

公告本

申請日期	90.12.31
案號	90133182
類別	HUIF 1/4

C22C 19/7

530313

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中文	鐵-鈷-鈦合金
	英文	Iron-cobalt-vanadium alloy
二、發明 創作人	姓名	1.西沙拉瑪 C. 帝維 (Seetharama C. DEEVI) 2.蘭加拉 S. 森達 (Rangaraj S. SUNDAR) 3.德瓦達西 H. 薩斯崔 (Dwadasi H. SASTRY)
	國籍	1.美國 2.印度 3.印度
	住、居所	1.美國維吉尼亞州 23113 米德塞尼恩惠勒衛道 8519 號 2.美國維吉尼亞州 23112 米羅憲獵師道 5327L 號 3.美國維吉尼亞州 23112 米羅憲獵師道 5327G 號
三、申請人	姓名 (名稱)	克里塞里斯科技股份有限公司 (CHRYSALIS TECHNOLOGIES INC.)
	國籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國維吉尼亞州 23237 瑞屈蒙白松路 7801 號
	代表 姓名	克里斯多夫 L. 爾文 (Christopher L. Irving)

承辦人代碼：
大類：
I P C 分類：

本案已向：

美國（地區）申請專利，申請日期： 案號 ， 有 無主張優先權

2001.01.11 09/757,625

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

五、發明說明 (1)

發明背景

發明領域

本發明係關於可用於如飛行器噴射引擎輔助動力單位之轉子、定子及/或磁性軸承之應用的具有高飽和磁性之高溫、高強度磁性合金。

技藝狀態

在以下之技藝狀態之討論中，參考特定結構及/或方法。然而，以下之參考資料不應視為承認這些結構及/或方法組成先行技藝。申請人明確地保留證明此結構及/或方法不認可成為本發明之先行技藝之權利。

含 33-55% 鈷 (Co) 之二元鐵-鈷 (Fe-Co) 合金由於在低於 730°C 之溫度形成有序超晶格而極脆。加入約 2% 釩 (V) 抑制此種成為有序結構之轉變，而且使合金可在由約 730°C 驟冷後冷加工。加入 V 亦因增加電阻率因而降低渦流損失，而對合金有益。

一般已接受 Fe-Co-V 合金作為用於在中高磁場需要高磁性誘導之應用的最佳商業可得合金。已發現增至 2 重量% 之 V 不造成飽和之顯著下降，且仍抑制排序反應至冷加工可行之程度。

然而，使用低於 2 重量% 釩之習知 Fe-Co-V 合金具有不欲之固有性質。例如，在磁性材料發生大量磁性損失時，磁性材料之能量效率顯著地退化。此外，習知 Fe-Co-V 合金在接受快速電流波動時呈現特定之不適合磁性性質。此

五、發明說明 (2)

外，V 百分比超過 2 重量%時，材料之 DC 磁性性質退化。

在常見形式，Fe-Co-V 軟磁性合金之組成物比磁性純鐵或磁性矽鋼呈現有利磁性性質、強度、及電阻率之平衡。這些型式之合金常用於其中需要具有高飽和磁通量密度之磁性材料的裝置。Fe-Co-V 合金已用於各種需要高飽和磁化應用，即作為用於飛行器之發電機層合材料，及高場磁鐵之磁極端。此裝置通常包括具有約 48-52 重量%之 Co、低於 2.0 重量%之 V、些微之雜質、其餘為 Fe 之化學組成物之軟磁性材料。

Liu 之美國專利 4,647,427 揭示含長範圍次序以增強機械性質之 Fe-Co-V 合金之實例。此合金包括以重量%計約 16%Fe、22-23%V、0-10%Ni、添加物(0.4-1.4%Ti、Zr 或 Hf、0.5%Al、0.5%Ti+0.5%Al、0.9%Ti+0.5%Al、3.2%Nb、及 0.8%Ti+1.2%Nb+0.4%Ce)、其餘為 Co。此合金之有序晶格可改良強度，包括磁場強度如溫度函數之反向關係。以鈦(Ti)取代 V 以改良機械性質，及加入鈮(Nb)以改良潛變性質。

