

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：95130459

※ 申請日期：95.8.18

※IPC 分類：(22C 1/02)

一、發明名稱：(中文/英文)

低密度合金材料及其製法

LOW-DENSITY ALLOY AND THE FABRICATION METHOD THEREOF

38/04

38/06

38/18

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學/NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文)(簽章)張俊彥/CHANG CHUN-YEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

No. 1001 Dasyue Road, Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

國 籍：(中文/英文) 中華民國/TW

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

劉增豐/LIU TZENG-FENG

李堅瑋/LEE JIAN-WEI

國 籍：(中文/英文)

中華民國/TW

中華民國/TW

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

一種低密度之合金材料及其製法，其主要組成以重量百分比計，此合金材料含有重量百分比大於等於 15 小於等於 22.5 的錳，大於等於 7.2 小於等於 9.0 的鋁，大於等於 5.1 小於等於 7.8 的鉻，大於等於 0.6 小於等於 1.2 的碳及其餘比例為鐵所組合而成。上述揭示之合金成分之合金材料製作高爾夫球桿頭時，不需任何鍛造及軋延等熱作和冷作塑性加工，即可使高爾夫球桿頭具有極佳的延伸性、強度、吸震性及抗蝕性等特性，大幅降低目前的生產成本。

六、英文發明摘要：

A low-density alloy and the fabrication method thereof are disclosed. The alloy of the present invention consists essentially of: by weight percent, equal to or greater than 15% but lower than or equal to 22.5% manganese, equal to or greater than 7.2% but lower than or equal to 9.0% aluminum, equal to or greater than 5.1% but lower than or equal to 7.8% chromium, equal to or greater than 0.6% but lower than or equal to 1.2% carbon and the balance of iron. The golf-club head made of the abovementioned alloy can obtain superior elongation, strength, damping capacity, and corrosion resistance even without any hot/cold working, such as forging and rolling; therefore, the fabrication cost thereof can be obviously reduced.

七、指定代表圖：

(一)、本案代表圖為：

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種低密度合金技術，特別是關於在不需要任何鍛造及軋延等熱作和冷作塑性加工之條件下即具有極佳的延展性、強度、吸震性及高抗蝕性之一種低密度高爾夫球桿頭合金材料及其製法。

【先前技術】

為了能讓使用者在打高爾夫球揮桿時打感更好、打得更穩(黏球時間長、控球性佳、震動力小)而且更遠，許多商業化材質已被廣泛地應用在球頭材質上，例如 8620 軟鐵、304 沃斯田鐵型不鏽鋼、17-4PH 析出硬化型不鏽鋼、高強度的 AISI431、AISI455 麻田散鐵型不鏽鋼、18Ni(200)麻時效鋼、鈦-6 鋁-4 釩合金和 SP-700 鈦合金等。但是，在這些材料中有些是擁有很好的延伸性但強度卻嚴重不足(如 8620 軟鐵，304 沃斯田鐵型不鏽鋼的強度及延伸性約為 60ksi 和 30%)，有些是擁有很好的強度但延性卻很差(如 AISI431，AISI455 麻田散鐵型不鏽鋼，18Ni(200)麻時效鋼強度為 150~200ksi 但延伸性約只有 10%或以下)。

近年來，許多國內外專家學者已發展出一系列以鐵錳鋁碳為基底之低密度高強度及高延展性合金，下列論文對這些性質均有詳細地說明及描述。

1.G. L. Kayak 所發表，1969 年，第 2 冊，Metal Science and Heat Treatment，第 95 頁，標題為 "Fe-Mn-Al Precipitation-Hardening Austenitic Alloys"。

2.M. F. Alekseenko 等人所發表，1972 年，第 14 冊，Metal Science and Heat Treatment，第 187 頁，標題為 "Phase Composition Structure and Properties of Low-Density Steel 9G28Yu9MVB"。

3.G. S. Krivonogov 等人所發表，1975 年，第 4 冊，Phys. Met. & Metallog.，第 86 頁，標題為 "Phase Transformation Kinetics in Steel 9G28Yu9MVB"。

4.L.I. Lysak 等人所發表，1975 年，第 59 冊，Metallogizika，第 29 頁，標題為 "Structural and Phase Change in Steel 9G28Yu9MVB During Aging"。

5.J. Charles 等人所發表，1981 年 5 月，Metal Progress，第 71 頁，標題為 "New Cryogenic Materials: Fe-Mn-Al Alloys"。

6.C. J. Altstetter 等人所發表，1986 年，第 82 冊，Materials Science and Engineering，第 13 頁，標題為 "Processing and Properties of Fe-Mn-Al Alloys"。

7.K. H. Ham 等人所發表，1986 年，第 20 冊，Scripta Metal.，第 33 頁，標題為 "The Evidence of Modulated Structure in Fe-Mn-Al-C Austenitic Alloys"。

8.P. J. James 所發表，1969 年 1 月，J. Iron & Steel Inst.，第 54 頁，標題為 "Precipitation of the Carbide (Fe, Mn)₃AlC in an Fe-Al Alloy"。

綜觀上述論文研究中，以重量百分比鐵-(28~35)錳-(4.9~11)鋁-(0.5~2.0)碳為基底之合金，在經過鍛造、軋延等塑性加工後，將合金在 950°C 至 1200°C 範圍內施以固溶熱處理後急速淬火，然後接著將淬火後的合金在 450°C 至 750°C 範圍內做時效熱處理，即可獲得以沃斯田鐵為基地之組織，密度介於

