拉剪強度分佈圖(板厚 1mm)

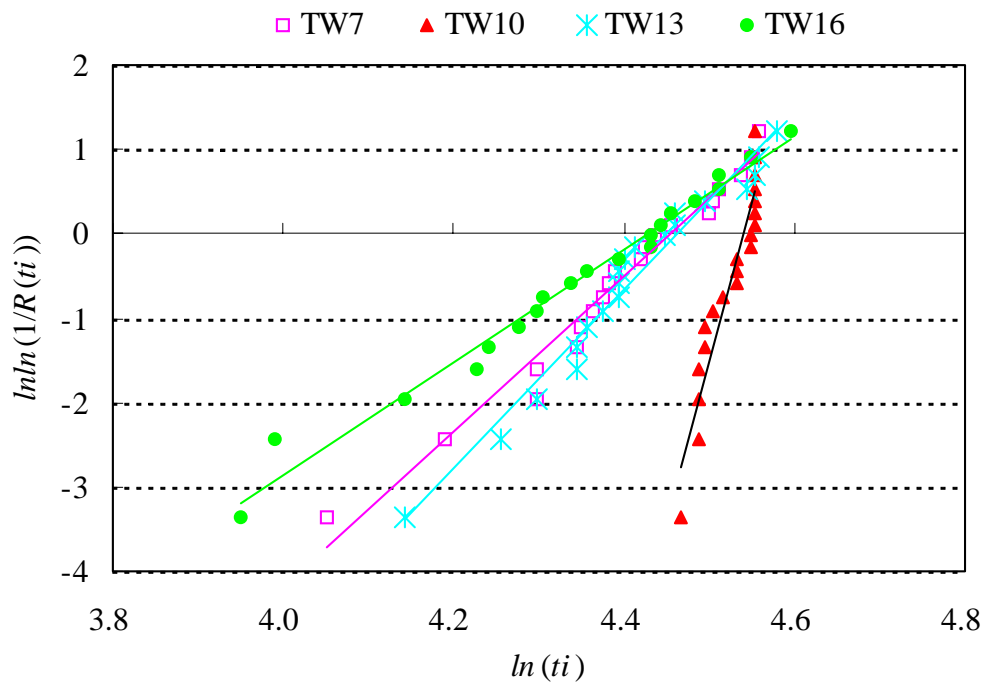


圖 4-25 不同通電時間之拉剪強度韋伯分佈圖( $t_0=0$ )

表 4-5 拉剪強度下各通電時間之韋伯分析結果( $t_0=0$ )

通 電 時 間	TW7	TW10	TW13	TW16
拉剪強度之壽命範圍	58 96	87 95	63 98	52 99
韋伯模數 m	<b>9.20</b>	<b>37.12</b>	<b>10.59</b>	<b>6.69</b>
尺寸參數	86	94	87	84
位置參數 $t_0$	0	0	0	0
平均值	82	92	83	78
標準差	10	3	9	13
決定係數 $r^2$	97%	89%	97%	98%

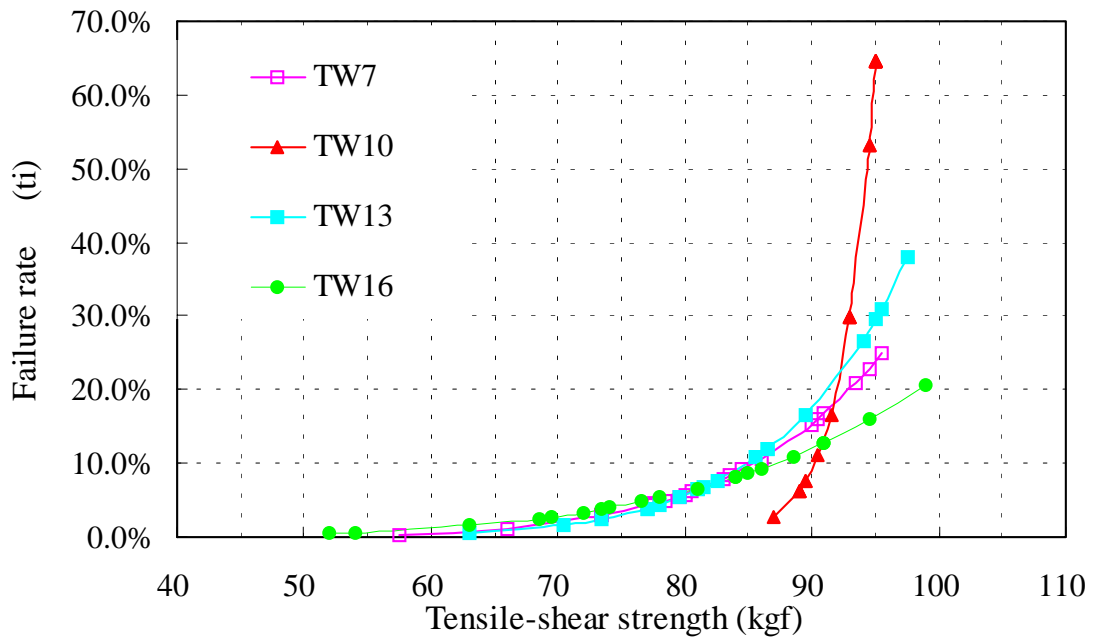


圖 4-26 不同通電時間時，拉剪強度與故障函數曲線圖( $t_0=0$ )

