



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201524647 A

(43) 公開日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 01 日

(21) 申請案號：103131472 (22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 12 日
 (51) Int. Cl. : **B23K11/14 (2006.01)** **B23K11/18 (2006.01)**
 (30) 優先權：2013/09/16 荷蘭 2011446
 (71) 申請人：A L S 科技公司 (荷蘭) AL-S TECHNOLOGY B. V. (NL)
 荷蘭
 (72) 發明人：皮特曼 卡瑞爾 PIETERMAN, KAREL (NL)
 (74) 代理人：閻啟泰；林景郁
 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：53 項 圖式數：8 共 39 頁

(54) 名稱

金屬片的凸焊

PROJECTION WELDING OF METAL SHEETS

(57) 摘要

本發明係關於一第二金屬片在一第一金屬片上方之凸焊，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸之一伸長突出物，其中該突出物包含一上部表面，該上部表面具有在其中間關於該第一金屬片之該主要上部表面界定該上部表面之頂高之一第一半徑之一凸出之第一區段，及具有沿著合併為該第一區段之兩個伸長側之一第二半徑之一凸出之第二區段，其中該第一半徑大於該第二半徑。

The invention relates to projection welding of a second metal sheet above a first metal sheet, wherein the first metal sheet is of a non-ferrous metal or metal alloy having as main component aluminum or magnesium, wherein the first metal sheet comprises an elongate projection that locally extends above the main upper surface of the first metal sheet to come into contact with the main lower surface of the second metal sheet, wherein the projection comprises an upper surface having a convex first section with a first radius that defines in its middle the top height of the upper surface with respect to the main upper surface of the first metal sheet, and a convex second section with a second radius along both elongate sides that merge into the first section, wherein the first radius is larger than the second radius.

201524647

發明摘要

※ 申請案號：103131472

※ 申請日：103.9.12

※ IPC 分類：B23k 11/14 (2006.01)
B23k 11/18 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

金屬片的凸焊

Projection welding of metal sheets

【中文】

本發明係關於一第二金屬片在一第一金屬片上方之凸焊，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的一伸長突出物，其中該突出物包含一上部表面，該上部表面具有在其中間關於該第一金屬片之該主要上部表面界定該上部表面之頂高的一第一半徑之一凸出之第一區段，及具有沿著合併為該第一區段之兩個伸長側之一第二半徑之一凸出之第二區段，其中該第一半徑大於該第二半徑。

【英文】

The invention relates to projection welding of a second metal sheet above a first metal sheet, wherein the first metal sheet is of a non-ferrous metal or metal alloy having as main component aluminum or magnesium, wherein the first metal sheet comprises an elongate projection that locally extends above the main upper surface of the first metal sheet to come into contact with the main lower surface of the second metal sheet, wherein the projection comprises an upper surface having a

convex first section with a first radius that defines in its middle the top height of the upper surface with respect to the main upper surface of the first metal sheet, and a convex second section with a second radius along both elongate sides that merge into the first section, wherein the first radius is larger than the second radius.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

金屬片的凸焊

Projection welding of metal sheets

【0001】 本發明係關於金屬片之凸焊。

【0002】 例如在門之凸緣焊接在一起之汽車製造工業中，長期以來已知用於將薄的鐵片焊接於彼此上方的凸焊。中空突出物係藉由在執行焊接之前將衝頭及壓模按壓抵靠下部鐵片而在該片中形成。該等片隨後在焊接槍之兩個電焊條之間經按壓。在焊接期間，突出物逐漸地塌陷且強固的結構焊縫在突出物之位置處形成。

【0003】 特別是，在汽車工業中，針對由非含鐵金屬片，特別是鋁或鎂及其合金之片製成之零件存在增長之需求。此等輕量之零件具有相同良好之機械性質。然而，當針對鐵片之已知凸焊製程應用於此等金屬時，並未獲得強固的結構焊縫。相反地，突出物在開始形成焊縫之之前已塌陷。

【0004】 在公開之專利申請案中，已描述凸焊鋁片之先前嘗試。然而，此等初始嘗試尚未帶給成功之實施，此係由於申請人現已發現獲得強固之結構焊縫的關鍵製程參數仍並非已知的。一般而言，對凸焊鋁片之所描述發展僅為用於鐵片之製程的輕微修改，而現發現完全不同的方法對獲得良好之結果係必要的。在下文中概述在公開之專利申請案中的發展。

【0005】 以 Newcor Inc.之名義的 WO 99/03634 揭示鋁片之凸焊，其中下部片中之突出物具有圓頂的形式。突出物具有約為片厚度之四倍的高度，藉此突出物在下部片之主要上部表面上方係極薄壁的且中空的。此結

構上薄弱之突出物將導致大的初始壓印或將甚至在施加壓力之後立即塌陷，藉此初始焊接接觸區域未經界定。焊接電流直接自基本為正弦形式的習知單相 460 伏特、60 Hz 交流電網（alternating current mains）獲得，其中焊接脈衝係藉由破壞其半循環波而產生。藉由將後續的交替焊接脈衝施加至未界定的初始焊接接點上，特別是在焊接循環之開始所引入的焊接能量之量並非處於控制中或為低的，因此獲得薄弱的焊縫。

【0006】 以 Newcor Inc. 之名義的 WO 01/00363 揭示如上文所述之製程的進一步發展。環形突出物包含具有曲率之中空豎直壁。突出物限定盲開口，該開口不可避免地封閉在焊接循環期間迅速地擴張之一定空氣量。此引起源自封閉之空氣的裂紋、內含物及污染，從而導致薄弱的焊縫。

【0007】 EP 0 102 927 揭示凸焊製程，其中兩個鋁片具備在交叉方位上彼此鄰接之伸長突出物。歸因於兩個鄰接之突出物的存在，焊點將在產品之兩側上可見。此技術僅可應用於諸如所揭示之管道的低成本公用事業產品。突出物之上部表面具有曲率，其中在交叉之突出物之間的初始小焊接接點將初始焊接電流保持為低的。焊接電流在突出物之塌陷期間逐漸地增大。此暗示電流僅取決於熔融之橫截面，從而將焊接循環之控制保持為相當低。

【0008】 US 4 495 397 揭示具有環形突出物之鋁片的凸焊，其在焊縫中引起源自所封閉空氣之裂紋、內含物及污染。突出物係在衝頭與壓模之間形成，其具有彼此在一角度下的筆直之冷鍛造面。突出物具有藉由壓模所強加的良好界定之筆直的側表面，而頂部表面及其曲率留著未經界定。此係用於焊接鋼片之衝頭及壓模的直接應用，其將不適用於鋁。在焊接循環期間，施加引起 8% 之永久冷變形的第一壓力。第一壓力隨後在焊接電流已達到高峰之後立即增大。焊接電流由此藉由隨著主導參數改變壓力而受控制。此已指示焊接電流自身並非良好地處於控制下。除此以外，實務上

不可能在短的焊接循環內以此方式控制壓力，此係由於壓力係藉由機械上緩慢之系統施加。看起來壓力係在焊接循環期間改變以便以某種方式補償其他缺點。

【0009】 JP 2002-103056 揭示使用在焊縫中引起裂紋、內含物及污染之環形突出物的類似於 US 4 495 397 之焊接製程的用於鋁之凸焊製程。該焊接製程應用於厚的鋁零件，而非用於薄片。

【0010】 DE 30 24 333 揭示用於焊接鋁零件之錐形突出物，其係以與上文所述之方式相同的直接方式得自鋼片之焊接。

【0011】 DE 100 29 352 描述具有類似於如 WO 99/03634 中所揭示之突出物的突出物之鋁片的凸焊。突出物具有約為片厚度之兩倍的高度，藉此突出物在下部片之主要上部表面上方係極薄壁的且中空的。此突出物將遭受初始壓印或將甚至在施加壓力之後立即塌陷。突出物之頂部具有恆定的半徑及筆直的側表面。此形狀直接來自鋼片之凸焊。出於此等原因，此針對鋁將失效。

【0012】 在已知的技術中，待焊接之物件的任何氧化需要在焊接之前移除。就此而言，JP06-170549 揭示一製程，其中待焊接之鋁物件在焊接之前針對氧化之局部移除在環形突出物的位點處往復地移動及旋轉。然而，此不可於突出物焊縫係在相同的物件之間順序地製成時應用，此係由於較早之焊縫使物件相互地固定。

【0013】 本發明之目標為提供突出物及用於焊接至少一金屬片係非含鐵金屬片之金屬片的凸焊方法。

【發明內容】

【0014】 根據第一觀點，本發明提供一種一第一金屬片及待藉由凸焊焊接於該第一金屬片上方之一第二金屬片的集合，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該

第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的一伸長突出物，其中該突出物包含一上部表面，該上部表面具有具在其中間關於該第一金屬片之該主要上部表面界定該上部表面之頂高的一第一半徑之一凸出之第一區段、具沿著合併為該第一區段之兩個伸長側之一第二半徑之一凸出之第二區段，及沿著合併為該等第二區段及該第一金屬片之該主要上部表面的兩個伸長側之一第三區段，其中該凸出之第一區段轉為該等第二凸出區段之第一轉變界定該上部表面的一第一寬度且其中該等凸出之第二區段轉為該等第三區段之第二轉變界定該上部表面的一第二寬度，且其中該等第三區段轉為該第一金屬片之該主要上部表面的轉變界定該上部表面之一第三寬度，其中該第一半徑大於該第二半徑。

【0015】 該第二片可由鐵製成，或該第二金屬片可如同該第一片由主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金製成。在焊接期間，一電焊條在該突出物之位置處將一壓力施加至該等片上。該下部非含鐵金屬片之突出物根據本發明包含一上部表面，該上部表面具有合併至具有該第二半徑之該等凸出之第二區段中的在頂部具有一第一半徑之一凸出之第一區段，其中該第一半徑大於該第二半徑。以此方式，該突出物具有一相對廣的凸出之第一區段，此歸因於片材料之局部的彈性及塑膠凹痕而在頂部產生一逐步增長的初始接觸表面。該焊接電流將經由此初始接觸表面極好地局部地傳導，而該突出物自身可承受及抵消一壓力，在焊接期間施加該壓力以至形成一強固的結構焊縫。該突出物在焊接該等金屬片期間不會過早地塌陷。此突出物允許在無氧化之先前移除之情況下的該等片之直接焊接。

【0016】 在經量化具體實例中，第一半徑/第二半徑的比率至少為 4。

【0017】 特別是，第一半徑/第二半徑的該比率為 4 至 5。

【0018】 更特定地，第一半徑/第二半徑的該比率為 4、5。

【0019】 在另外經量化具體實例中，第一寬度/第二寬度的比率為 0.60

至 0.90。

【0020】 特別是，第一寬度/第二寬度的該比率為 0.70 至 0.80。

【0021】 更特定地，第一寬度/第二寬度的該比率為 0.75。

【0022】 在具體實例中，該第三區段為具有一第三半徑之一凹入之第三區段，其中該第三半徑等於該第二半徑。以此方式，該上部表面逐漸地合併至該第一金屬片之該主要上部表面中，藉此在焊接製程期間抵抗該突出物之過早塌陷的阻力得以改良。

【0023】 在具體實例中，該突出物在該第一金屬片之該主要上部表面上方充滿該第一金屬片之金屬。金屬在該主要上部表面上方之此部分提供材料以形成焊縫，且其改良在該焊接製程期間抵抗該突出物之過早塌陷的該阻力。

【0024】 在具體實例中，該突出物在該第一金屬片之下部主表面中包含一凹痕。此凹痕經形成以提供該突出物之該材料在該主要上部表面上方鍛造的該部分。

【0025】 在具體實例中，其中該凹痕之最深點位於該第一金屬片之該主要上部表面下方。

【0026】 在經量化具體實例中，該突出物在其上部表面與其凹痕之間具有至少 0.3 毫米之一材料厚度。

【0027】 在經量化具體實例中，該第三寬度為 1 至 4 毫米。

【0028】 特別是，該第三寬度為 1.8 毫米。

【0029】 在經量化具體實例中，該突出物在該轉變與該第一金屬片之該主要上部表面之間的長度為 2 至 12 毫米。

【0030】 特別是，該突出物在該轉變與該第一金屬片之該主要上部表面之間的該長度為 6 毫米。

【0031】 在具體實例中，該第二金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含

鐵金屬或金屬合金。

【0032】 根據第二觀點，本發明提供一種用於用一凸焊裝置藉由凸焊在一第一金屬片上方凸焊一第二金屬片之方法，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的一伸長突出物，其中該凸焊裝置包含在該突出物之位置處嚙合至該第一金屬片及該第二金屬片上以將一壓力施加至該等金屬片上且隨後將一電流饋送通過該等金屬片的一第一電焊條及一第二電焊條，其中該方法包含根據一脈衝將一焊接電流饋送通過該等電焊條，其中該脈衝串聯地包含在該電流自零上升至一最大電流之一第一時間間隔內的一第一軌跡、在該最大電流存在之一第二時間間隔內的一第二軌跡、該電流在一第三時間間隔內逐漸地減小回至零之一第三軌跡，及該焊接電流在該壓力仍被施加的同時在一第四時間間隔內保持為零之一第四軌跡。