Rawlings 等人之美國專利 4,933,026 揭示含 V 與 Nb 之軟磁性鈷-鐵合金。此合金包括以重量%計 34-51%Co、0.1-2%Nb、1.9%V、0.2-0.3%Ta、或 0.2%Ta+2.1%V。Rawlings 等人亦提及先前已知之含 45-55%Fe、45-55%Co 與 1.5-2.5%V 之磁性合金。Rawlings 等人之合金之目的為得到高飽和磁化組合延展性。Rawlings 等人之合金之延展性及磁化歸因

五、發明說明 (3)

於加入鈮(Nb)。此外，Rawlings 等人提及此合金在如磁極端之應用與太空應用之用途。

Tanaka 之美國專利 5,252,940 揭示具有 1:1 之 Fe 對 Co 比例且含 2.1-5%V 之 Fe-Co 合金。Tanaka 之 Fe-Co-V 組成物藉由降低渦流而在波動 DC 條件下提供高能量效率。

FeCoV 合金揭示於美國專利 3,634,072 ; 3,891,475 ; 3,977,919 ; 4,116,727 ; 4,933,026 ; 5,067,993 ; 5,252,940 ; 5,501,747 ; 5,741,374 ; 及 5,817,191 , 因為其有關此合金之熱機械處理 , 這些揭示在此併入作為參考。

依照 Phillip G. Colegrove 之文章 "Integrated Power Unit for a Moore Electric Airplane" , AIAA/AHS/ASEE Aerospace Design Conference, 1993 年 2 月 16 日 , 加州 Irvine , 整合動力單位提供用於主引擎起動及用於飛行中緊急動力 , 及用於正常輔助動力功能之電力。此單位由以磁性軸承支撐之主軸驅動之交換磁阻起動器發電機輸出電力。起動器發電機暴露於嚴厲條件及環境中 , 在此其必須於 , 例如 50,000 至 70,000rpm 之轉速及約 500°C 之連續操作溫度作用。機械轉子與定子可由各為約 0.006 至 0.008 英吋厚之層合物之堆疊組成。轉子堆疊可為的 5 英吋長 , 直徑約 4.5 英吋 , 及定子外徑可為約 9 英吋。已提議英國之 Telcon Metal Limited 製造之合金 HiSat-50 在提供所需強度與磁性性質組合之溫度退火以用於定子與轉子層合物。磁性軸承經主軸對磁力產生器之吸引而非排斥操作 , 軸承呈

五、發明說明（4）

現所需軸承硬度、負載力、可操作溫度、及操作頻率之組合。軸承之操作溫度可為 650°F 之級數。

依照 Richard T. Fingers 等人之文章 "Mechanical Properties of Iron-Cobalt Alloys for Power Applications"，已提議鐵-鈷合金用於在主推進引擎之整合動力單位及內起動器/發電機中使用之磁性軸承。兩種調查之鐵-鈷合金包括得自 Carpenter Technology Corporation 之 Hiperco™ 合金 50HS 及得自 Telcon Limited 之 HS50。在 1300 至 1350°F 熱處理 1 至 2 小時後，評估由 0.006 英吋厚軋鋼片製備之樣本的張力性質。兩種材料均歸類為具有 B2-有序微結構，但具有低百分比釩以增加延展性及用於顆粒強化之其他添加物之近 50-50 鐵-鈷合金。合金 50HS 報告為以重量%計包括 48.75%Co、1.90%V、0.30%Nb、0.05%Mn、0.05%Si、0.01%C、其餘為 Fe，而 HS50 包括 49.5%Co、0.27%V、0.45%Ta、0.04%Mn、0.08%Si、其餘為 Fe。在 1300°F 退火之合金報告為呈現最高強度，而在 1350°F 退火者產生最低強度。依照此文章，在發展馬達、發電機及磁性軸承時，考慮在實際使用條件下之機械行為、電行為及磁性性質為必要的。對於轉子應用，這些條件為高於 1000°F 之溫度及暴露於 500 赫茲頻率之 2 Tesla 之交流磁場，而且夾緊轉子造成大壓縮軸向負擔，而轉子之轉動可產生約 85ksi 之張力箍環應力。因為渦流損失與電阻率成反比，電阻率越大，則渦流損失越低且產生熱。電阻率數據證明，在 1300 至