6.6 至 6.8g/cm³ 之間，抗拉強度介於 100ksi 至 180ksi 之間，降伏強度介於 90ksi 至 160ksi 之間以及延伸率介於 25%至 65% 之間的高強度高韌性鐵錳鋁碳合金。

除此之外，也有許多專家學者為了提高上述鐵錳鋁碳合金之抗蝕性，另外添加了 2.98wt.%~6wt.% 的鉻以及 0.9wt.%~1.03wt.% 的鉬等合金元素來增加合金的抗蝕能力，其腐蝕性質亦曾在下列的論文中被詳細的研究及探討過。

1.1989 年三月 J. Electronchem. Soc. 期刊, 第 136 期, No. 3, 由 Jeng-Gong Duh 等人所發表之國外期刊論文「Diffusion-Related Kinetics in the Oxidation-Induced Phase Transformation of Fe-9Al -3Cr-31Mn Alloys」。

2.1989 年 JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 期刊, 第 23 期, 由 Jeng-Gong Duh 等人所發表之國外期刊論文「Microstructural development in the oxidation-induced phase transformation of Fe-Al-Cr-Mn-C alloys」。

3.1993 年 JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 期刊, 第 28 期, 由 J. G. Duh 等人所發表之國外期刊論文「Nitriding behavior in Fe-Al-Mn-Cr-C alloys at 1000-1100°C」。

4.1995 年 CORROSION 期刊, 第 51 期, 由 S. C. Chang 等人所發表之國外期刊論文「Environment-Assisted Cracking of Fe-32%Mn-9%Al Alloys in 3.5% Sodium Chloride Solution」。

5.1990 年 JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 期刊, 第 25 期, 由 J. G. Duh 等人所發表之國外期刊論文「Nitriding Kinetics of Fe-Al-Mn-Cr-C alloys at 1000°C」。

6.1990 年 JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 期刊, 第 25 期, 由 J. G. Duh 等人所發表之國外期刊論文「High

temperature oxidation of Fe-31Mn-9Al-xCr-0.87C alloys(x=0, 3 and 6)」。

綜合上述有關鐵錳鋁碳合金應用在高爾夫球桿頭材質上之中華民國專利，如第一圖所示，為其成份、熱處理及鍛造條件比較表，由於專利第 178648 號合金成分中不含鉻元素，因此合金抗蝕性不理想。專利第 185568 號合金之抗蝕性雖優於專利第 178648 號之合金，但其於表面研磨拋光後無法通過高爾夫球桿頭的 5%氯化鈉濃度 48 小時的鹽霧試驗為其不足之處。

除此之外，雖然上述專利第 460591、506845、584568 及 I235677 號中說明了其發明合金可通過高爾夫球桿頭的 5%氯化鈉濃度 48 小時的鹽霧試驗，但值得注意的是，其合金皆必須先進行鍛造、軋延等熱作和冷作塑性加工，將原來較差的鑄造狀態之樹枝狀結構經由鍛造或軋延加工改變成較佳之細微且均勻的多晶結構，並獲得較佳的表面性質，如此才能通過高爾夫球桿頭的鹽霧試驗。但是，一個高爾夫球桿頭的鍛造包含了多道粗鍛及精鍛程序，同時必須配合多組昂貴的鍛造模具，大幅地提高製造成本，而且重要的是由於鍛造加工的形狀限制，造成高爾夫球桿頭形狀外觀大大的受限，無法像精密鑄造般能夠有多樣性強調功能性及造型美觀上的設計。然而，若利用上述已公開專利合金成分以精密鑄造法製作高爾夫球桿頭時即無法通過鹽霧試驗。

【發明內容】

為了解決上述問題，本發明提出一種低密度之合金材料，可大幅降低目前生產鐵錳鋁碳合金材料之高爾夫球桿頭的成本，並且增加高爾夫球桿頭外型的设计空間，適合應用在製作高爾夫球桿頭的材料。

本發明目的之一，係提出一種低密度之合金材料及其製法，在不須任何鍛造軋延等熱作和冷作塑性加工條件下，即具有極佳的延伸性、強度、吸震性及高抗蝕性。

本發明目的之一，係提出一種低密度之合金材料及其製法，在不須任何鍛造軋延等熱作和冷作塑性加工之條件下，即可通過鹽霧試驗，大幅降低生產成本，此外，低密度合金之設計，致使高爾夫球桿頭較以往有更多的配重空間，用以增加高爾夫球桿頭外型設計的多樣性。

本發明的目的之一，係提出一種低密度之合金材料及其製法，此合金具有 $6.6\text{g/cm}^3\sim 6.9\text{g/cm}^3$ 之間的低密度，在不須任何鍛造軋延等熱作和冷作塑性加工之條件下，即具有 30%~77% 之間的極佳延伸性、100ksi~140ksi 之間的極佳抗拉強度、高吸震性及高抗蝕性。

為了達到上述目的，本發明一實施例之低密度之合金材料，包括重量百分比(wt.%)大於等於 15 小於等於 22.5 的錳、大於等於 7.2wt.%小於等於 9.0wt.%的鋁、大於等於 5.1wt.%小於等於 7.8wt.%的鉻、大於等於 0.6wt.%小於等於 1.2wt.%的碳及其餘比例為鐵所組合而成。