【0033】 此方法特定地係關於一突出物焊縫係在該兩個電焊條之間製成的一雙面單焊縫組態。該第二片可由鐵製成，或該第二金屬片可如同該第一片由主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金製成。該脈衝串聯地包含該最大焊接電流存在之該第二軌跡，繼之以該焊接電流逐漸地減小回至零之該第三軌跡。此被發現對於藉由凸焊在此等金屬片中獲得一強固之結構焊縫為必要的。在該焊接期間，該突出物塑性地塌陷，此為熱鍛造製程而非熔融製程，其中該焊接電流返回至零之該逐漸減小改良熱鍛造接頭的性質。

【0034】 在具體實例中，該焊接電流係作為一個單脈衝饋送，藉此該必要量之能量在該突出物之該位置處有效地施加至該等金屬片的區域。

【0035】 在具體實例中，該焊接電流為一直流電流，其具有一高能量密度且其實現在與該突出物接觸之線處在該等金屬片的外面上破壞一氧化

層。

【0036】 在經量化具體實例中，該第一間隔最大為 10 毫秒。

【0037】 特別是，該第一間隔最大為 5 毫秒。

【0038】 更特定地，該第一間隔最大為 1 毫秒。

【0039】 藉由將該第一間隔保持為相對短的，更多的時間保留以針對以下熱鍛造製程施加最大焊接電流。

【0040】 在經量化具體實例中，該第二時間間隔為 10 至 20 毫秒，其中該突出物經熱鍛造為平坦的。

【0041】 特別是，該第二時間間隔為 15 毫秒。

【0042】 在經量化具體實例中，該第三時間間隔至少為 5 毫秒，藉此該熱鍛造接頭及藉此一強固之結構焊縫在無或有一可接受的最小量之收縮裂紋或內含物的情況下得以獲得。

【0043】 在具體實例中，其中該第三時間間隔最大為該第二時間間隔之持續時間。

【0044】 在具體實例中，該第四時間間隔至少長達該第一時間間隔、該第二時間間隔及該第三時間間隔之總和，藉此一強固之結構焊縫在無或有一可接受的最小量之收縮裂紋或內含物的情況下得以獲得。

【0045】 在經量化具體實例中，其中該第四時間間隔至少為 100 毫秒。

【0046】 特別是，該第四時間間隔至少為 300 毫秒。

【0047】 在經量化具體實例中，該壓力在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 70 至 280 牛頓。此壓力在與鐵片之凸焊相比時實質上較高。

【0048】 特別是，該壓力在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 160 牛頓。

【0049】 在經量化具體實例中，最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 2.5 至 5 千安培。此焊接電流在與鐵片之凸焊相比時實質上較高。

【0050】 特別是，該最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 4 千安培。

【0051】 在具體實例中，該第二金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金。

【0052】 根據第三觀點，本發明提供一種用於用一凸焊裝置藉由凸焊在一第一金屬片上方凸焊一第二金屬片之方法，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的多個伸長突出物，其中該凸焊裝置包含在兩個突出物之位置處同時嚙合至該第二金屬片上以將一壓力施加至該等金屬片上且隨後將一電流饋送通過該等金屬片的一第一電焊條及一第二電焊條，其中該方法包含根據一脈衝將一焊接電流饋送通過該等電焊條，其中該脈衝串聯地包含在該電流自零上升至一最大電流之一第一時間間隔內的一第一軌跡、在該最大電流存在之一第二時間間隔內的一第二軌跡、該電流在一第三時間間隔內逐漸地減小回至零之一第三軌跡，及該焊接電流在該壓力仍被施加的同時在一第四時間間隔內保持為零之一第四軌跡。

【0053】 此方法係關於一單面串聯焊縫組態，其中兩個突出物焊縫係藉由處於工件之同一側面處的該等電焊條同時製成。該第二片可由鐵製成，或該第二金屬片可如同該第一片由主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金製成。此方法與如之前所述之該雙面單焊縫組態具有相同的性質及優點，且因此在此處並未重複。

【0054】 在經量化具體實例中，在此單面串聯焊縫組態中，該第二時

間間隔為 20 至 40 毫秒。

【0055】 特別是，該第二時間間隔為 30 毫秒。

【0056】 說明書中所描述及展示之各種觀點及特徵可在無論何處可能之情況下個別地應用。此等個別觀點，特別是在所附附屬申請專利範圍中所述之觀點及特徵，可成為分割的專利申請案之標的。

【圖式簡單說明】

【0057】 本發明將以所附圖式中所示之例示性具體實例為基礎來闡釋。

圖 1A 至圖 1C 為用於在雙面單焊縫組態中根據本發明之凸焊鋁片的根據本發明之凸焊裝置的等角視圖、側視圖及細節；

圖 1D 為具有如圖 1A 中所示之突出物的下部鋁片之等角視圖；

圖 2A 至圖 2C 為用於在單面串聯焊縫組態中根據本發明之凸焊鋁片的根據本發明之凸焊裝置的等角視圖、側視圖及細節；

圖 3A 及圖 3B 展示突出物在圖 1A 至圖 1C、圖 2A 至圖 2C 之鋁片中的一者中的形成；

圖 4A 及圖 4B 展示圖 3A 及圖 3B 之突出物之形成的細節；

圖 5A 及圖 5B 展示突出物在比圖 1A 至圖 1C、圖 2A 至圖 2C 之鋁片厚的鋁片中之形成的細節；

圖 6A 及圖 6B 展示圖 1C 之鋁片中的突出物之上部面的橫截面及等角視圖；

圖 7 展示在焊接期間藉由凸焊裝置所施加之焊接電流的圖；及

圖 8A 及圖 8B 為在突出物參數及焊接參數皆在根據本發明之特定範圍內施加時及在此等參數中之一些參數分別在此等範圍外部施加時的所得焊縫之微觀橫截面。

【實施方式】

【0058】 圖 1A 至圖 1C 為用於在雙面單焊縫組態中進行焊接的根據本發明之凸焊裝置 1 的等角視圖、側視圖及細節。凸焊裝置 1 經組態以用於根據本發明之非含鐵金屬片的凸焊，特別是用於凸焊鋁或鎂及其合金之片，該等片具有其重量之至少 80%、較佳 90%的鋁或鎂作為主成份，及額外部或供給 (dotation) 之銅、錳、矽、鋅或其組合。鋁合金具有大體上指示為 1xxx、2xxx、3xxx、4xxx、5xxx、6xxx、7xxx 及 8xxx 之國際四字母代碼，其中特定實例為鋁合金 1050、1080、1200、2017、2024、3003、3004、3103、4043、5000、5005、5052、5082、5083、5086、5180、5240、5251、5356、5454、5556、6005、6060、6061、6063、6082、6111、6161、6262、7020 及 7075。鎂合金具有大體上指示為 XX yy 之代碼，其中 yy 以指示額外部分或供給之 XX 的整數指示重量的百分比，其中 A 為鋁，C 為銅，E 為稀土元素，H 為鈦，K 為鉍，L 為鋰，M 為錳，Q 為銀，S 為矽，W 為鉕且 Z 為鋅。特定實例為鎂合金 AZ 31、AZ 61、AZ 80、AZ 80、ZK 60 及 ZM 21。此等片（較佳為類型 5xxx、6xxx 及 AZ yy）可在用於製造汽車之輕量主體零件以及汽車之輕量懸掛零件（諸如，門及擋泥板）兩者的汽車工業中使用。此等零件可完全由此等片製成，但亦需要組合此等片與鐵片之汽車零件。其實例為具有鋁片車頂之鐵車身。該等片之厚度係在 0.5 毫米與 5 毫米之間，且通常約 0.8 至 2 毫米。

【0059】 在下文所述之例示性具體實例中，凸焊裝置 1 經描述為用於凸焊此等類型之非含鐵金屬片至彼此或至鐵片，其中實例係針對焊接 6xxx 系列之兩個鋁合金片而給予。

【0060】 如圖 1A 至圖 1C 中所示之凸焊裝置 1 包含承載於機械臂（其並未進一步展示）上待沿著待焊接之工件操縱的焊接單元或焊接槍 2。或者，焊接槍 2 為固定安裝的，且工件藉由機械臂相對於焊接槍 2 來操縱。作為又一替代例，焊接槍 2 為固定安裝的且工件夾持於夾具中。焊接槍 2

包含安裝於機械臂上的具有顎夾之形狀的導電框架 3，以及可相對於框架 3 移動之導電壓頭 15。框架 3 及壓頭係由銅或鋁製成。壓頭 15 包含第一固持器 16，其中可替換之第一電焊條 20 安裝為具有平坦之下部焊接表面 21。框架 3 在其下側處包含第二固持器 4，其中可替換之第二電焊條 10 安裝為具有平坦之上部焊接表面 11。第一電焊條 20 及第二電焊條 10 係由針對長的服務壽命經最佳化之銅合金製成。凸焊裝置 1 用以在兩個疊置之金屬片之間進行凸焊，其中與第一電焊條 20 之接觸表面保持為無污點的。片之此側面已在並無諸如點修補及拋光之中間處理的情況下準備用塗層修整。

【0061】 第一電焊條 20 及第二電焊條 10 係相互對準的，其中上部焊接表面 11 面對底部焊接表面 21。壓頭 15 係沿著框架 3 可滑動地導引以用於相對於框架 3 在方向 A 上線性移動。此衝程係藉由氣動驅動來提供動力。氣動動力驅動串聯地包含氣壓缸、彈簧及驅動桿 14，驅動桿 14 經由壓力感測器 17 連接至壓頭 15 而僅展示其末端。氣壓缸朝向工件向下移動驅動桿 14。當上部電焊條 20 觸碰工件時，氣壓缸將會將彈簧壓縮至預設壓力 F。經壓縮彈簧在焊接期間實現第一電焊條 20 之小位移的快速跟進。在壓頭 15 及框架 3 上，設置兩個合作的錨 25、26，其彼此嚙合以在將壓力 F 施加至工件的同時保持電焊條 10、20 對準。電焊條 10、20 可形成冷卻水電路之部分以在短循環焊接處冷卻電焊條 10、20。壓力感測器 17 監視壓力 F 及其過程以確保如下文所述之恰當的焊接製程。

【0062】 電焊條 10、20 連接至示意性地指示於圖 1B 中之電源電路 30。電源電路 30 包含輸入端 32 連接至習知電網之反相器 31，該習知電網在此實例中為三相 230/400 V、50 Hz 電網。反相器 31 經組態以將三相電網轉換為具有約 1 kHz 之高頻率的單相交流電流輸出。反相器 31 之輸出端連接至接近於電焊條 10、20 安裝於框架 3 上的變壓器 33。變壓器 33 將來自反相器 31 之高電壓高頻率交流電流變換為低電壓、高電流、同一高頻率輸

出。變壓器 33 之輸出端連接至將交流電流變換為直流電流之整流器 34。整流器 34 之兩個輸出端 35、36 與兩個電焊條 10、20 連接。反相器 31 之電壓及電流在時間上得到精確地控制，此產生具有特性的通過電焊條 10、20 之特定焊接電流，其中參數係在下文描述。應理解，「上部」及「下部」，及「第一」及「第二」為針對兩個片 50、51 之非限制性相對術語，片 50、51 中之一者具備突出物 60。片 50、51 在後續的突出物 60 之間具有恆定之厚度。片 50、51 在整個主平面之上可具有恆定的厚度，亦即，除了突出物 60 實際上存在之位點。片 50、51 在面對之外表面處可具有外氧化層。

【0063】 如圖 1A 至圖 1C 中所示，待焊接在一起之兩個鋁片 50、51 在電焊條 10、20 之間疊置定位。下部鋁片 50 亦單獨地展示於圖 1D 中。如圖 1C 及圖 1D 中所示，下部鋁片 50 包含朝向上部鋁片 51 之下部表面突出的多個突出物 60。突出物 60 係在如下文將描述之較早階段中形成於鋁片 50 中。

【0064】 圖 2A 至圖 2C 展示用於單面串行焊接之組態。在此替代性組態中，下部鋁片 51 具備捲邊部分 52，捲邊部分 52 彎曲回以封閉具備突出物 60 之所封閉鋁片 50 的邊緣。在此組態中，凸焊裝置 1 包含同時起作用之兩個焊接槍 2。焊接槍 2 各自包含第一固持器 16 中之電焊條 10、20，且非導電插腳 12 安裝於第二固持器 4 中。或者，第二固持器 4 係藉由在焊接期間將片 50、51 固持為相互定位的用於工件之支撐構架來替換。整流器 34 之兩個輸出端 35、36 與兩個電焊條 10、20 連接。如圖 2A 至圖 2C 中所示之凸焊裝置 1 的組態亦可用於如圖 1A 至圖 1C 中所示之工件的單面串行焊接。