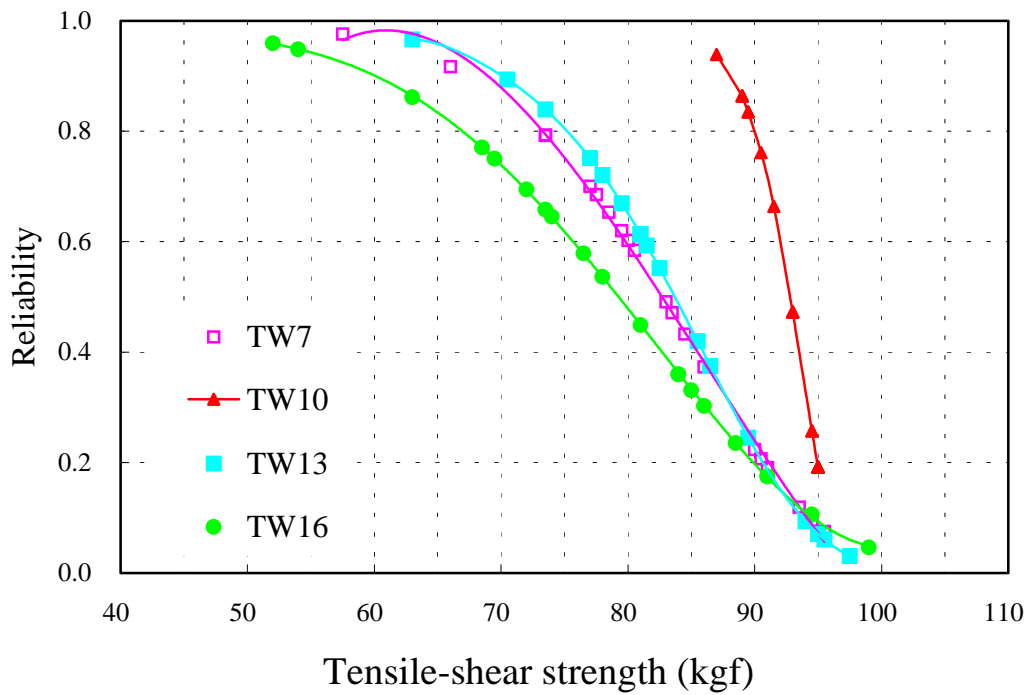


圖 4-27 不同通電時間時，拉剪強度與可靠度曲線圖( $t_0=0$ )

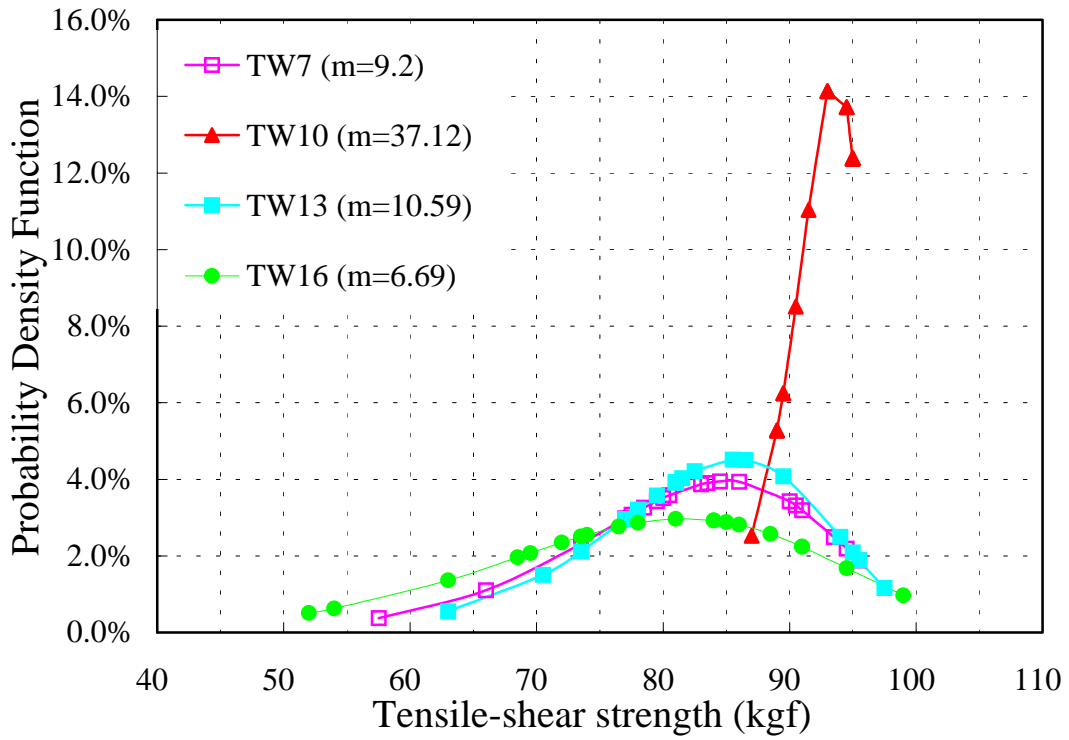


圖 4-28 不同通電時間時，拉剪強度與機率密度函數圖( $t_0=0$ )