為了達到上述目的，本發明之又一實施例之低密度合金材料之製造方法，其係對組成重量百分比(wt.%)大於等於 15wt.%小於等於 22.5wt.%的錳、大於等於 7.2wt.%小於等於 9.0wt.%的鋁、大於等於 5.1wt.%小於等於 7.8wt.%的鉻、大於等於 0.6wt.%小於等於 1.2wt.%的碳及其餘比例為鐵之材料經一熔煉程序形成一合金材料。

【實施方式】

本發明合金成份係以鐵、錳、鋁、鉻及碳元素為基礎之合金，其中錳為沃斯田鐵的強化元素，合金中沃斯田鐵相的比例將隨著合金中錳含量的增加而增加，由於沃斯田鐵相為面心立方結構，具有較多的滑移系統，因此能有較佳的延伸性，所以錳元素的添加將有助於合金延伸性的提升。然而，從發明人的研究發現，雖然合金中錳含量的增加能提升合金的延展性，但是合金的抗蝕能力卻隨著合金中錳含量的增加而降低，這是因為錳元素在大氣環境中很容易氧化成不具有保護性且與基材附著性差的氧化錳。進一步利用表面分析電子能譜儀(XPS/ESCA)分析合金表面的鈍化層氧化物組成，從分析結果得知，鈍化層的氧化物組成主要為具有抗蝕且保護基材效果的 Cr_2O_3 、 Al_2O_3 氧化物，以及不耐蝕的 MnO (Mn_3O_4)、 Mn_2O_3 和少量的 FeO (Fe_3O_4)、 Fe_2O_3 氧化物。當合金中錳含量過高時，將在合金表面形成一層含有較高比例氧化錳的不連續氧化鉻和氧化鋁的保護層。所以大氣中的氧原子將會從氧化錳處不斷地氧化腐蝕並且擴散至基材內造成孔蝕(pitting)，而不是在表面上全面性的均勻腐蝕，這理論與在含有高錳含量的鐵錳鋁鉻碳合金鹽霧實驗中所發現的孔蝕現象是一致的。

因此，為了改善合金的孔蝕情況，增加合金的抗蝕能力並且在不須任何鍛造、軋延等熱作和冷作塑性加工之條件下，通過高爾夫球頭的 5%氯化鈉濃度 48 小時的鹽霧實驗，發明人將合金中的錳含量降低並觀察其合金表面氧化物組成的變化，第二、三、四圖分別是各含 32、28 和 19.5wt.%錳之鐵-(32, 28, 19.5)錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳合金(以重量百分比計)的表面氧化物含量對合金縱深之圖表(depth profile)。從這些圖表可以發現，隨著錳含量的降低，合金表面氧化錳的組成比例也隨著降低，而且當錳含量降低至 19.5wt.%時，氧化錳的組成比例會有明顯的降低，相反的，氧化鋁及氧化鉻比例則有明顯的增加。進一步比較其抗蝕能力，如第五圖所示，為以重量百分比計之鐵-28 錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳和鐵-19.5 錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳兩種各含 28 及 19.5wt.%錳含

量的合金於 5%氯化鈉溶液中的動態電位極化曲線(potentiodynamic polarization curves)圖，比較第五圖可發現，當合金的錳含量降至 19.5wt.%時，鈍化電流密度(I_p)明顯的下降，鈍化電位範圍(ΔE)及孔蝕電位(E_{pp})也明顯的增加許多，其抗蝕性優於含 28wt.%錳之鐵-32 錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳合金甚多。而且，鐵-19.5 錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳合金在不須鍛造、軋延等任何熱作和冷作塑性加工之條件下，即能通過高爾夫球頭的 5%氯化鈉濃度 48 小時的鹽霧實驗。然而，如先前所述，合金中沃斯田鐵相的比例將隨著合金中錳含量的增加而增加，進而提升合金的延展性，相對地當錳含量降低至 15wt.%以下時，合金的延伸性將會不足。因此，綜合考量合金的抗蝕性及韌性等因素下，錳含量的添加應控制在 15~22.5 wt.%之間。

鋁元素為肥粒鐵的強化元素，所以增加合金中的鋁含量會增加肥粒鐵相的比例，相對地也會降低沃斯田鐵相的比例而降低合金的延展性，而且，過量的鋁含量會促使一種脆性的 $D0_3$ 有序規律相(ordered phase)在肥粒鐵內形成進而造成合金延性嚴重的破壞。但是，鋁元素同時也是造成鐵錳鋁碳合金強化的主要碳化物 $(Fe,Mn)_3AlC_x$ 的形成元素之一，當合金鋁含量不足時， $(Fe,Mn)_3AlC_x$ 碳化物將無法在沃斯田鐵相中細小且均勻整合(coherent)的析出造成合金強度的降低。除此之外，根據發明人的研究，鋁含量的不足也會抑制 Al_2O_3 氧化物在合金表面的形成，降低合金的抗蝕能力。因此，配合本發明合金中 15~22.5 wt.%錳的添加量，以及綜合考量合金延性、強度及抗蝕能力，鋁含量的添加應控制在 7.2~9.0 wt.%之間。

鉻元素的添加能夠在合金表面上形成一種具有保護性的 Cr_2O_3 氧化層，增強合金的抗蝕能力。然而，鉻不但是肥粒鐵相的強化元素，亦是碳化物的強化元素。鉻含量不足會降低合金的抗蝕性，但過多的鉻含量及碳含量則會促使一種具有六方最密堆積結構(hexagonal close-packed structure, hcp)之碳化鉻 Cr_7C_3 的形成，不但造成合金的延性降低，而且會形成鉻的空乏區，使合金容易產生孔蝕或沿晶腐蝕。