【0065】 針對所有組態，該（等）上部固持器 16 中之該（等）電焊條（10）20 被使得在方向 A 上向下以鄰接上部鋁片 51 或在突出物 60 之位置處的捲邊部分 52。在焊接製程期間，特定壓力 F 及根據在時間上之特定

特性的焊接電流得以施加，藉此突出物 60 完全塌陷且藉由熱鍛造而變為具有如下文將描述之最佳材料性質的強固之結構焊縫。在焊接之後，上部片 51 之下部表面或捲邊部分 52 與圍繞塌陷之突出物 60 的表面緊密鄰接。針對所有組態，針對每一焊點存在在片 50、51 之間形成焊縫的僅一個突出物 60。換言之，在突出物 60 之整個長度的正上方，上部鋁片 51 面對突出物 60 之下部表面係筆直的且平行於上部鋁片 51 之主平面而延伸。在根據圖 1A 至圖 1C 之第一組態中，焊接電流主要通過限定於電焊條 10、20 之間的突出物 60。在根據圖 2A 至圖 2C 之第二組態中，焊接電流經由上部片 50 通過串聯之兩個突出物 60，而且大部分之電流直接通過與其平行之捲邊部分 52。此係在電流特性方面得到補償，如下文所述。

【0066】 在所有組態中，工件具有包含散佈式結構焊縫的具有寬度 B 之凸緣，其中在此項技術中需要將凸緣之寬度 B 保持為儘可能小的。凸焊裝置 1 在所有組態中經調適以焊接具有寬度 4 至 10 毫米，較佳 6 至 8 毫米之凸緣。

【0067】 突出物 60 係藉由在第一成型塊 80 與硬化鋼之第二成型塊 90（如圖 3A 及圖 3B 中所示）之間按壓鋁片 50 在較早階段中形成。第一成型塊 80 包含具有伸長凹坑 82 之平坦的底部表面 81。第二成型塊 90 包含平坦之頂部表面 91 及突出之衝頭 92，衝頭 92 具有筆直的三角形橫截面及與凹坑 82 對準的尖的但圓化之頂部邊緣。在此項技術中，有時，整個第一成型塊 80 被稱為「壓模」且整個第二成型塊 90 被稱為「衝頭」。在形成突出物 60 時，鋁片 50 抵靠第一成型塊 80 之平坦的底部表面 81 而定位，且第二成型塊 90 在方向 K 上移動且經按壓抵靠鋁片 50，直至平坦之頂部表面 91 與鋁片 50 的底部表面緊密鄰接為止。在此形成衝程處，衝頭 92 穿透鋁片 50 且局部地塑性變形或冷鍛造材料以完全填滿凹坑 82 內部之空間，藉此突出物 60 之上部表面的形狀與凹坑 82 的內表面完全互補。在此項技術中，突

出物 60 之上部表面因此有時被稱為「凹坑」。在穿透期間及之後的情形詳細地展示於圖 4A 及圖 5A 中。

【0068】 圖 5A 及圖 5B 展示根據本發明之突出物 60 在具有不同（在此實例中較高）的厚度之鋁片 50a 中的形成。在形成突出物 60 時，具有同一凹坑 82 之同一第一成型塊 80 得以使用，同時替代性第二成型塊 90a 得以使用，第二成型塊 90a 具有同一上部表面 91 及替代性衝頭 92a，衝頭 92a 具有筆直的三角形橫截面及尖的但圓化之頂部邊緣。與用於較薄之鋁片的衝頭 90 相比，衝頭 90a 較高且基底較廣。在該形成衝程處，衝頭 92a 穿透鋁片 50 且使材料局部地塑性變形以完全填充凹坑 82 內部之空間，藉此突出物 60 之上部表面的形狀與凹坑 82 的內表面再次互補。

【0069】 凹坑 82 針對所有片厚度具有同一特定幾何結構，該幾何結構互補地傳送至如所形成之突出物 60 的上部表面。突出物 60 之幾何參數詳細地展示於圖 6A 及圖 6B 中。如圖 6B 中所示，伸長突出物在其縱向方向上實質上為筆直的或直線的。如圖 6A 中亦展示，突出物 60 具有在鋁片 50 之主要上部表面 53 上方延伸的上部表面 61。上部表面 61 包含：伸長之稜柱形中間部分 62，其中恆定的橫截面展示於圖 6A 中；及兩個末端部分 63，其中中間部分 62 之末端對稱地合併至鋁片 50 的主要上部表面 53 中。

【0070】 如圖 6A 中所示，上部表面 61 之中間部分 62 包含凸出之第一區段 65，第一區段 65 具有並非無限之第一半徑 $R1$ 。凸出之第一區段 65 在其中間關於鋁片 50 之主要上部表面 53 界定上部表面 61 的頂高 $H1$ 。針對所有片厚度，頂高係在 0.35 毫米與 0.55 毫米之間，較佳地約 0.45 毫米。凸出之第一區段 65 在兩側對稱地合併至具有較小之第二半徑 $R2$ 的凸出之第二區段 64 中。自第一凸出區段 65 轉為第二凸出區段 64 之此等第一轉變 $T1$ 係平滑的。就數學而言，合併區段 64、65 之切線在第一轉變 $T1$ 處重合。凹入之第一區段 65 在第一轉變 $T1$ 之間具有第一寬度 $W1$ 。

【0071】 凸出之第二區段 64 對稱地合併至具有第三半徑 R_3 的凹入之第三區段 63 中。自凸出之第二區段 65 轉為凹入之第三區段 64 的此等第二轉變 T_2 係平滑的。就數學而言，合併區段 64、65 之切線在第二轉變 T_2 處重合且改變其方向。凸出之第一區段 65 及凸出之第二區段 64 在第二轉變 T_2 之間具有總的第二寬度 W_2 。凹入之第三區段 63 對稱地合併至鋁片 50 之主要上部表面 53 中。自凹入之第三區段 63 轉為筆直的主要上部表面 53 之此等第三轉變 T_3 係平滑的。就數學而言，合併區段 63 及筆直的主要上部表面之切線在第三轉變 T_3 處重合。上部表面 61 在第三轉變 T_3 之間具有總的第三寬度 W_3 ，第三寬度 W_3 為突出物 60 在鋁片 50 之主要上部表面 53 上方的總寬度。

【0072】 上述轉變 T_1 、 T_2 、 T_3 為如圖 6A 中所示之橫截面中的假想點及平行於鋁片 50 之主要上部表面 53 而延伸的假想線。第三轉變 T_3 沿著突出物 60 之長側形成上部表面 61 的基線。兩個末端部分 63 在縱向截面中具有且自中間部分 62 截取與中間部分 62 之橫截面相同的外輪廓。突出物 60 之上部表面 61 具有總的長度 L_1 。如圖 6A 中所示，突出物 60 具有在上部表面 61 與凹痕 66 之表面之間截取的最小材料厚度 Q 。突出物 60 在片材料中形成局部窄化。

【0073】 針對上述幾何參數，特定的值及比率適用：

【0074】 第一半徑 R_1 /第二半徑 R_2 的比率至少為 4。較佳地，第一半徑 R_1 /第二半徑 R_2 的比率為 4 至 5。更佳地，第一半徑 R_1 /第二半徑 R_2 的比率為約 4.5。第一寬度 W_1 /第二寬度 W_2 的比率係在 0.60 與 0.90 之間。較佳地，第一寬度 W_1 /第二寬度 W_2 的比率為約 0.70 及 0.80。更佳地，第一寬度 W_1 /第二寬度 W_2 的比率為約 0.75。幾何參數之此等比率產生在頂部具有相對廣的凸出之第一區段 65 但在其中間仍具有最大高度 H_1 的上部表面 61，此形成與鋁片 51 之下部表面或待焊接至具有突出物 60 之片 50 的捲邊

部分 52 接觸的初始線，且因此形成用於初始焊接電流的通路。業已，當施加壓力 F 時，廣的凸出之第一區段 65 歸因於冷材料之局部的彈性及塑膠凹痕而在頂部產生逐步增長的初始接觸表面。焊接電流將僅經由此接觸表面極好地局部傳導。

【0075】 第三寬度 $W3$ 係在 1 毫米與 4 毫米之間。較佳地，第三寬度 $W3$ 為約 1.8 毫米。長度 $L1$ 係在 2 毫米與 12 毫米之間。較佳地，長度 $L1$ 為 6 毫米。

【0076】 最小材料厚度 Q 大於 0.3 毫米。較佳地，最小材料厚度 Q 大於 0.45 毫米。此已適用於 0.8 至 1 毫米之片厚度。藉由衝頭 92 留下之凹痕 66 的頂部 67 始終位於鋁片 50 之主要上部表面 53 下方，其係藉由圖 4B 及圖 5B 中之假想線 C 指示，藉此突出物 60 在鋁片 50 之主要上部表面上方延伸的部分充滿金屬。藉此獲得之最小材料厚度確保突出物 60 承受冷材料之初始局部凹痕。當電焊條 10、20 被使得與工件接觸時，第二固持器 16 關於第一固持器 4 之壓力 F 在時間上經監視以核實突出物 60 的結構完整性。當壓力 F 及其在時間上之過程並非處於規定之極限內時，結論為突出物 60 不可用於無污點焊接。焊接電流接著並未施加。此可因為突出物 60 已塌陷或突出物根本不存在。

【0077】 圖 7 展示在焊接期間饋送通過凸焊裝置 1 之電焊條 10、20 的焊接電流之圖式。焊接電流係在時間 t 作為具有針對焊接電流 I 之特定參數的單極直流電流之一個單脈衝或連續脈衝來施加。當前脈衝係在恆定的壓力 F 經施加之後開始且突出物 60 之結構完整性已得以證實。在最初施加恆定的壓力 F 之時刻，頂高歸因於冷材料之局部的彈性及塑膠凹痕的減小限於 2%。此係藉由突出物 60 之特定成型特徵獲得，特別是所應用之第一半徑 $R1$ 及第二半徑 $R2$ 以及其間的比率，且此係由於突出物 60 在第一鋁片 50 之主要上部表面 53 上方係固體的。歸因於在所施加壓力 F 下抵抗凹痕之

極佳的阻力，在接觸表面之間的任何氧化得以消除。因此，如此項技術中已知的氧化之移除的先前步驟並非必要的。

【0078】 當前脈衝串聯地包含焊接電流（安培）在時間間隔 t_1 內自 0 安培迅速地增大至最大電流 I_{max} 之第一軌跡 P1、焊接電流在第二時間間隔 t_2 內實質上恆定或恆定之第二軌跡 P2、焊接電流在時間間隔 t_3 內自最大電流 I_{max} 成比例地減小（根據圖式中具有線性尺度之直線）至 0 安培的第三軌跡 P3。此後立即接著焊接電流在剩餘的時間間隔 t_4 內保持處於 0 安培之第四軌跡 P4，同時壓力 F 仍藉由電焊條 10、20 施加。在此第四軌跡 P4 之後，電焊條 10、20 縮回且位於下一焊接位置上。針對上述脈衝參數，特定的值及比率適用。

【0079】 第一軌跡 P1 具有極短的上升時間或最大 10 毫秒之第一時間間隔 t_1 。較佳地，第一時間間隔 t_1 最大為 5 毫秒。更佳地，第一時間間隔 t_1 最大為 1 毫秒。

【0080】 針對雙面單焊縫組態，具有恆定電流之第二軌跡 P2 具有在 10 毫秒與 20 毫秒之間的第二時間間隔 t_2 。較佳地，第二時間間隔 t_2 為約 15 毫秒。針對如參看圖 2A 至圖 2C 所述之單面串聯焊縫組態，具有恆定電流之第二軌跡 P2 具有在 20 毫秒與 40 毫秒之間的第二時間間隔 t_2 。較佳地，第二時間間隔 t_2 為約 30 毫秒。

【0081】 具有成比例減小之第三軌跡 P3 具有至少 5 毫秒的第三時間間隔 t_3 。較佳地，第三時間間隔 t_3 最大等於第二時間間隔 t_2 。

【0082】 第一軌跡 P1 及第三軌跡 P3 形成非對稱梯形，其中第一時間間隔 t_1 短於第三時間間隔 t_3 。較佳地，第一時間間隔 t_1 短於第三時間間隔 t_3 之一半。

【0083】 第四軌跡 P4 具有至少與電流已經饋送之第一時間間隔 t_1 、第二時間間隔 t_2 及第三時間間隔 t_3 的總和一樣長的第四時間間隔 t_4 。較佳