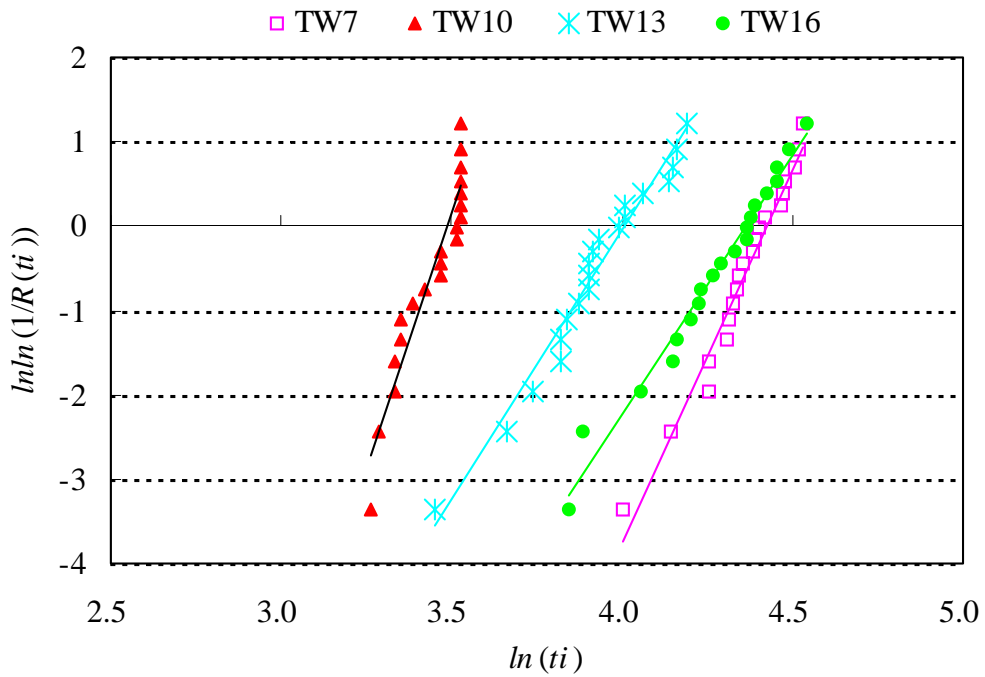


圖 4-29 不同通電時間之拉剪強度韋伯分佈圖(考慮  $t_0$ )

表 4-6 拉剪強度下各通電時間之韋伯分析結果(考慮  $t_0$ )

通 電 時 間	TW7	TW10	TW13	TW16
拉剪強度之壽命範圍	58 96	87 95	63 98	52 99
韋伯模數 $m$	<b>9.20</b>	<b>12.00</b>	<b>6.38</b>	<b>6.20</b>
尺寸參數	83	33	55	79
位置參數 $t_0$	<b>3</b>	<b>61</b>	<b>32</b>	<b>5</b>
平均值	82	92	83	78
標準差	9.7	2.7	8.8	12.7
決定係數 $r^2$	97.2%	91.0%	96.8%	98.2%

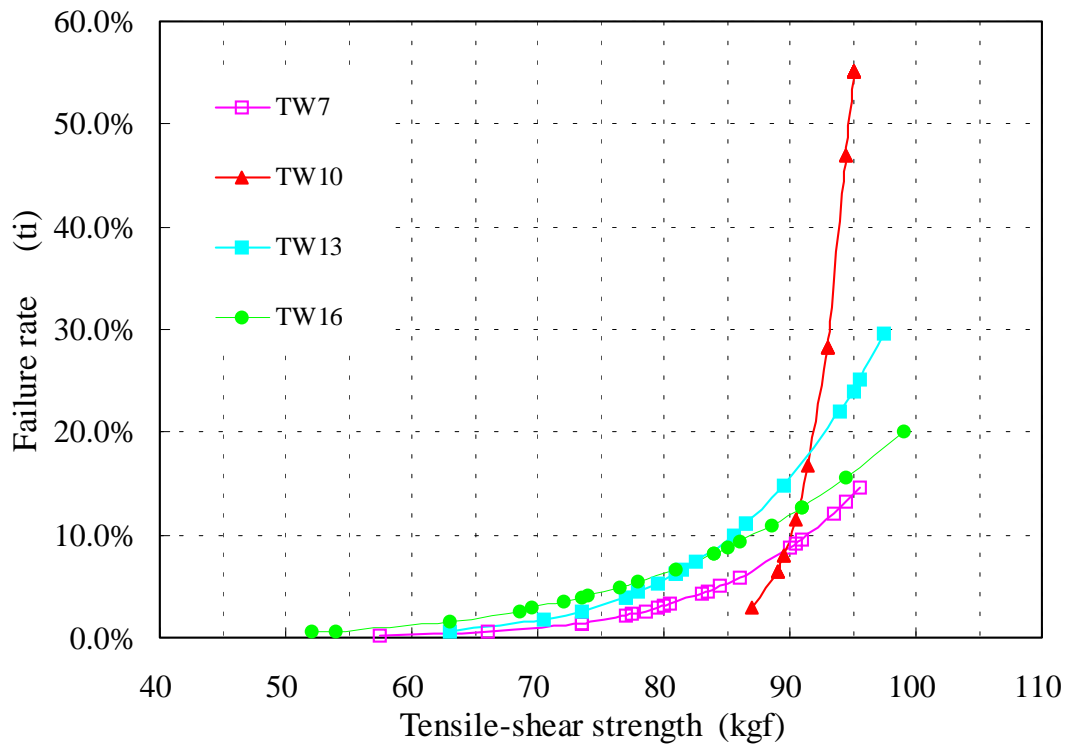


圖 4-30 不同通電時間時，拉剪強度與故障函數關係圖(考慮  $t_0$ )