因此，配合本發明合金中 15~22.5 wt.% 錳的添加量，鉻元素的添加應限制在 5.1~7.8wt.% 之間，碳元素的添加也應限制在 0.6~1.2wt.% 之間。另外，矽與鉬元素少量的添加也能適度地增加合金的抗蝕能力。

依據本發明之一實施例提供一種低密度合金材料，其成分包括 15~22.5wt.% 的錳、7.2~9.0wt.% 的鋁、5.1~7.8wt.% 的鉻、0.6~1.2wt.% 的碳及其餘比例為鐵，其中可添加 0~1.5wt.% 的鉬來增加合金的抗孔蝕能力。於又一實施例中，亦可加入最多 0.7wt.% 的矽，矽於合金材料內能夠改善鐵錳鋁碳合金鑄造性，提高合金在液體狀態時的流動性。依據本發明所得之合金在鑄造的狀態下具有 $6.6\sim 6.9\text{g/cm}^3$ 的低密度、30~77% 之間的極佳延展性、100~140ksi 之間的抗拉強度、高吸震性及高抗蝕性之特性且不需塑性加工即可通過鹽霧試驗，可大幅降低生產成本。

利用本發明所揭示之合金成份主要組成以重量百分比大於等於 15 小於等於 22.5 的錳，大於等於 7.2 小於等於 9.0 的鋁，大於等於 5.1 小於等於 7.8 的鉻，大於等於 0.6 小於等於 1.2 的碳，及其餘比例為鐵之材料，其合金中亦可添加最多 1.5 wt.% 的鉬且/或最多 0.7 wt.% 的矽，經一熔煉程序，例如大氣熔煉、真空熔煉或還原氣氛熔煉，其後澆注於模內，不用再經任何鍛造及軋延等熱作或冷作的塑性加工，球頭鑄件可直接經噴砂、研磨、焊接、桿身鑽銑孔、表面處理及美工等程序步驟後，製作成鑄造型高爾夫球桿頭。於一實施例中，更包含在 $950^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 之間進行 0.5~10 小時及於 $500^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 之間進行 0~10 小時之一熱處理程序，例如固溶熱處理後，施以時效熱處理，用以再提高合金材料之延展性及強度。由於本發明合金在鑄造狀態下(As-Cast)即具有極佳的韌性，因此，也相當適合進行後續的冷作及熱作等塑性加工，製作成鍛造型或鑄造加鍛造的複合型高爾夫球桿頭。

於一較佳實施例中，例如由 22.1wt.%的錳、8.01wt.%的鋁、6.21wt.%的鉻、0.99wt.%的碳及其餘為鐵所組成的合金，以高週波感應爐熔煉後，澆鑄在已預熱過的高爾夫球桿頭脫蠟殼模內，待其殼模鑄件冷卻後，即可進行震殼、切割流道澆口、噴砂、研磨、焊接、桿身鑽銑孔、表面處理及美工等程序步驟。不須任何鍛造及軋延等熱作和冷作等塑性加工，即能通過高爾夫球桿頭的 5%氯化鈉濃度 48 小時的鹽霧試驗，並具有 6.74g/cm^3 的低密度、38.6%的延伸率及 112.1ksi 的抗拉強度等極佳性質的高爾夫球桿頭，可大幅降低製造成本。

再於一較佳實施例中，例如由 16.3wt.%錳、8.56wt.%鋁、5.16wt.%鉻、1.10wt.%碳及其餘為鐵的本發明合金，以高周波感應爐熔煉後，澆鑄在已預熱過的高爾夫球頭脫蠟殼模內，鑄件在經過 1050°C 真空固溶熱處理 1 小時後，不須任何鍛造及軋延等熱作和冷作塑性加工，即能通過高爾夫球頭的 5%氯化鈉濃度 48 小時的鹽霧實驗，並具有 6.69g/cm^3 的低密度、76.9%的延伸率及 118.7ksi 的抗拉強度等極佳性質的高爾夫球頭，大幅降低製造成本。

再於一較佳實施例中，例如由 19.2wt.%錳、7.78wt.%鋁、6.73wt.%鉻、1.03wt.%碳、0.21wt.%矽及其餘為鐵的本發明合金，以高周波感應爐熔煉後，澆鑄在已預熱過的高爾夫球頭脫蠟殼模內，鑄件在經過 1050°C 真空固溶熱處理 1 小時後，不須任何鍛造及軋延等熱作和冷作塑性加工，即能通過高爾夫球頭的 5%氯化鈉濃度 48 小時的鹽霧實驗，並具有 6.78g/cm^3 的低密度、66.9%的延伸率及 115.3ksi 的抗拉強度等極佳性質的高爾夫球頭，大幅降低製造成本。

藉由上述說明，利用本發明之一實施例之低密度合金材料製造方法形成一種具有 $6.6\text{g/cm}^3\sim 6.9\text{g/cm}^3$ 之間的低密度之高爾夫球桿頭合金材料，在不須任何鍛造及軋延等熱作和冷作塑性加工之條件下，即具有 30%~77% 之間的極佳延伸性、

100ksi~140ksi 之間的極佳抗拉強度、高吸震性及高抗蝕性(通過 5%氯化鈉濃度 48 小時鹽霧試驗)，而且經由適當的合金設計，可改善合金在液體狀態時的流動性，提高澆鑄成型性及塑性加工性，而且可大幅降低目前生產鐵錳鋁碳合金材質之高爾夫球桿頭的成本及時間，並能增加高爾夫球桿頭外型的设计空間，適合應用在製作高爾夫球桿頭的材料。