地，第四時間間隔 t_4 至少為 100 毫秒。更佳地，第四時間間隔 t_4 為約 300 毫秒。

【0084】 此等特定脈衝參數確保，在最後，具有極佳的材料性質之結構焊縫在突出物 60 的較早位置處獲得。突出物 60 自身使得焊接電流在突出物 60 之位置處通過，且並不通過具有突出物 60 之片 50 的鄰近區域。第一軌跡 P1 之相對短的初始第一時間間隔 t_1 確保第二時間間隔 t_2 之長度可在全部的焊接電流經饋送之第一時間間隔 t_1 、第二時間間隔 t_2 及第三時間間隔 t_3 內最佳化，且因此電能饋送至焊縫。此短的第一持續時間 t_1 係在壓力 F 經施加之後在廣的凸出之第一區段 65 處藉由相對大的初始接觸表面確保，該相對大的初始接觸表面形成主表面以傳導焊接電流。第一軌跡 P1 中之焊接電流的急劇上升係藉由電焊條 10、20 之間約 25 伏至 40 伏之相對高的焊接電壓及如下文所指定之相對高的壓力 F 引起。與在與如此項技術中已知的兩個鐵片之凸焊比較時相比，焊接電壓、焊接電流及壓力係較高的。在第一持續時間 t_1 之末尾，經加熱之突出物 60 的塑膠塌陷開始。塌陷係藉由在第二軌跡 P2 之上所施加的電焊接能量引起。在第二軌跡 P2 之末尾，突出物 60 完全塌陷，且第二鋁片 51 之下部表面完全鄰接第一鋁片 50 的上部表面 53。經加熱之突出物 60 的塌陷在電焊接能量連續地饋送至焊縫之一單一連續衝程中發生。突出物 60 之逐漸塌陷並非熔融製程而是突出物 60 維持足夠的強度以抵消其強加之塌陷的良好控制之熱鍛造製程，藉此材料焊接在一起。在下一第三軌跡 P3 期間，電流成比例地減小，藉此饋送至焊縫之能量的量亦逐漸地減小以改良熱鍛造接頭。

【0085】 在第四軌跡 P4 期間，不再饋送有電焊接能量，同時電焊條 10、20 使焊縫冷卻且繼續施加壓力 F 。在第四軌跡 P4 中，焊接能量在第四時間間隔 t_4 內以加速的但受控制之方式撤回，第四時間間隔 t_4 約為與電焊接電流之前經施加之持續時間相同的持續時間。以此方式，具有高品質之

結構焊縫係在具有最小收縮缺陷之情況下獲得。

【0086】 針對在基底處具有 6 毫米之長度 L_1 及 1.8 毫米之寬度 W_3 的較佳突出物 60 之焊接電流係處於在 30 kA 與 50 kA 之間且較佳地約 40 kA 的絕對值。基底之大小在鋁片 50 之主要上部表面 53 的平面中界定突出物 60 之上部表面 61 的突出區域。當與突出區域相關時，焊接電流係在 2.5 kA/mm^2 與 5 kA/mm^2 之間，較佳地約 4 kA/mm^2 之突出區域。第二軌跡 P2 在串聯焊縫組態中在與單焊縫組態相比時長度約為兩倍，以允許同一量之能量引入至突出物 60。

【0087】 針對在基底處具有 6 毫米之長度 L_1 及 1.8 毫米之寬度 W_3 的較佳突出物 60 之壓力 F 係處於在 800 N 與 3000 N 之間且較佳地約 1750 N 的絕對值。當與突出區域相關時，壓力 F 係在 70 N 與 280 N 之間，較佳地約 160 N/mm^2 之突出區域。所施加壓力 F 在焊接循環期間（亦即，在第一軌跡 P1、第二軌跡 P2、第三軌跡 P3 及第四軌跡 P4 內或期間）係恆定的或實質上恆定的。

【0088】 圖 8A 為在焊接參數係在如之前所述之範圍內施加時的結構焊縫之微觀視圖。該焊縫係無裂紋的，且展示為黑點 101 之內含物及孔隙之量係最小的。此係具有高結構完整性之焊縫。此焊縫甚至強於鋁片 50、51 自身之材料。

【0089】 圖 8B 為在焊接參數中之一些參數係在如之前所述之範圍外部施加時的焊縫之微觀視圖。特別是，在此實例中，第二持續時間 t_2 及第三持續時間 t_3 已被選擇為遠在指定範圍外部。結果，材料之完整性已改變，其中焊縫包含展示為黑線 100 之散佈式伸長收縮裂紋，及展示為黑點 101 的眾多内含物及孔隙。裂紋及内含物已導致不可承受如工業中所要求之機械負載的弱焊縫。

【0090】 應理解，以上描述被包括以說明較佳具體實例之操作且並不

意謂限制本發明之範疇。自以上論述，迄今藉由本發明之精神及範疇所包含的許多變化將對於熟習此項技術者顯而易見。

【符號說明】

【0091】

申請專利範圍

1. 一種一第一金屬片及待藉由凸焊焊接於該第一金屬片上方之一第二金屬片的集合，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的一伸長突出物，其中該突出物包含一上部表面，該上部表面具有在其中間關於該第一金屬片之該主要上部表面界定該上部表面之頂高的一第一半徑之一凸出之第一區段，具有沿著合併為該第一區段之兩個伸長側之一第二半徑之一凸出之第二區段，及沿著合併為該等第二區段及該第一金屬片之該主要上部表面的兩個伸長側之一第三區段，其中該凸出之第一區段轉為該等第二凸出區段之第一轉變界定該上部表面的一第一寬度且其中該等凸出之第二區段轉為該等第三區段之第二轉變界定該上部表面的一第二寬度，且其中該等第三區段轉為該第一金屬片之該主要上部表面的轉變界定該上部表面之一第三寬度，其中該第一半徑大於該第二半徑。
2. 如申請專利範圍第 1 項之集合，其中第一半徑/第二半徑的比率至少為 4。
3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之集合，其中第一半徑/第二半徑的該比率為 4 至 5。
4. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中第一半徑/第二半徑的該比率為 4、5。
5. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中第一寬度/第二寬度的比率為 0.60 至 0.90。
6. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中第一寬度/第二寬度的該比率為 0.70 至 0.80。

7. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中第一寬度/第二寬度的該比率為 0.75。
8. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中該第三區段為具有一第三半徑之一凹入之第三區段，其中該第三半徑等於該第二半徑。
9. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中該突出物在該第一金屬片之該主要上部表面上方充滿該第一金屬片之金屬。
10. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中該突出物在該第一金屬片之下部主表面中包含一凹痕。
11. 如申請專利範圍第 10 項之集合，其中該凹痕之最深點位於該第一金屬片之該主要上部表面下方。
12. 如申請專利範圍第 10 項或第 11 項之集合，其中該突出物在其上部表面與其凹痕之間具有至少 0.3 毫米之一材料厚度。
13. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中該第三寬度為 1 至 4 毫米。
14. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中該第三寬度為 1.8 毫米。
15. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中該突出物在該轉變與該第一金屬片之該主要上部表面之間的長度為 2 至 12 毫米。
16. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中該突出物在該轉變與該第一金屬片之該主要上部表面之間的該長度為 6 毫米。
17. 如前述申請專利範圍中任一項之集合，其中該第二金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金。
18. 一種用於用一凸焊裝置藉由凸焊在一第一金屬片上方凸焊一第二金屬片之方法，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的一伸長突出物，其中該凸焊裝置包含在該突出物之位置處嚙合至該第一金屬片及

該第二金屬片上以將一壓力施加至該等金屬片上且隨後將一電流饋送通過該等金屬片的一第一電焊條及一第二電焊條，其中該方法包含根據一脈衝將一焊接電流饋送通過該等電焊條，其中該脈衝串聯地包含在該電流自零上升至一最大電流之一第一時間間隔內的一第一軌跡，在該最大電流存在之一第二時間間隔內的一第二軌跡，該電流在一第三時間間隔內逐漸地減小回至零之一第三軌跡，及該焊接電流在該壓力仍被施加的同時在一第四時間間隔內保持為零之一第四軌跡。

19. 如申請專利範圍第 18 項之方法，其中將該焊接電流作為一個單脈衝來饋送。
20. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該焊接電流為一直流電流。
21. 如申請專利範圍第 18 項至第 20 項中任一項之方法，其中該第一時間間隔短於該第三時間間隔，較佳地短於該第三時間間隔之一半。
22. 如申請專利範圍第 18 項至第 21 項中任一項之方法，其中該第一間隔最大為 10 毫秒，其中該第一間隔較佳地最大為 5 毫秒。
23. 如申請專利範圍第 18 項至第 22 項中任一項之方法，其中該第一間隔最大為 1 毫秒。
24. 如申請專利範圍第 18 項至第 23 項中任一項之方法，其中該第二時間間隔為 10 至 20 毫秒。
25. 如申請專利範圍第 18 項至第 24 項中任一項之方法，其中該第二時間間隔為 15 毫秒。
26. 如申請專利範圍第 18 項至第 25 項中任一項之方法，其中該第三時間間隔至少為 5 毫秒。
27. 如申請專利範圍第 18 項至第 26 項中任一項之方法，其中該第三時間間隔最大為該第二時間間隔之持續時間。

28. 如申請專利範圍第 18 項至第 27 項中任一項之方法，其中該第四時間間隔至少長達該第一時間間隔、該第二時間間隔及該第三時間間隔之總和。
29. 如申請專利範圍第 18 項至第 28 項中任一項之方法，其中該第四時間間隔至少為 100 毫秒。
30. 如申請專利範圍第 18 項至第 29 項中任一項之方法，其中該第四時間間隔至少為 300 毫秒。
31. 如申請專利範圍第 18 項至第 30 項中任一項之方法，其中該壓力在垂直於該第一金屬片之該主要表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 70 至 280 牛頓。
32. 如申請專利範圍第 18 項至第 31 項中任一項之方法，其中該壓力在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 160 牛頓。
33. 如申請專利範圍第 18 項至第 32 項中任一項之方法，其中最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為每平方毫米之該突出物 2.5 至 5 千安培。
34. 如申請專利範圍第 18 項至第 33 項中任一項之方法，其中該最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為每平方毫米之該突出物 4 千安培。
35. 如申請專利範圍第 18 項至第 34 項中任一項之方法，其中該第二金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金。
36. 一種用於用一凸焊裝置藉由凸焊在一第一金屬片上方凸焊一第二金屬片之方法，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的多個伸長突出

物，其中該凸焊裝置包含在兩個突出物之位置處同時嚙合至該第二金屬片上以將一壓力施加至該等金屬片上且隨後將一電流饋送通過該等金屬片的一第一電焊條及一第二電焊條，其中該方法包含根據一脈衝將一焊接電流饋送通過該等電焊條，其中該脈衝串聯地包含在該電流自零上升至一最大電流之一第一時間間隔內的一第一軌跡、在該最大電流存在之一第二時間間隔內的一第二軌跡、該電流在一第三時間間隔內逐漸地減小回至零之一第三軌跡，及該焊接電流在該壓力仍被施加的同時在一第四時間間隔內保持為零之一第四軌跡。

37. 如申請專利範圍第 36 項之方法，其中將該焊接電流作為一個單脈衝饋送。
38. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該焊接電流為一直流電流。
39. 如申請專利範圍第 36 項至第 38 項中任一項之方法，其中該第一時間間隔短於該第三時間間隔，較佳地短於該第三時間間隔之一半。
40. 如申請專利範圍第 36 項至第 39 項中任一項之方法，其中該第一間隔最大為 10 毫秒，其中該第一間隔較佳地最大為 5 毫秒。
41. 如申請專利範圍第 36 項至第 40 項中任一項之方法，其中該第一間隔最大為 1 毫秒。
42. 如申請專利範圍第 36 項至第 41 項中任一項之方法，其中該第二時間間隔為 20 至 40 毫秒。
43. 如申請專利範圍第 36 項至第 42 項中任一項之方法，其中該第二時間間隔為 30 毫秒。
44. 如申請專利範圍第 36 項至第 43 項中任一項之方法，其中該第三時間間隔至少為 5 毫秒。
45. 如申請專利範圍第 36 項至第 44 項中任一項之方法，其中該第三時間

間隔最大為該第二時間間隔之持續時間。

46. 如申請專利範圍第 36 項至第 45 項中任一項之方法，其中該第四時間間隔至少長達該第一時間間隔、該第二時間間隔及該第三時間間隔之總和。
47. 如申請專利範圍第 36 項至第 46 項中任一項之方法，其中該第四時間間隔至少為 100 毫秒。
48. 如申請專利範圍第 36 項至第 47 項中任一項之方法，其中該第四時間間隔至少為 300 毫秒。
49. 如申請專利範圍第 36 項至第 48 項中任一項之方法，其中該壓力在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 70 至 280 牛頓。
50. 如申請專利範圍第 36 項至第 49 項中任一項之方法，其中該壓力在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 160 牛頓。
51. 如申請專利範圍第 36 項至第 50 項中任一項之方法，其中最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 2.5 至 5 千安培。
52. 如申請專利範圍第 36 項至第 51 項中任一項之方法，其中該最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 4 千安培。
53. 如申請專利範圍第 36 項至第 52 項中任一項之方法，其中該第二金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金。