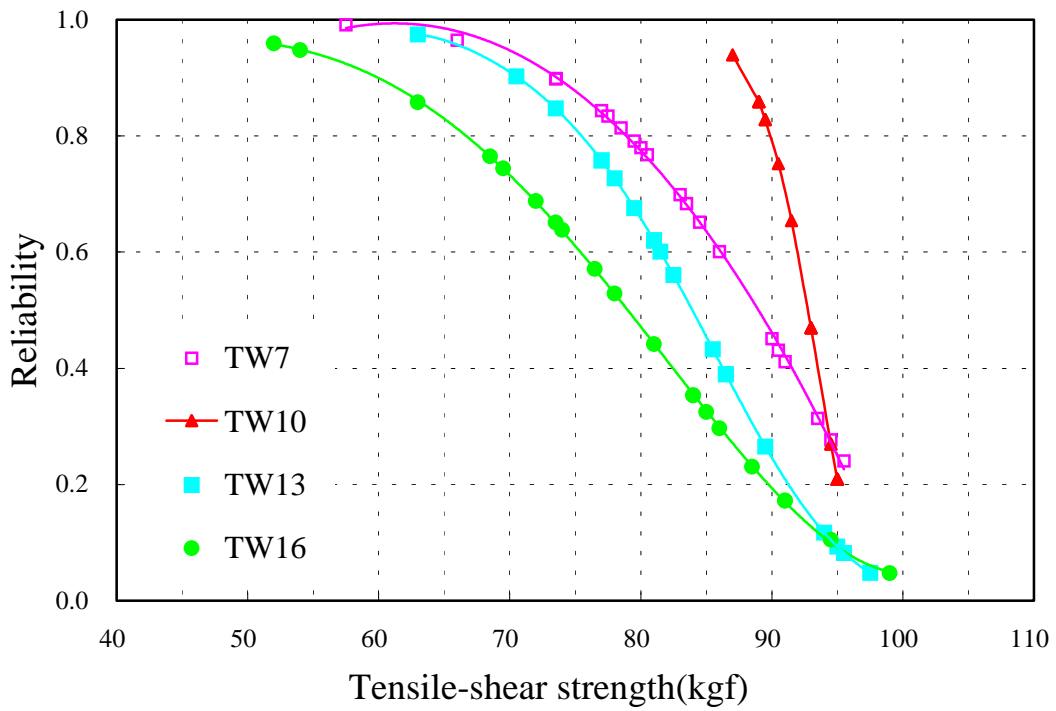


圖 4-31 不同通電時間時，拉剪強度與可靠度曲線圖(考慮  $t_0$ )

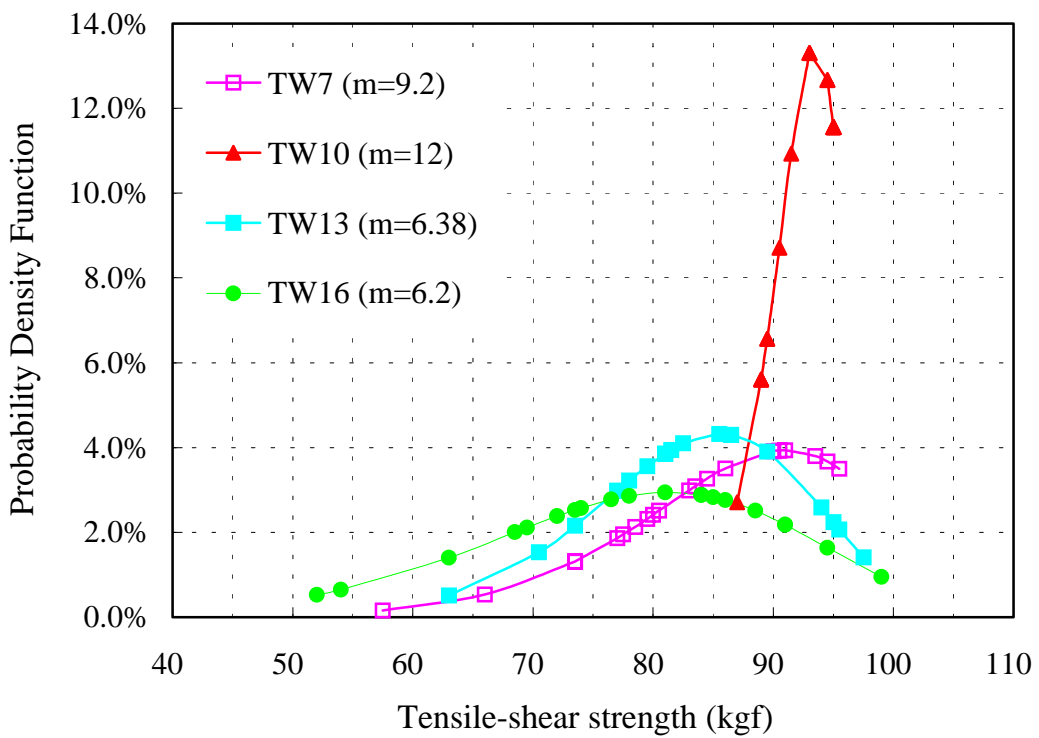


圖 4-32 不同通電時間時，拉剪強度與機率密度函數圖(考慮  $t_0$ )