綜合上述，利用本發明所揭示之合金成份及技術製作高爾夫球桿頭，除了具有低密度、高強度、高韌性、高制震能及高抗蝕性等優異特性外，不需經由塑性加工即可通過 5%氯化鈉濃度 48 小時的鹽霧試驗，更者，由於流動性的增加，可順利地將微小字體、打擊面線溝及球頭薄區等澆鑄成型，不須再以機械雕刻成型，大幅降低目前生產製造鐵錳鋁碳材質高爾夫球桿頭的成本及不良率。

以上所述之實施例僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第一圖所示為習知專利公開技術關於鐵錳鋁碳合金應用在高爾夫球桿頭材質上之成分、熱處理及鍛造條件比較表。

第二圖係為與本發明比較用之一種以重量百分比計之鐵-32 錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳合金表面元素含量與合金縱深(depth profile)之關係示意圖。

第三圖係為與本發明比較用之一種以重量百分比計之鐵-28 錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳合金表面元素含量與合金縱深(depth profile)之關係示意

圖。

第四圖係為依據本發明之一實施例以重量百分比計之鐵-19.5 錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳合金表面元素含量與合金縱深(depth profile)之關係示意圖。

第五圖係為依據本發明以重量百分比計之鐵-28 錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳和鐵-19.5 錳-8.2 鋁-5.1 鉻-0.9 碳兩種各含不同錳含量的合金於 5%氯化鈉溶液中的動態電位極化曲線(potentiodynamic polarization curves)比較示意圖。