圖式

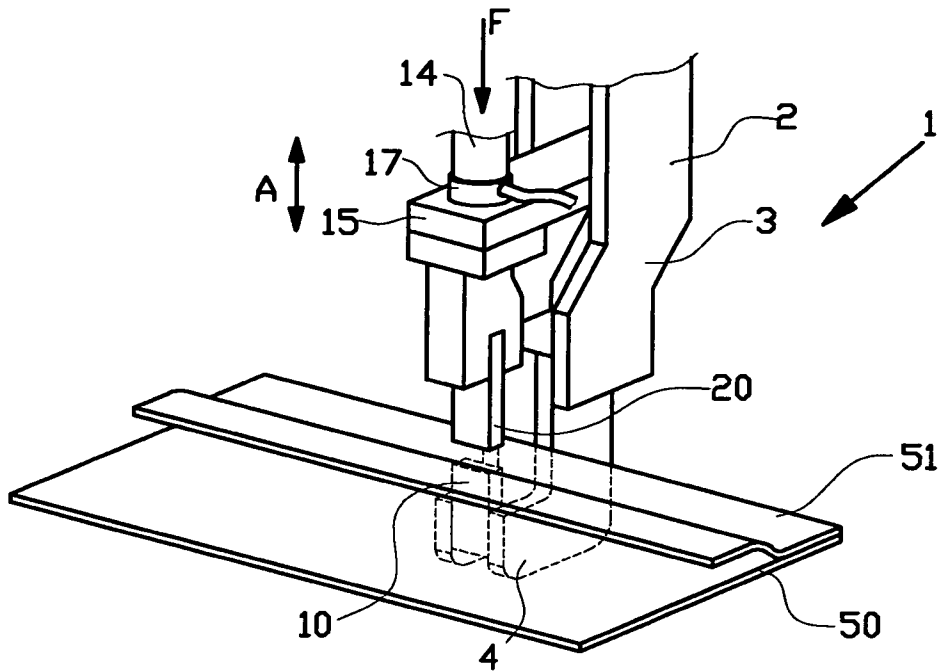


圖1A

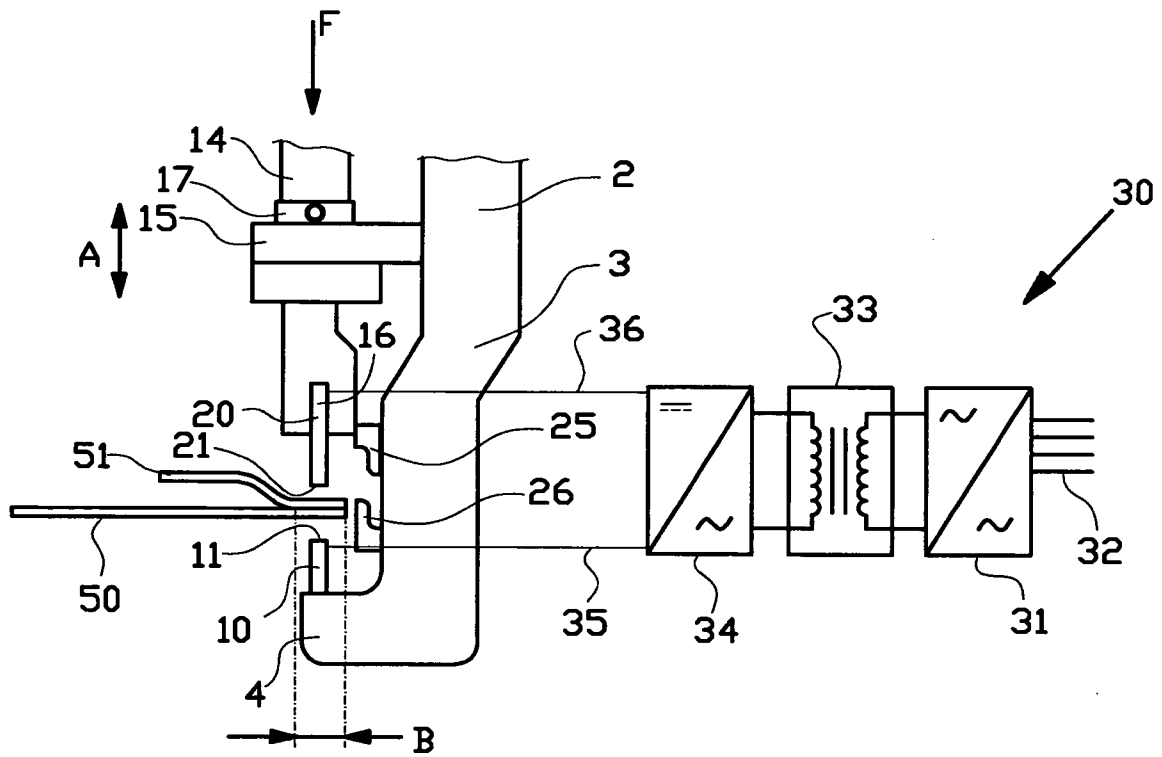


圖1B

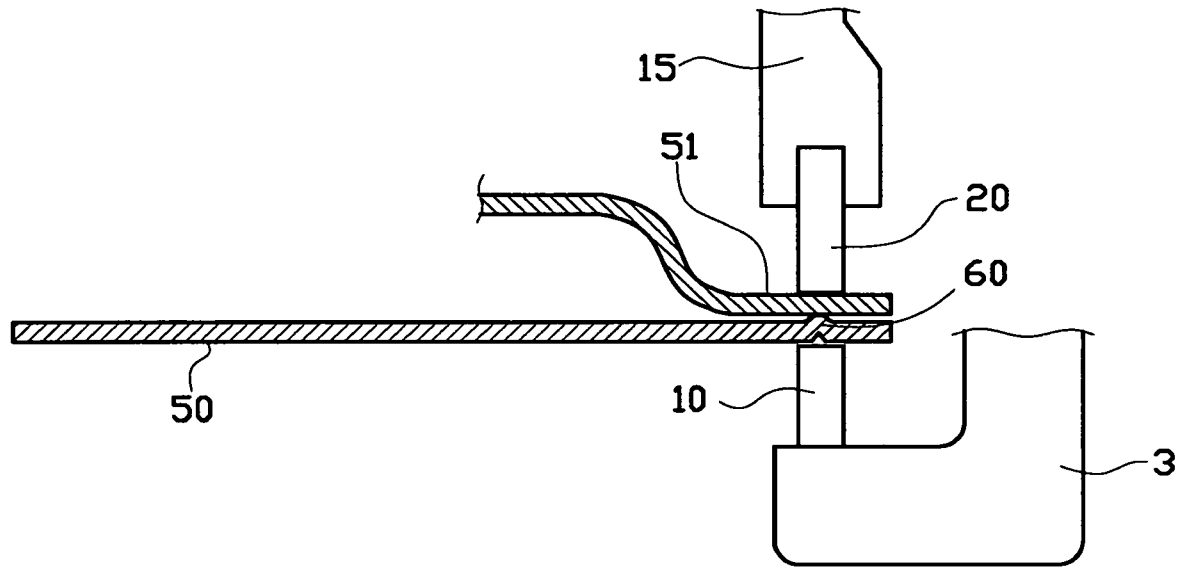


圖1C

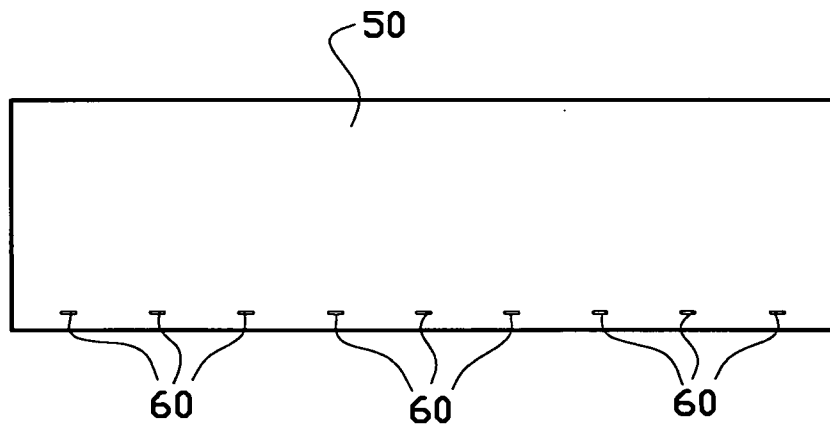


圖1D

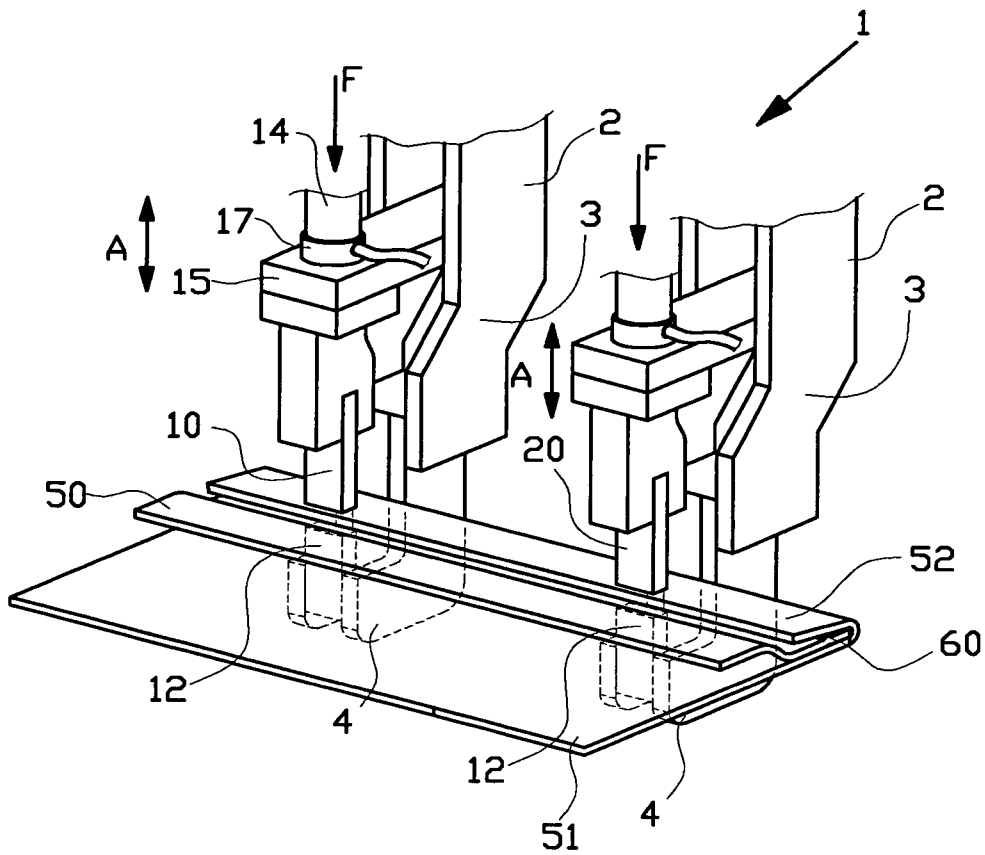


圖2A

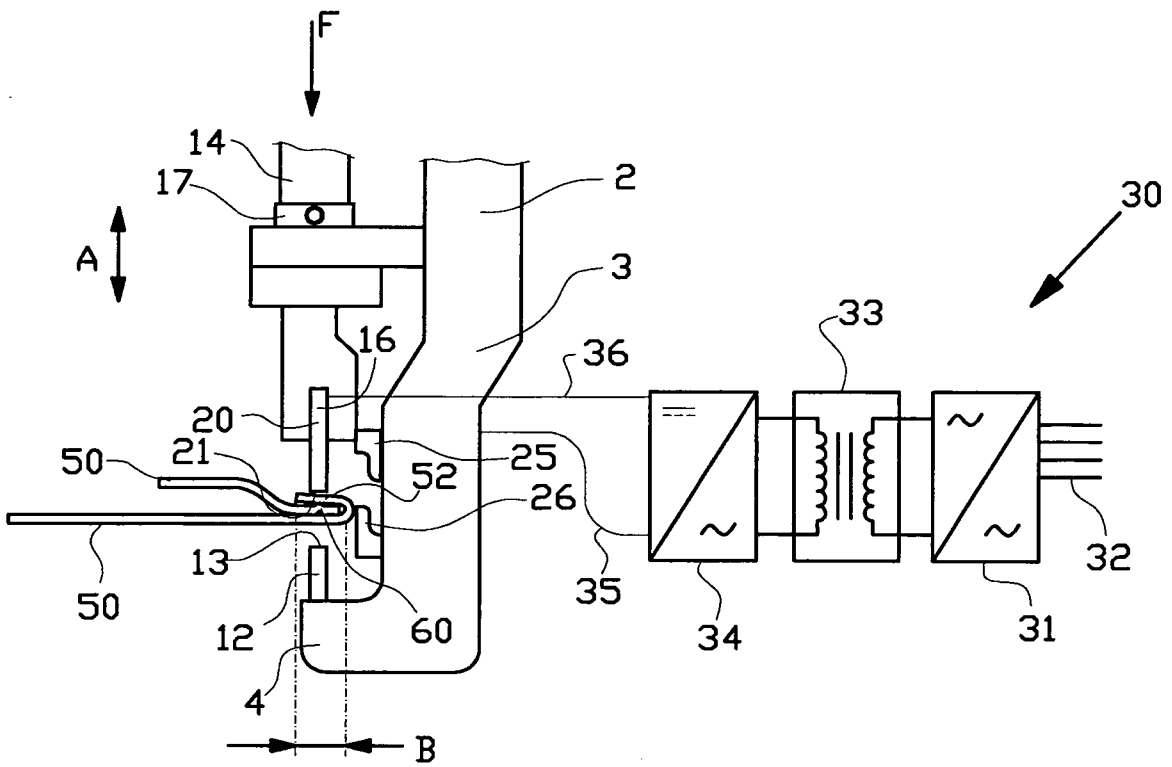


圖2B

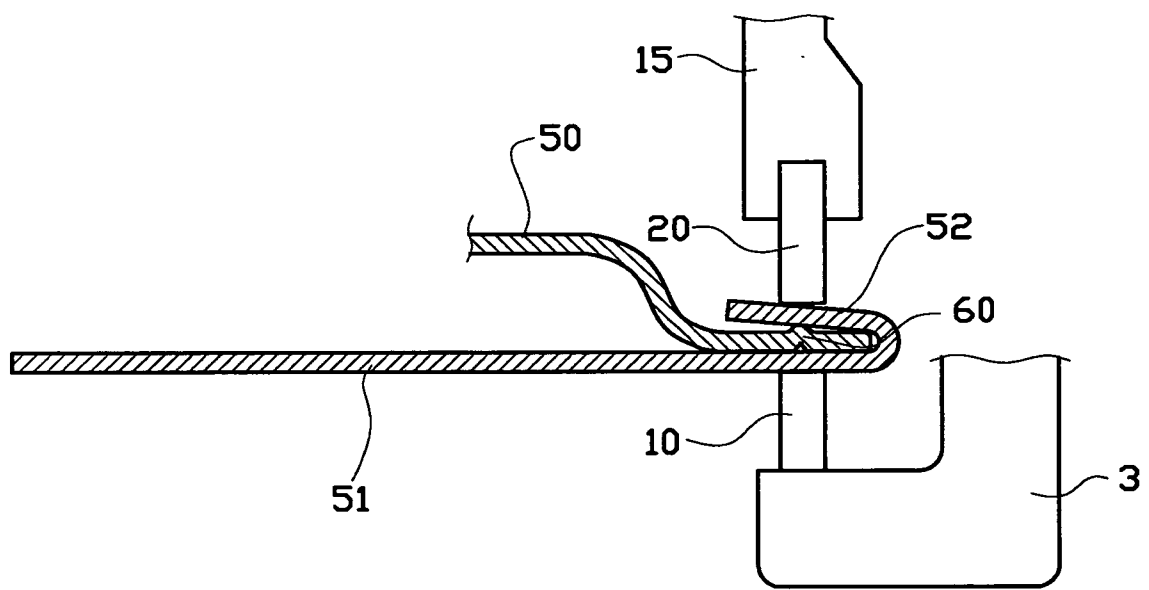


圖2C

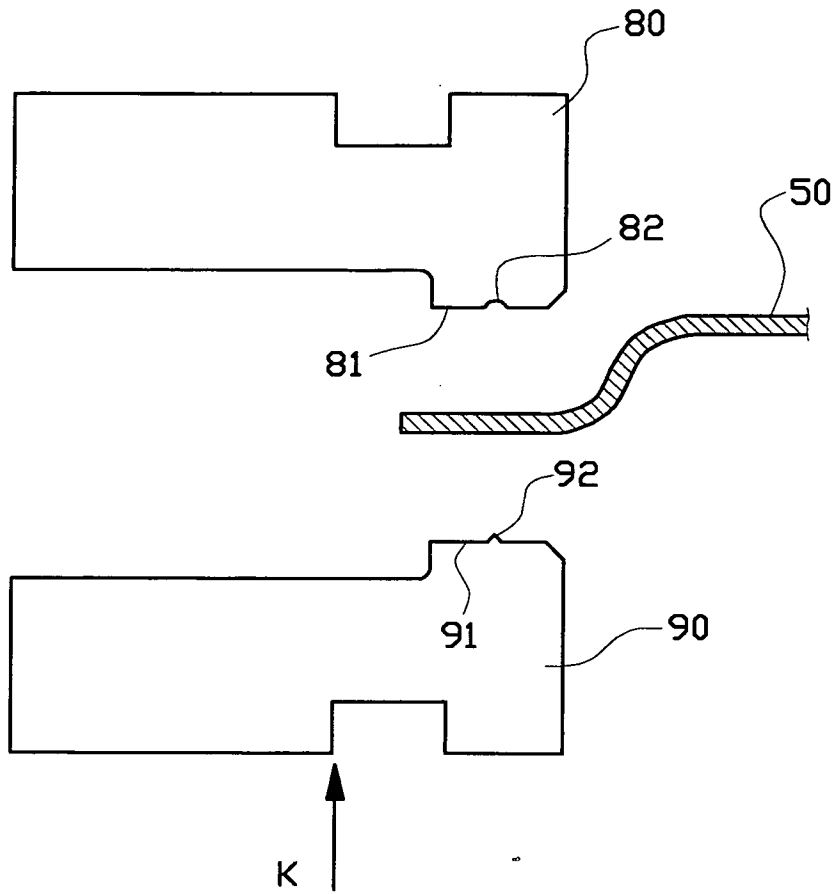


圖3A

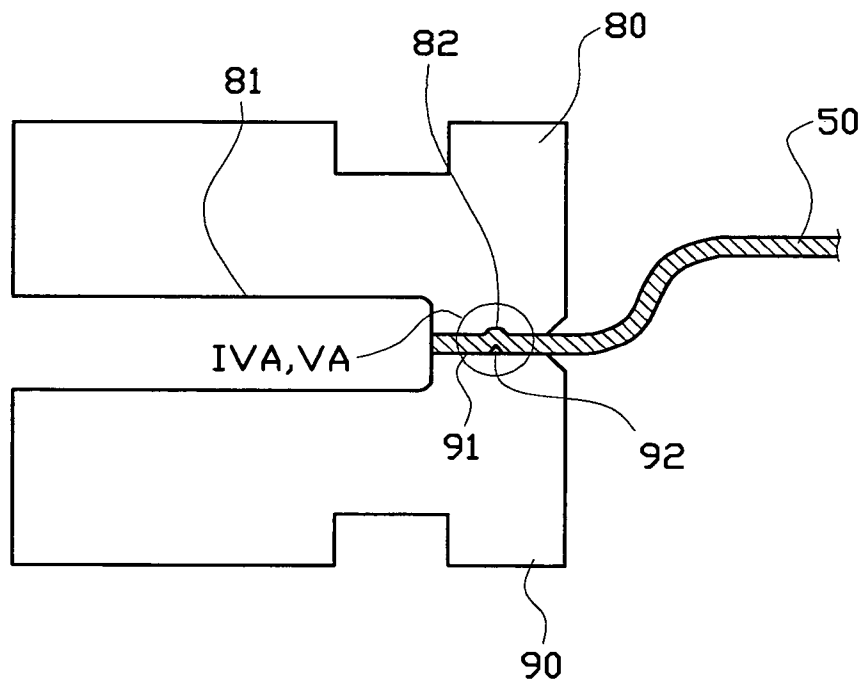


圖3B

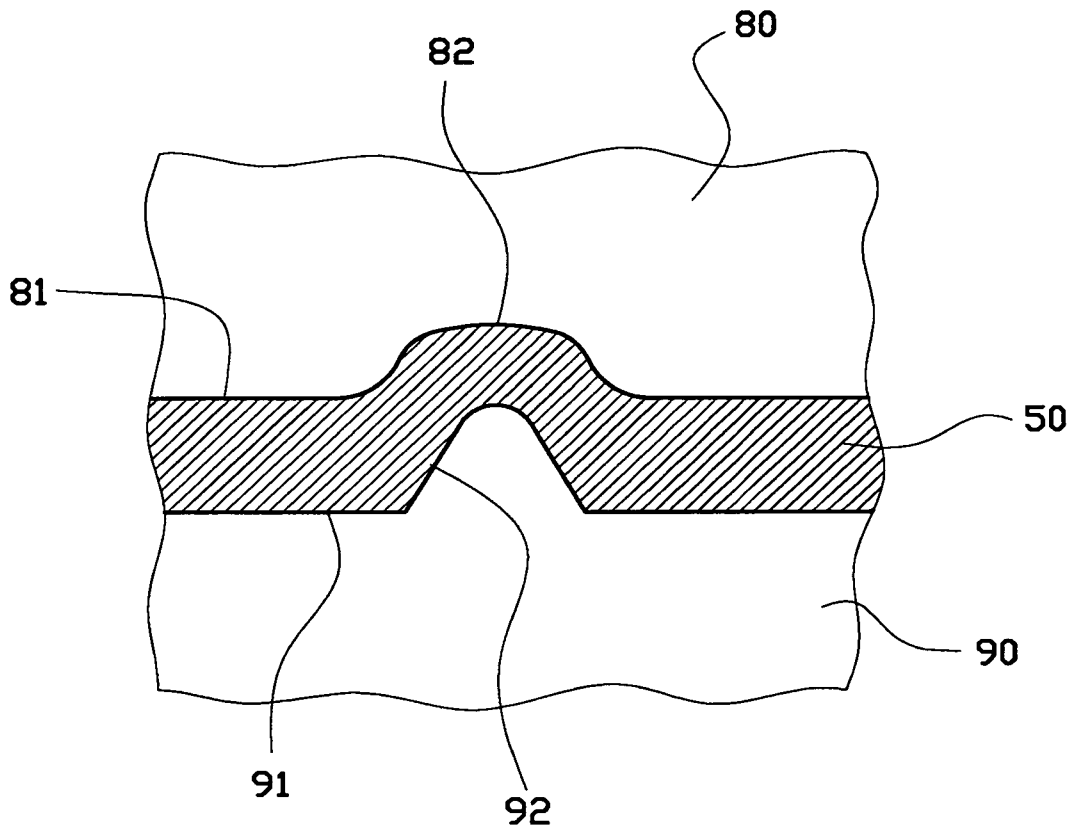


圖4A

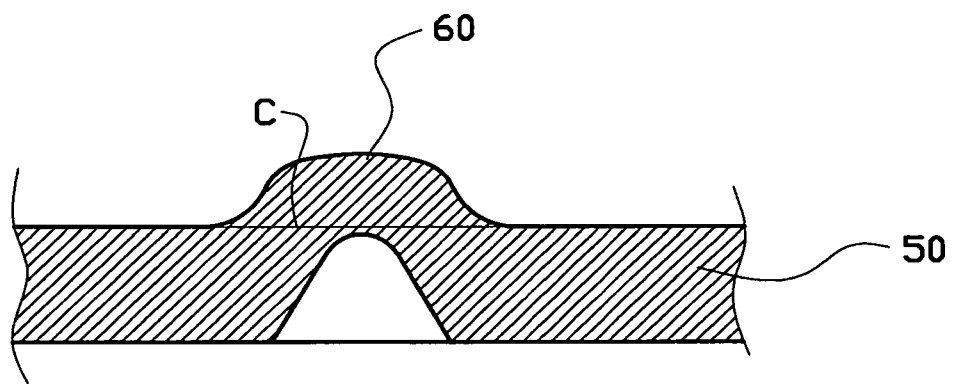


圖4B

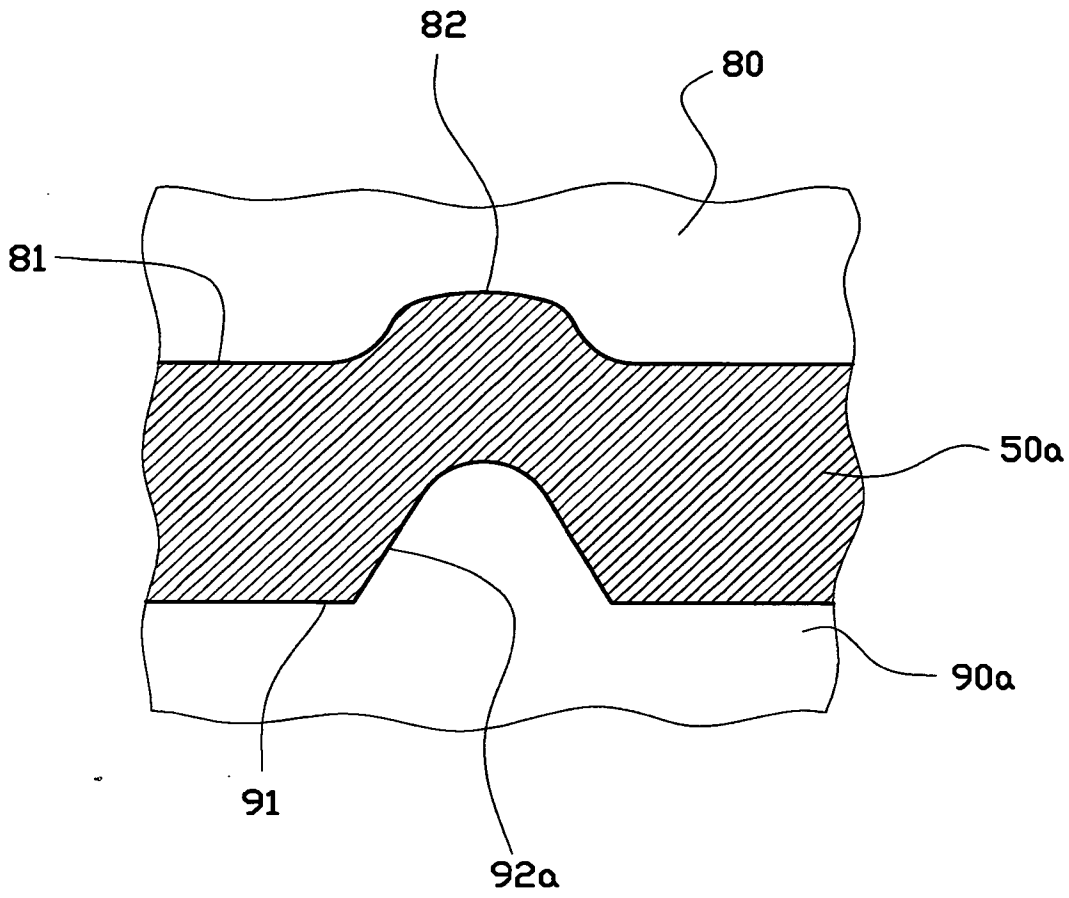


圖5A

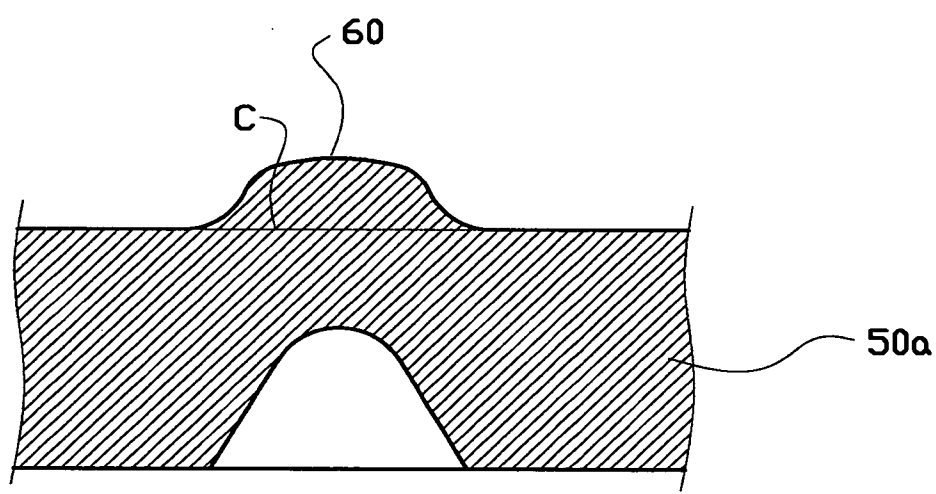


圖5B

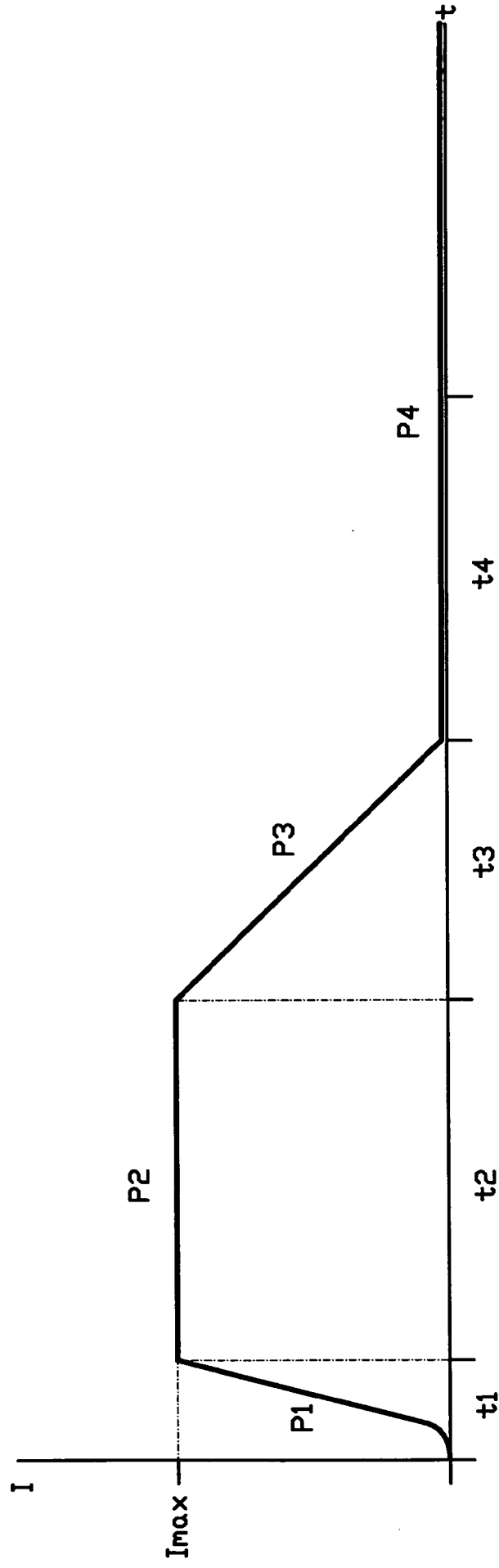