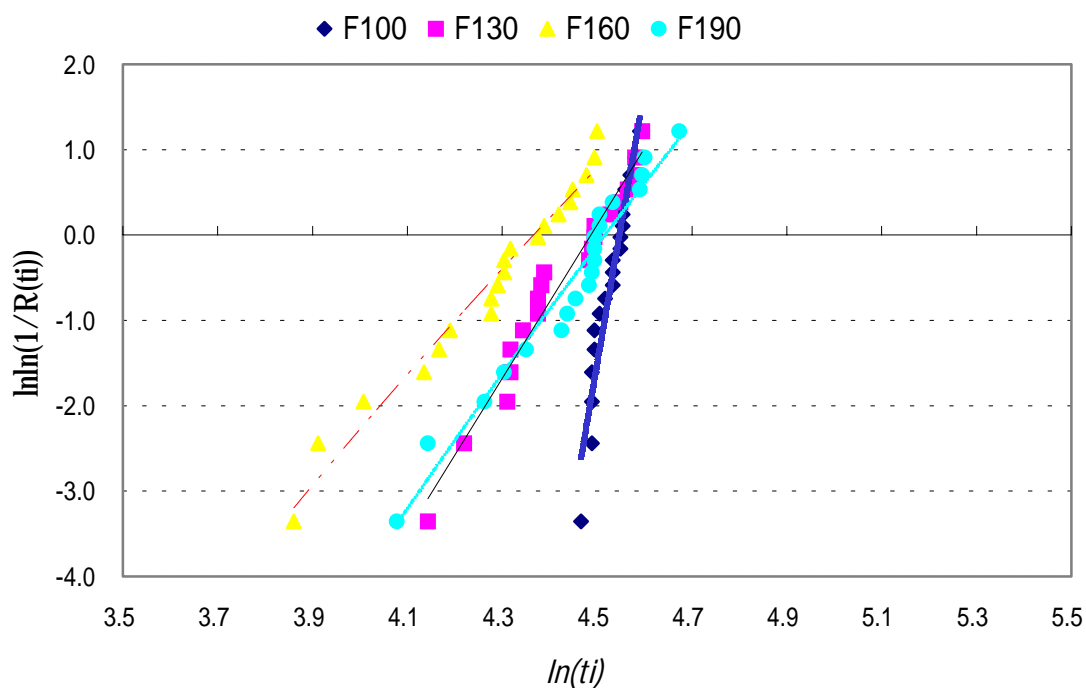


圖 4-33 不同電極加壓力之拉剪強度韋伯分佈圖( $t_0=0$ )

表 4-7 拉剪強度下各電極加壓力之韋伯分析結果( $t_0=0$ )

電 極 加 壓 力	F100	F130	F160	F190
拉剪強度之壽命範圍	87 99	63 99	48 90	59 107
韋伯模數 m	<b>32.10</b>	<b>8.99</b>	<b>6.21</b>	<b>7.60</b>
尺寸參數	94	89	79	92
位置參數 $t_0$	0	0	0	0
平均值	93	84	73	86
標準差	3	10	13	12
決定係數 $r^2$	93%	96%	97%	96%

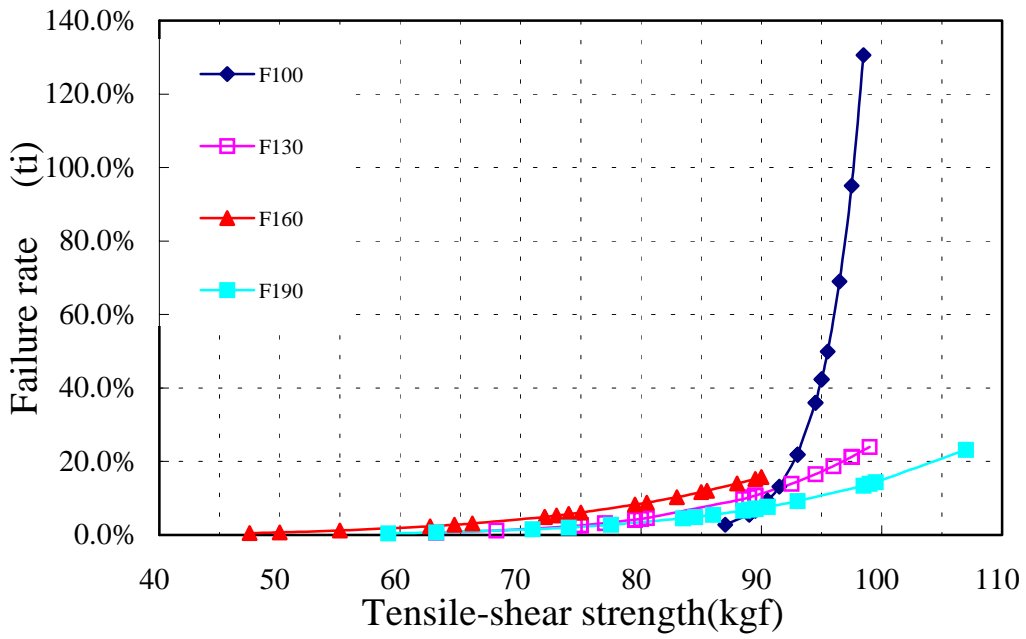


圖 4-34 不同電極加壓力時，拉剪強度與故障函數關係圖 ( $t_0=0$ )