【主要元件符號說明】

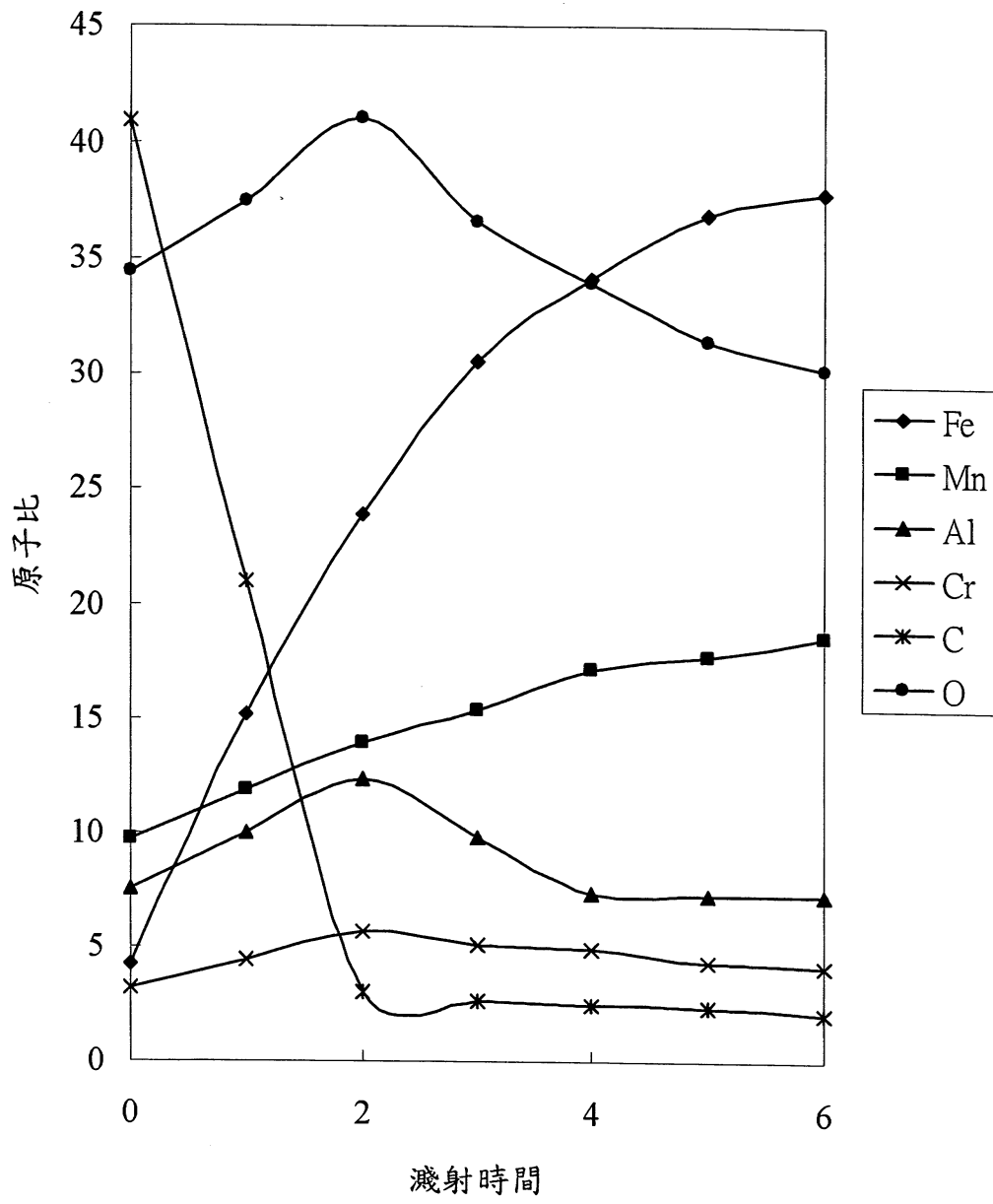
十、申請專利範圍：

1. 一種低密度之合金材料，該合金材料含有重量百分比大於等於 15 小於等於 22.5 的錳，大於等於 7.2 小於等於 9.0 的鋁，大於等於 5.1 小於等於 7.8 的鉻，大於等於 0.6 小於等於 1.2 的碳及其餘比例為鐵所組合而成。
2. 如請求項 1 所述之低密度之合金材料，更包含最多至 1.5 重量百分比的鉬。
3. 如請求項 1 所述之低密度之合金材料，更包含最多至 0.7 重量百分比的矽。
4. 如請求項 2 所述之低密度之合金材料，更包含最多至 0.7 重量百分比的矽。
5. 如請求項 1 所述之低密度之合金材料，其中該合金材料具有 $6.6\sim 6.9\text{g/cm}^3$ 之密度、 $30\sim 77\%$ 之延展性與 $100\sim 140\text{ksi}$ 之抗拉強度。
6. 一種低密度合金材料之製造方法，其係對組成重量百分比大於等於 15 小於等於 22.5 的錳，大於等於 7.2 小於等於 9.0 的鋁，大於等於 5.1 小於等於 7.8 的鉻，大於等於 0.6 小於等於 1.2 的碳及其餘比例為鐵之材料經一熔煉程序形成一合金材料。
7. 如請求項 6 所述之低密度合金材料之製造方法，更包含最多至 1.5 重量百分比的鉬。
8. 如請求項 7 所述之低密度合金材料之製造方法，更包含最多至 0.7 重量百分比的矽。
9. 如請求項 8 所述之低密度合金材料之製造方法，更包含在 $950\sim 1200^\circ\text{C}$ 之間進行 0.5~10 小時之後，於 $500\sim 700^\circ\text{C}$ 之間再進行 0~10 小時之一熱處理程序。
10. 如請求項 7 所述之低密度合金材料之製造方法，更包含在 $950\sim 1200^\circ\text{C}$ 之間進行 0.5~10 小時之後，於 $500\sim 700^\circ\text{C}$ 之間再進行 0~10 小時之一熱處理程序。

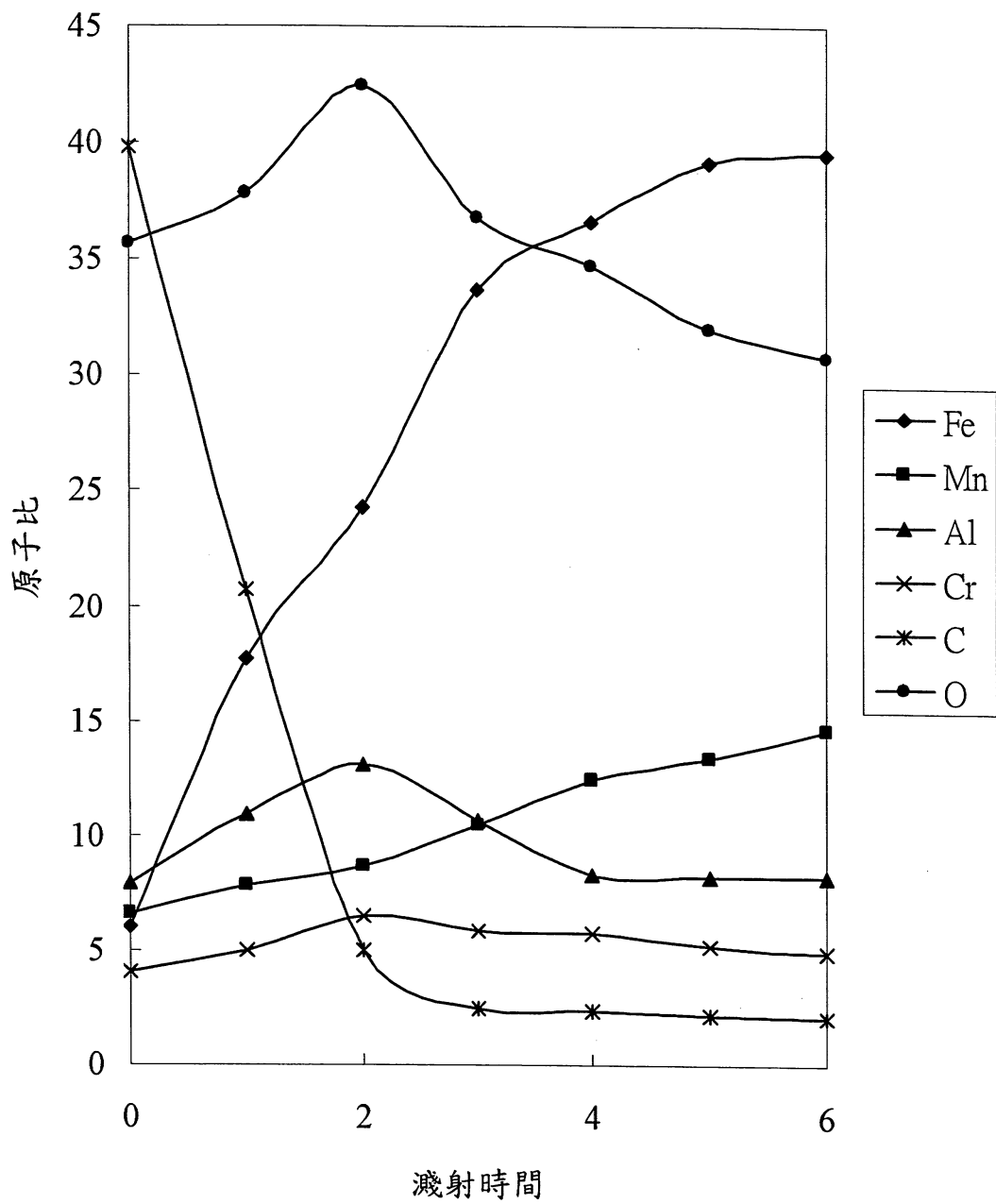
- 11.如請求項 6 所述之低密度合金材料之製造方法，更包含最多至 0.7 重量百分比的矽。
- 12.如請求項 11 所述之低密度合金材料之製造方法，更包含在 950~1200°C 之間進行 0.5~10 小時之後，於 500~700°C 之間再進行 0~10 小時之一熱處理程序。
- 13.如請求項 6 所述之低密度合金材料之製造方法，更包含在 950~1200°C 之間進行 0.5~10 小時之後，於 500~700°C 之間再進行 0~10 小時之一熱處理程序。
- 14.如請求項 6 所述之低密度合金材料之製造方法，其中該熔煉程序為大氣熔煉、真空熔煉或還原氣氛熔煉。
- 15.如請求項 6 所述之低密度合金材料之製造方法，其中該合金材料具有 6.6~6.9g/cm³ 之密度、30~77% 之延展性與 100~140ksi 之抗拉強度。