圖7

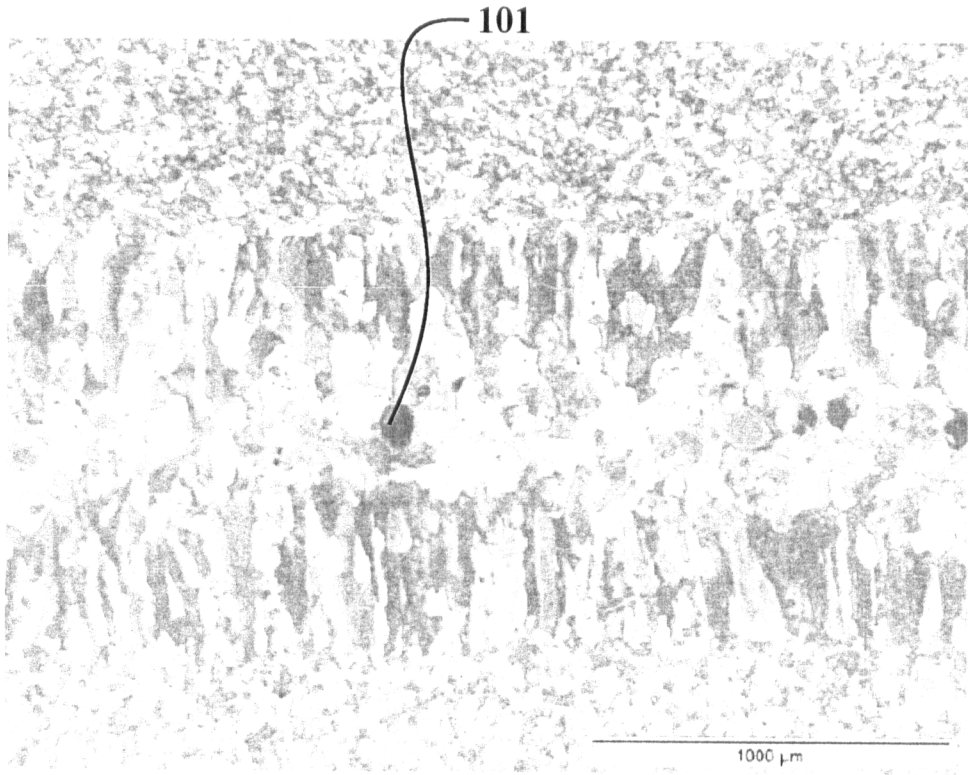


圖8A

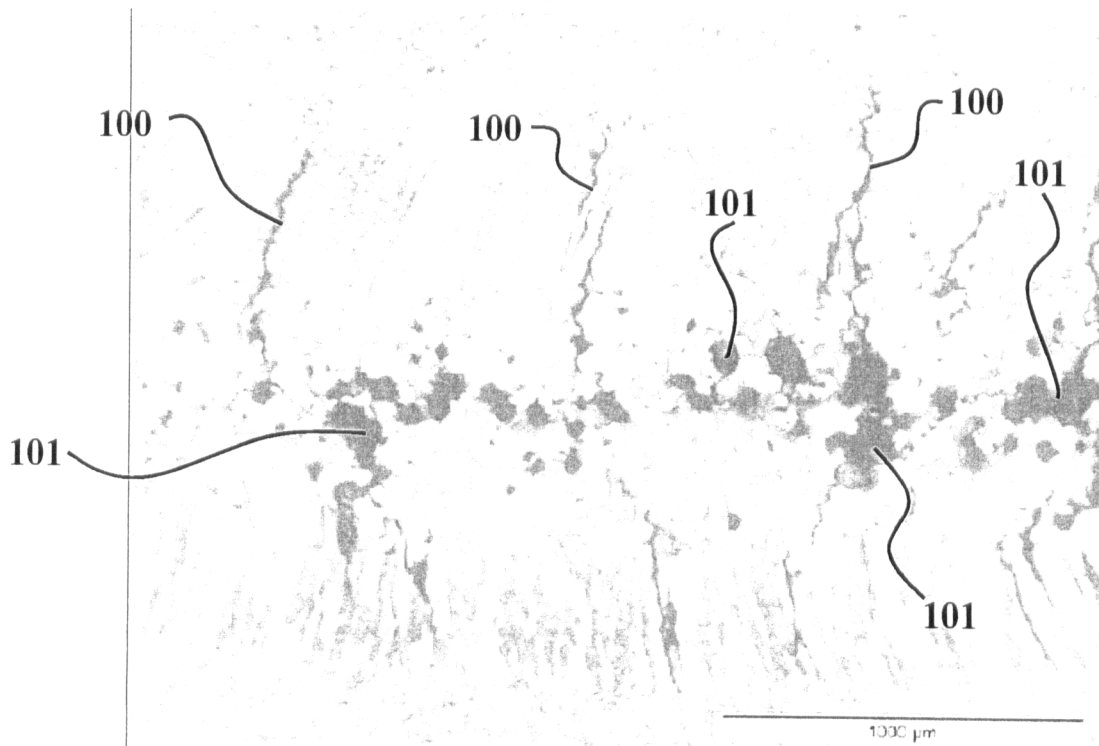


圖8B

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1B ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

2：焊接單元或焊接槍

3：導電框架

4：第二固持器

10：第二電焊條

11：平坦之上部焊接表面

14：驅動桿

15：導電壓頭

16：第一固持器

17：壓力感測器

20：第一電焊條

21：平坦之下部焊接表面/底部焊接表面

25：錨

26：錨

30：電源電路

31：反相器

32：輸入端

33：變壓器

34：整流器

35：輸出端

36：輸出端

50：下部鋁片

51：上部鋁片

A：方向

B：寬度

F：壓力

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

金屬片的凸焊

Projection welding of metal sheets

【技術領域】

【0001】 本發明係關於金屬片之凸焊。

【先前技術】

【0002】 例如在門之凸緣焊接在一起之汽車製造工業中，長期以來已知用於將薄的鐵片焊接於彼此上方的凸焊。中空突出物係藉由在執行焊接之前將衝頭及壓模按壓抵靠下部鐵片而在該片中形成。該等片隨後在焊接槍之兩個電焊條之間經按壓。在焊接期間，突出物逐漸地塌陷且強固的結構焊縫在突出物之位置處形成。