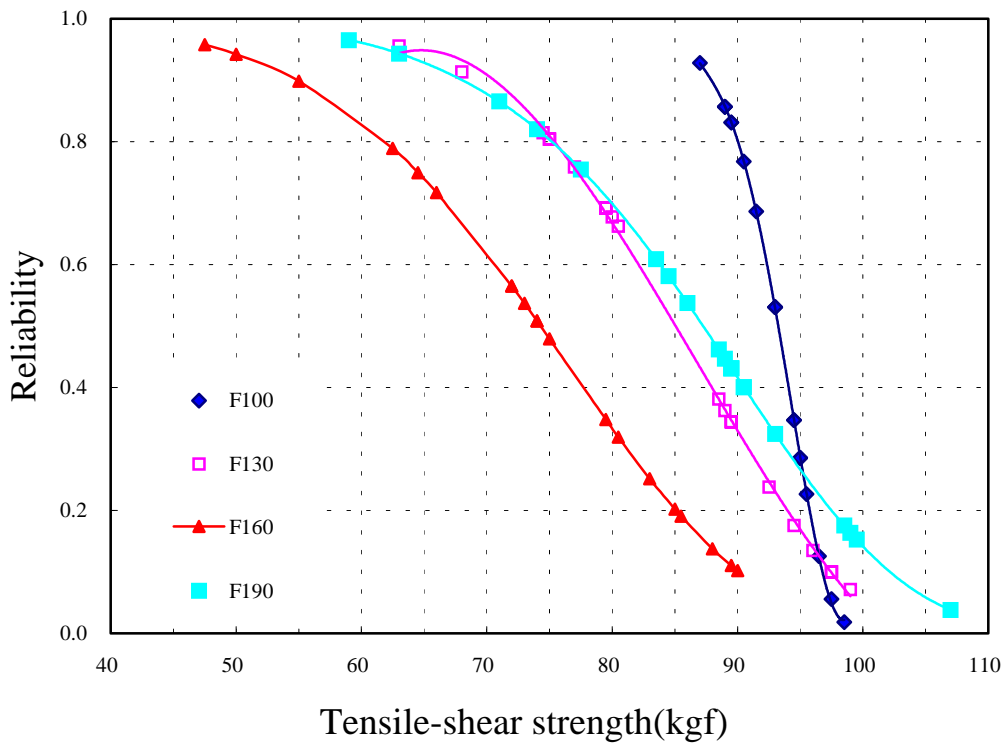


圖 4-35 不同電極加壓力時拉剪強度與可靠度曲線圖 ( $t_0=0$ )

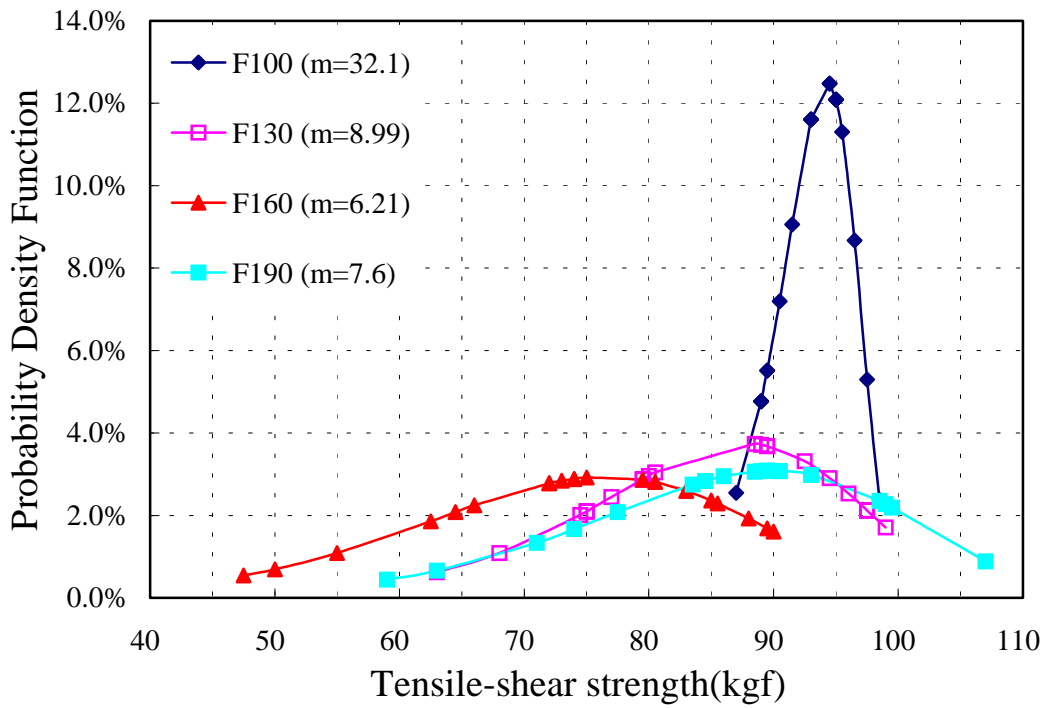


圖 4-36 不同電極加壓力時拉剪強度與機率密度函數圖( $t_0=0$ )