中華民國 專利 公告號	申請專利範圍之成份範圍 (*:代表此專利合金成份中亦可選擇添加之元素含量)											鍛造及熱處理條件	
	Fe	Mn	Al	Cr	C	Si	Mo	Cu	Nb	Ti	Co		N
本發明	Bal.	15~22.5	7.2~9	5.1~7.8	0.6~1.2	*0~0.7	*0~1.5						950~1200 °C, 0~10 小時及 500~700°C, 0~10 小時熱處理
178648	Bal.	22~36	6~8		1.5~2.0		1.0~1.5						1030~1050°C, 1~2 小時固溶化及 400~550°C, 1~2 小時效熱處理
185568	Bal.	26~28	6.5~8	5~6	0.9~1.1	0.2~1.5	1.0~1.2	0.9~1.1	0.02~0.04				均質化熱處理
460591	Bal.	25~31	6.3~7.8	5.5~9	0.65~0.85	*0.8~1.5	*0.5~1.0			*2~5			850~1050°C 熱鍛, 980~1080°C, 1~24 小時熱處理
506845	Bal.	28~31.5	7.8~10	*5~7	0.9~1.1	*0.8~1.5				0.35~2.5			900~1100°C 熱鍛, 950~1270°C, 1~24 小時熱處理
584568	Bal.	25~31	7~10	5~7	0.9~1.1	*0.8~1.5	*0.5~1.0						850~1050°C 熱鍛, 980~1080°C, 1~4 小時熱處理及 500~650°C, 4~8 小時熱處理
I235677	Bal.	23~30	6.3~10	5~9	0.8~1.05	*0.6~1.0				0.2~10		*0.2~0.4	1000~1050°C 熱鍛, 1030~1080 °C, 15~60 分鐘熱處理及 450~850 °C, 4~24 小時熱處理