【0003】 特別是，在汽車工業中，針對由非含鐵金屬片，特別是鋁或鎂及其合金之片製成之零件存在增長之需求。此等輕量之零件具有相同良好之機械性質。然而，當針對鐵片之已知凸焊製程應用於此等金屬時，並未獲得強固的結構焊縫。相反地，突出物在開始形成焊縫之之前已塌陷。

【0004】 在公開之專利申請案中，已描述凸焊鋁片之先前嘗試。然而，此等初始嘗試尚未帶給成功之實施，此係由於申請人現已發現獲得強固之結構焊縫的關鍵製程參數仍並非已知的。一般而言，對凸焊鋁片之所描述發展僅為用於鐵片之製程的輕微修改，而現發現完全不同的方法對獲得良好之結果係必要的。在下文中概述在公開之專利申請案中的發展。

【0005】 以 Newcor Inc.之名義的 WO 99/03634 揭示鋁片之凸焊，其中下部片中之突出物具有圓頂的形式。突出物具有約為片厚度之四倍的高度，藉此突出物在下部片之主要上部表面上方係極薄壁的且中空的。此結

構上薄弱之突出物將導致大的初始壓印或將甚至在施加壓力之後立即塌陷，藉此初始焊接接觸區域未經界定。焊接電流直接自基本為正弦形式的習知單相 460 伏特、60 Hz 交流電網（alternating current mains）獲得，其中焊接脈衝係藉由破壞其半循環波而產生。藉由將後續的交替焊接脈衝施加至未界定的初始焊接接點上，特別是在焊接循環之開始所引入的焊接能量之量並非處於控制中或為低的，因此獲得薄弱的焊縫。