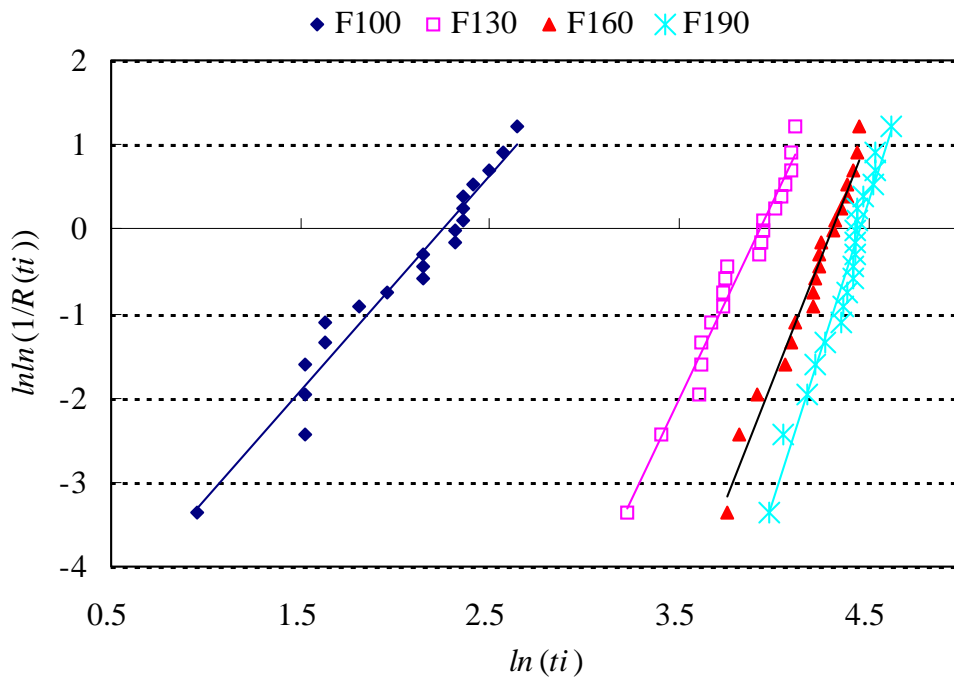


圖 4-37 不同電極加壓力之拉剪強度韋伯分佈圖(考慮  $t_0$ )

表 4-8 拉剪強度下各電極加壓力之韋伯分析結果(考慮  $t_0$ )

電 極 加 壓 力	F100	F130	F160	F190
拉剪強度之壽命範圍	87 99	63 99	48 90	59 107
韋伯模數 m	<b>2.55</b>	<b>4.75</b>	<b>5.76</b>	<b>7.02</b>
尺寸參數	10	51	74	86
位置參數 $t_0$	<b>84</b>	<b>38</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
平均值	93	84	73	86
標準差	3.3	10.5	12.6	12.1
決定係數 $r^2$	95.6%	97.0%	97.2%	96.0%

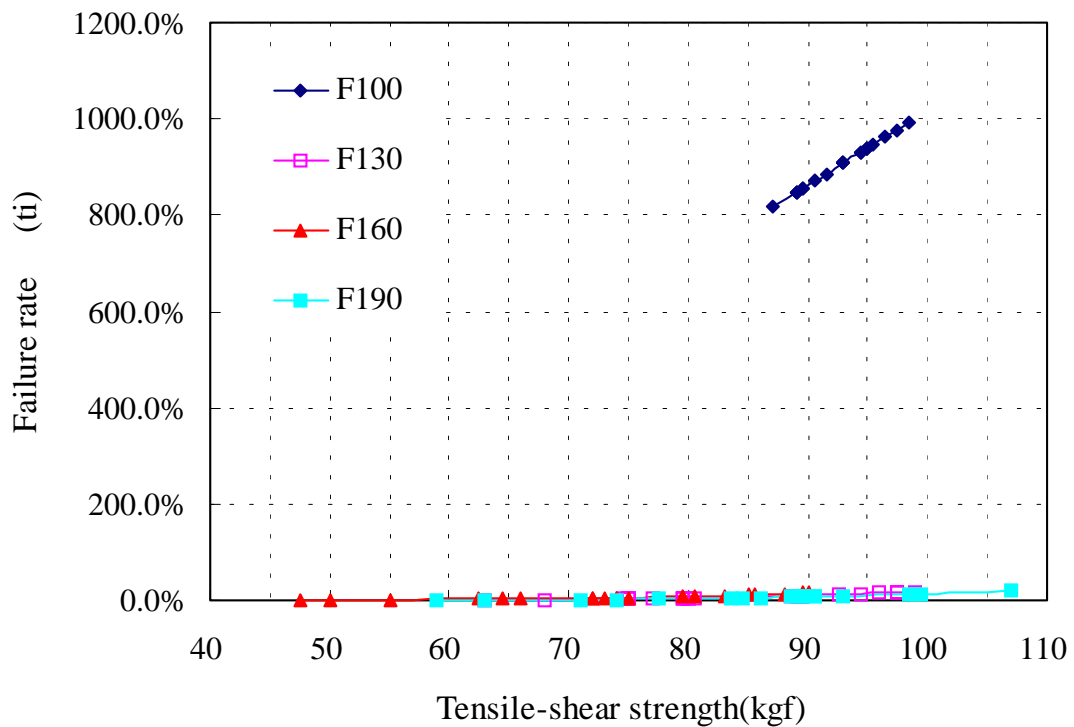


圖 4-38 不同電極加壓力時拉剪強度與故障函數關係圖(考慮  $t_0$ )