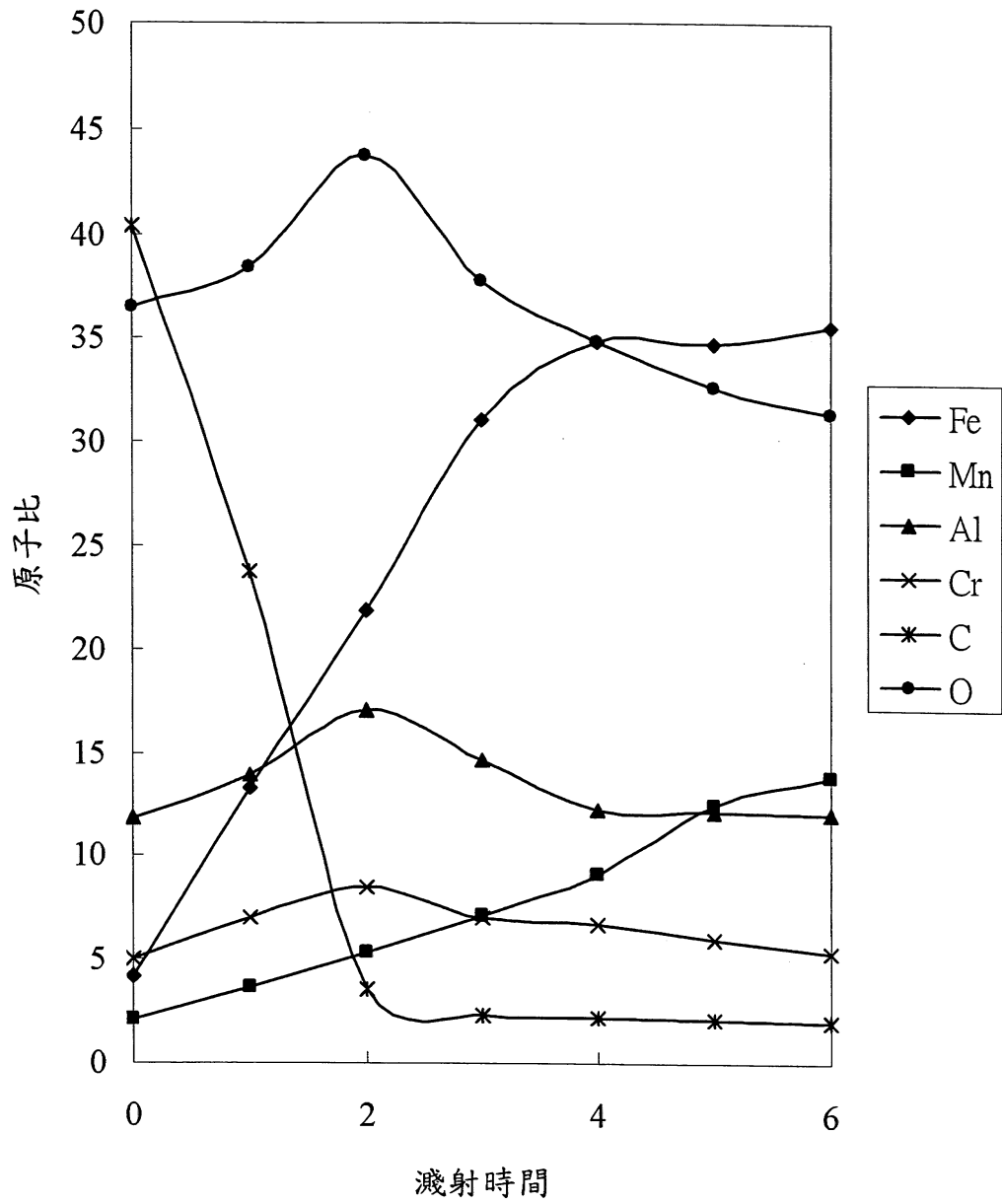
第一圖



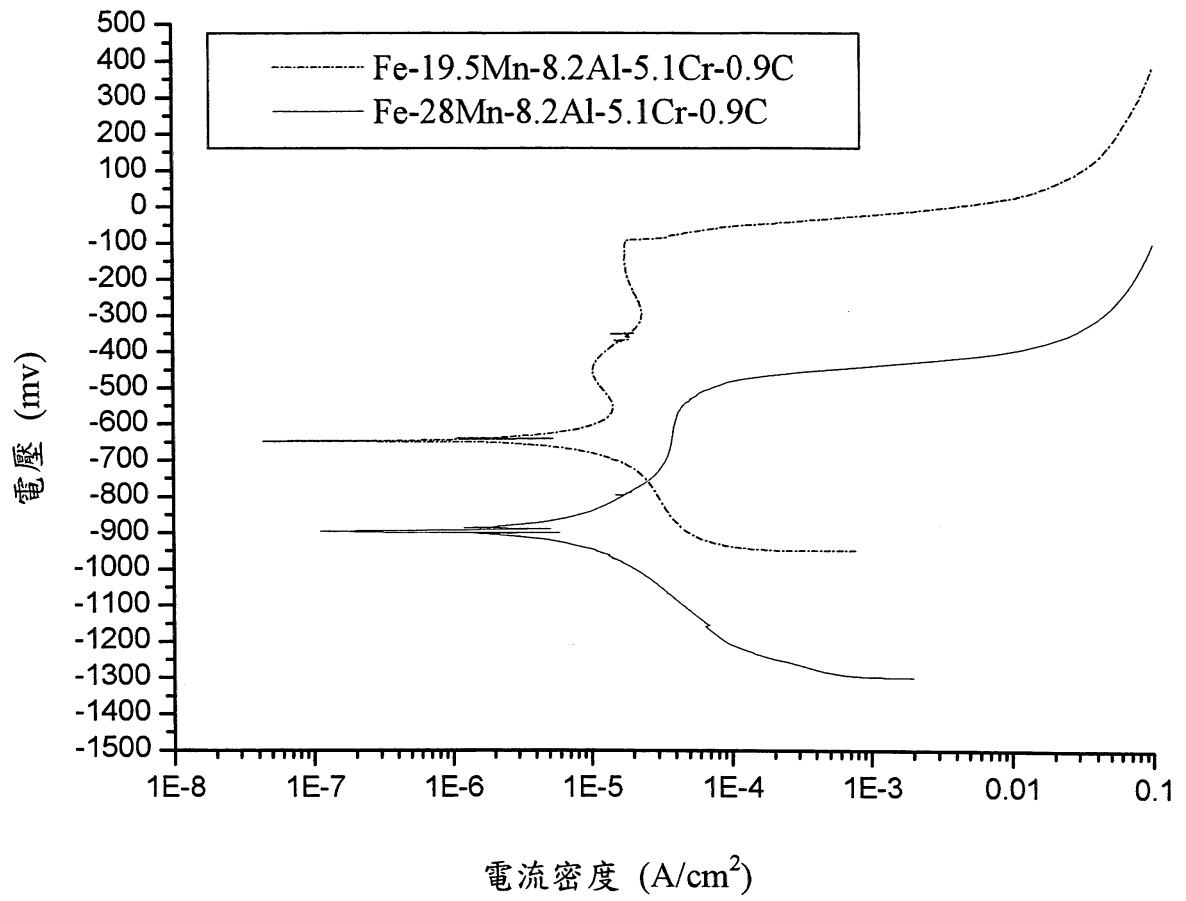
第二圖



第三圖



第四圖



第五圖