【0006】 以 Newcor Inc. 之名義的 WO 01/00363 揭示如上文所述之製程的進一步發展。環形突出物包含具有曲率之中空豎直壁。突出物限定盲開口，該開口不可避免地封閉在焊接循環期間迅速地擴張之一定空氣量。此引起源自封閉之空氣的裂紋、內含物及污染，從而導致薄弱的焊縫。

【0007】 EP 0 102 927 揭示凸焊製程，其中兩個鋁片具備在交叉方位上彼此鄰接之伸長突出物。歸因於兩個鄰接之突出物的存在，焊點將在產品之兩側上可見。此技術僅可應用於諸如所揭示之管道的低成本公用事業產品。突出物之上部表面具有曲率，其中在交叉之突出物之間的初始小焊接接點將初始焊接電流保持為低的。焊接電流在突出物之塌陷期間逐漸地增大。此暗示電流僅取決於熔融之橫截面，從而將焊接循環之控制保持為相當低。

【0008】 US 4 495 397 揭示具有環形突出物之鋁片的凸焊，其在焊縫中引起源自所封閉空氣之裂紋、內含物及污染。突出物係在衝頭與壓模之間形成，其具有彼此在一角度下的筆直之冷鍛造面。突出物具有藉由壓模所強加的良好界定之筆直的側表面，而頂部表面及其曲率留著未經界定。此係用於焊接鋼片之衝頭及壓模的直接應用，其將不適用於鋁。在焊接循環期間，施加引起 8% 之永久冷變形的第一壓力。第一壓力隨後在焊接電流已達到高峰之後立即增大。焊接電流由此藉由隨著主導參數改變壓力而受控制。此已指示焊接電流自身並非良好地處於控制下。除此以外，實務上

結構焊縫係在具有最小收縮缺陷之情況下獲得。

【0086】 針對在基底處具有 6 毫米之長度 L1 及 1.8 毫米之寬度 W3 的較佳突出物 60 之焊接電流係處於在 30 kA 與 50 kA 之間且較佳地約 40 kA 的絕對值。基底之大小在鋁片 50 之主要上部表面 53 的平面中界定突出物 60 之上部表面 61 的突出區域。當與突出區域相關時，焊接電流係在 2.5 kA/mm² 與 5 kA/mm² 之間，較佳地約 4 kA/mm² 之突出區域。第二軌跡 P2 在串聯焊縫組態中在與單焊縫組態相比時長度約為兩倍，以允許同一量之能量引入至突出物 60。

【0087】 針對在基底處具有 6 毫米之長度 L1 及 1.8 毫米之寬度 W3 的較佳突出物 60 之壓力 F 係處於在 800 N 與 3000 N 之間且較佳地約 1750 N 的絕對值。當與突出區域相關時，壓力 F 係在 70 N 與 280 N 之間，較佳地約 160 N/mm² 之突出區域。所施加壓力 F 在焊接循環期間（亦即，在第一軌跡 P1、第二軌跡 P2、第三軌跡 P3 及第四軌跡 P4 內或期間）係恆定的或實質上恆定的。

【0088】 圖 8A 為在焊接參數係在如之前所述之範圍內施加時的結構焊縫之微觀視圖。該焊縫係無裂紋的，且展示為黑點 101 之內含物及孔隙之量係最小的。此係具有高結構完整性之焊縫。此焊縫甚至強於鋁片 50、51 自身之材料。

【0089】 圖 8B 為在焊接參數中之一些參數係在如之前所述之範圍外部施加時的焊縫之微觀視圖。特別是，在此實例中，第二持續時間 t2 及第三持續時間 t3 已被選擇為遠在指定範圍外部。結果，材料之完整性已改變，其中焊縫包含展示為黑線 100 之散佈式伸長收縮裂紋，及展示為黑點 101 的眾多内含物及孔隙。裂紋及内含物已導致不可承受如工業中所要求之機械負載的弱焊縫。

【0090】 應理解，以上描述被包括以說明較佳具體實例之操作且並不

意謂限制本發明之範疇。自以上論述，迄今藉由本發明之精神及範疇所包含的許多變化將對於熟習此項技術者顯而易見。

【符號說明】

【0091】

- 1：凸焊裝置
- 2：焊接單元或焊接槍
- 3：導電框架
- 4：第二固持器
- 10：第二電焊條
- 11：平坦之上部焊接表面
- 12：非導電插腳
- 14：驅動桿
- 15：導電壓頭
- 16：第一固持器
- 17：壓力感測器
- 20：第一電焊條
- 21：平坦之下部焊接表面/底部焊接表面
- 25：錨
- 26：錨
- 30：電源電路
- 31：反相器
- 32：輸入端
- 33：變壓器
- 34：整流器
- 35：輸出端

- 36：輸出端
- 50：下部鋁片
- 50a：鋁片
- 51：上部鋁片
- 52：捲邊部分
- 53：主上部表面
- 60：突出物
- 61：上部表面
- 62：伸長之稜柱形中間部分
- 63：末端部分/凹入之第三區段
- 64：凸出之第二區段/第二凸出區段
- 65：凸出之第一區段/第一凸出區段
- 66：凹痕
- 67：凹痕之頂部
- 80：第一成型塊
- 81：平坦的底部表面
- 82：伸長凹坑
- 90：第二成型塊
- 90a：第二成型塊
- 91：平坦之頂部表面
- 92：突出之衝頭
- 92a：衝頭
- 100：黑線
- 101：黑點
- A：方向

B：寬度
C：假想線
F：壓力
H1：頂高
I：焊接電流
Imax：最大電流
K：方向
L1：長度
P1：第一軌跡
P2：第二軌跡
P3：第三軌跡
P4：第四軌跡
Q：最小材料厚度
R1：第一半徑
R2：較小之第二半徑
R3：第三半徑
t1：第一時間間隔/第一持續時間
t2：第二時間間隔/第二持續時間
t3：第三時間間隔/第三持續時間
t4：第四時間間隔/剩餘的時間間隔
T1：第一轉變
T2：第二轉變
T3：第三轉變
W1：第一寬度
W2：第二寬度

W3：第三寬度

申請專利範圍

1. 一種一第一金屬片及待藉由凸焊焊接於該第一金屬片上方之一第二金屬片的集合，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的一伸長突出物，其中該突出物包含一上部表面，該上部表面具有在其中間關於該第一金屬片之該主要上部表面界定該上部表面之頂高的一第一半徑之一凸出之第一區段，具有沿著合併為該第一區段之兩個伸長側之一第二半徑之一凸出之第二區段，及沿著合併為該等第二區段及該第一金屬片之該主要上部表面的兩個伸長側之一第三區段，其中該凸出之第一區段轉為該等第二凸出區段之第一轉變界定該上部表面之一第一寬度且其中該等凸出之第二區段轉為該等第三區段之第二轉變界定該上部表面之一第二寬度，且其中該等第三區段轉為該第一金屬片之該主要上部表面的轉變界定該上部表面之一第三寬度，其中該第一半徑大於該第二半徑。
2. 如申請專利範圍第 1 項之集合，其中第一半徑/第二半徑的比率至少為 4。
3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之集合，其中第一半徑/第二半徑的該比率為 4 至 5。
4. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中第一半徑/第二半徑的該比率為 4、5。
5. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中第一寬度/第二寬度的比率為 0.60 至 0.90。
6. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中第一寬度/第二寬度的該比率為 0.70 至 0.80。

7. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中第一寬度/第二寬度的該比率為 0.75。
8. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中該第三區段為具有一第三半徑之一凹入之第三區段，其中該第三半徑等於該第二半徑。
9. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中該突出物在該第一金屬片之該主要上部表面上方充滿該第一金屬片之金屬。
10. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中該突出物在該第一金屬片之下部主表面中包含一凹痕。
11. 如申請專利範圍第 10 項之集合，其中該凹痕之最深點位於該第一金屬片之該主要上部表面下方。
12. 如申請專利範圍第 11 項之集合，其中該突出物在其上部表面與其凹痕之間具有至少 0.3 毫米之一材料厚度。
13. 如申請專利範圍中任一項第 1 項或第 2 項之集合，其中該第三寬度為 1 至 4 毫米。
14. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中該第三寬度為 1.8 毫米。
15. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中該突出物在該轉變與該第一金屬片之該主要上部表面之間的長度為 2 至 12 毫米。
16. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中該突出物在該轉變與該第一金屬片之該主要上部表面之間的該長度為 6 毫米。
17. 如申請專利範圍中第 1 項或第 2 項之集合，其中該第二金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金。
18. 一種用於用一凸焊裝置藉由凸焊在一第一金屬片上方凸焊一第二金屬片之方法，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的一伸長突出

物，其中該凸焊裝置包含在該突出物之位置處嚙合至該第一金屬片及該第二金屬片上以將一壓力施加至該等金屬片上且隨後將一電流饋送通過該等金屬片的一第一電焊條及一第二電焊條，其中該方法包含根據一脈衝將一焊接電流饋送通過該等電焊條，其中該脈衝串聯地包含在該電流自零上升至一最大電流之一第一時間間隔內的一第一軌跡，在該最大電流存在之一第二時間間隔內的一第二軌跡，該電流在一第三時間間隔內逐漸地減小回至零之一第三軌跡，及該焊接電流在該壓力仍被施加的同時在一第四時間間隔內保持為零之一第四軌跡。

19. 如申請專利範圍第 18 項之方法，其中將該焊接電流作為一個單脈衝來饋送。
20. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該焊接電流為一直流電流。
21. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第一時間間隔短於該第三時間間隔，較佳地短於該第三時間間隔之一半。
22. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第一間隔最大為 10 毫秒，其中該第一間隔較佳地最大為 5 毫秒。
23. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第一間隔最大為 1 毫秒。
24. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項中之方法，其中該第二時間間隔為 10 至 20 毫秒。
25. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第二時間間隔為 15 毫秒。
26. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第三時間間隔至少為 5 毫秒。
27. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第三時間間隔最大

- 為該第二時間間隔之持續時間。
28. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第四時間間隔至少長達該第一時間間隔、該第二時間間隔及該第三時間間隔之總和。
 29. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第四時間間隔至少為 100 毫秒。
 30. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第四時間間隔至少為 300 毫秒。
 31. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該壓力在垂直於該第一金屬片之該主要表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 70 至 280 牛頓。
 32. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該壓力在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 160 牛頓。
 33. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為每平方毫米之該突出物 2.5 至 5 千安培。
 34. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為每平方毫米之該突出物 4 千安培。
 35. 如申請專利範圍第 18 項或第 19 項之方法，其中該第二金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金。
 36. 一種用於用一凸焊裝置藉由凸焊在一第一金屬片上方凸焊一第二金屬片之方法，其中該第一金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金，其中該第一金屬片包含在該第一金屬片之主要上部表面上方局部地延伸以與該第二金屬片之主要下部表面接觸的多個伸長突出物，其中該凸焊裝置包含在兩個突出物之位置處同時嚙合至該第二金

屬片上以將一壓力施加至該等金屬片上且隨後將一電流饋送通過該等金屬片的一第一電焊條及一第二電焊條，其中該方法包含根據一脈衝將一焊接電流饋送通過該等電焊條，其中該脈衝串聯地包含在該電流自零上升至一最大電流之一第一時間間隔內的一第一軌跡、在該最大電流存在之一第二時間間隔內的一第二軌跡、該電流在一第三時間間隔內逐漸地減小回至零之一第三軌跡，及該焊接電流在該壓力仍被施加的同時在一第四時間間隔內保持為零之一第四軌跡。

37. 如申請專利範圍第 36 項之方法，其中將該焊接電流作為一個單脈衝饋送。
38. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該焊接電流為一直流電流。
39. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第一時間間隔短於該第三時間間隔，較佳地短於該第三時間間隔之一半。
40. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第一間隔最大為 10 毫秒，其中該第一間隔較佳地最大為 5 毫秒。
41. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第一間隔最大為 1 毫秒。
42. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第二時間間隔為 20 至 40 毫秒。
43. 如申請專利範圍第 36 項至第或項之方法，其中該第二時間間隔為 30 毫秒。
44. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第三時間間隔至少為 5 毫秒。
45. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第三時間間隔最大為該第二時間間隔之持續時間。

46. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第四時間間隔至少長達該第一時間間隔、該第二時間間隔及該第三時間間隔之總和。
47. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第四時間間隔至少為 100 毫秒。
48. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第四時間間隔至少為 300 毫秒。
49. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該壓力在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 70 至 280 牛頓。
50. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該壓力在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 160 牛頓。
51. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 2.5 至 5 千安培。
52. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該最大焊接電流在垂直於該第一金屬片之該主表面的突出物中為該突出物之每平方毫米 4 千安培。
53. 如申請專利範圍第 36 項或第 37 項之方法，其中該第二金屬片具有主成份為鋁或鎂之一非含鐵金屬或金屬合金。