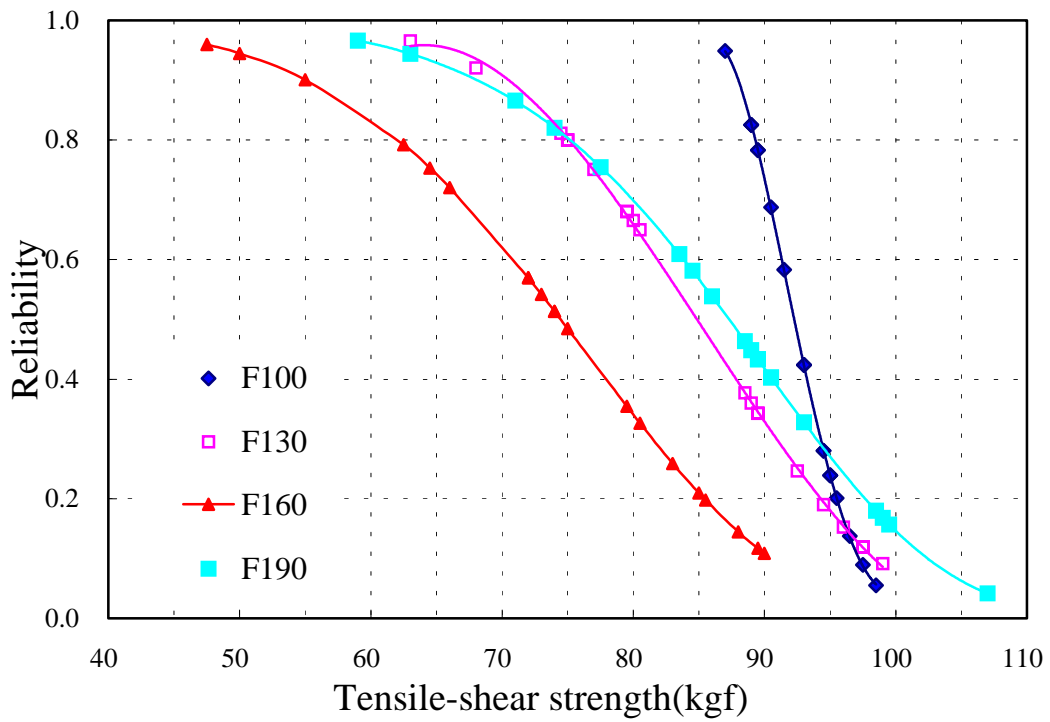


圖 4-39 不同電極加壓力時拉剪強度與可靠度曲線圖(考慮  $t_0$ )

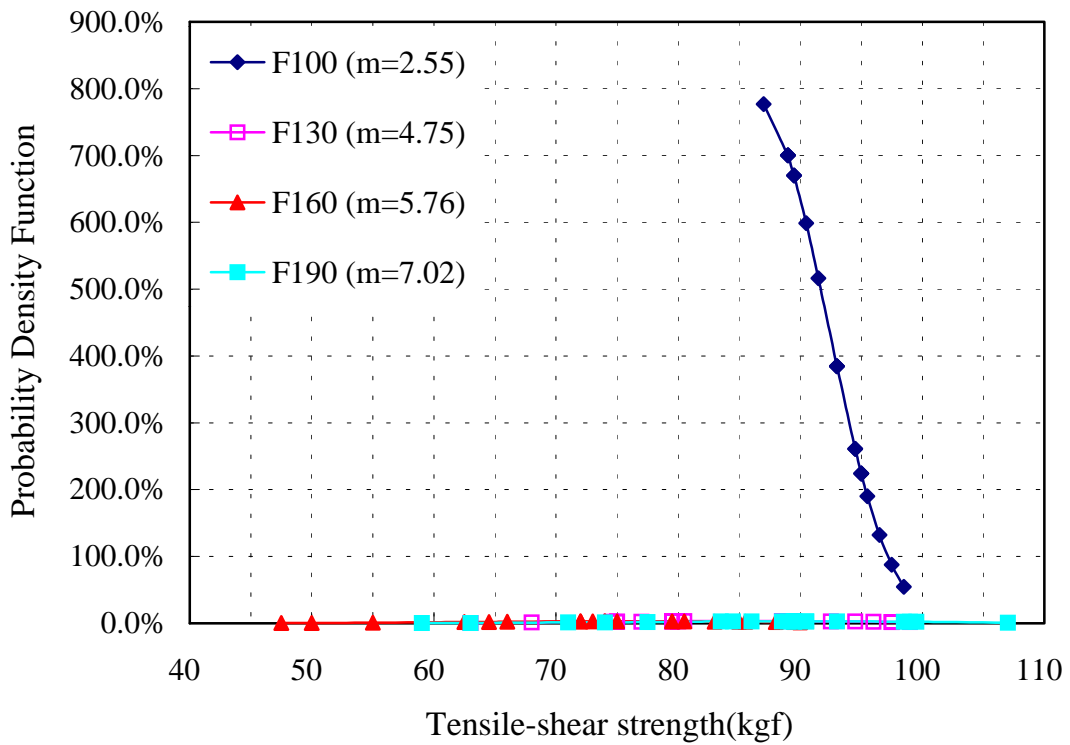


圖 4-40 不同電極加壓力時拉剪強度與機率密度函數圖(考慮  $t_0$ )