五、發明說明（5）

1350°F 之溫度退火 1 小時之 50HS 顯示約 43 微歐姆-公分之平均室溫電阻率，而在 1300 至 1350°F 之溫度退火 2 小時之 HS50 顯示 13.4 微歐姆-公分之值。此文章結論為，兩種合金顯然均為需要相當高強度及良好磁性與電性能之機械設計之良好選擇。

習知軟磁性合金廣泛地用於需要高飽和磁化值之處。然而，其降伏強度在室溫低，而強度在高溫更低，使其不適合用於如材料承受高溫與離心應力之噴射引擎磁性部份之應用。合金設計對於太空應用為重要的，而且在對材料施加磁性需求及高溫強度需求時甚至變成更困難。本發明 Fe-Co-V 合金之室溫及高溫強度及高電阻率克服習知軟磁性合金之這些及其他缺點。

發明概要

茲提供一種 Fe-Co-V 合金，其中組份之重量百分比為使得 $(Fe+Co) \geq 90$ ， $(Fe-Co) \geq 10$ ，及 1.5 至 10% 之 V。此合金可為以鐵為主、以鈷為主、或無基本金屬。額外之合金組份包括 B、C、Nb、Ti、W、Ni、及/或 Mo。

圖式之簡要說明

本發明之目的及優點由以下結合附圖之較佳具體實施例之詳細說明而變為明顯，其中類似之數字代表類似之元件，而且其中：

第 1 圖為顯示組成物範圍及有序 Fe-Co 合金之排序溫度之 Fe-Co 平衡圖；

五、發明說明（6）

第 2 圖顯示依照本發明之合金在室溫之張力強度；

第 3 圖顯示依照本發明之合金在室溫之降伏強度；

第 4 圖顯示依照本發明之合金在室溫及在 600°C 之總伸長；

第 5-7 圖為顯示對於約 18 毫米標點距離及約 0.7 毫米厚度之應力釋放(700°C /2 小時及爐冷卻)片樣品，在空氣中在室溫及 600°C 進行之張力試驗結果之圖表。由應力-應變曲線測量降伏強度、最終張力強度及破碎伸長(延展性)；

第 8-9 圖顯示使用磁力計測量由室溫至 600°C 之磁性性質測量(飽和磁化及保磁性)。保磁性值與微結構有關，而且可藉適當熱處理而降低；

第 10 與 11 圖顯示在 1100°C 熔化 10 分鐘，在冰鹽水中驟冷及在 600°C 老化之合金之硬度值。第 10 圖顯示得到之最大維克氏硬度，及第 11 圖顯示在 100 小時老化後之硬度；

第 12 圖顯示對於約 18 毫米標點距離及約 0.7 毫米厚度之片樣品，依照本發明之合金在 220MPa 應力下，在空氣中在 600°C 有或無老化處理(1100°C 10 分鐘/冰鹽水驟冷/在 600°C 老化)而試驗之潛變數據。由潛變曲線計算最小潛變速率與破裂時間；

第 13 圖顯示在 600°C 之最小潛變速率如施加於樣品之應力之函數；及

第 14 圖顯示各種依照本發明之合金以如在 600°C 之時間函數之重量增加表示之靜態氧化試驗結果。

五、發明說明 (7)

較佳具體實施例之詳細說明

表 1a 提供軟磁性 Fe-Co-V 合金之例示組成物之重量%(及表 1b 提供組成物之原子%)。SM-1 類似目前商業製造之先行技藝 Fe-Co-V 合金，而樣品 SM-1a-e 為其依照本發明之實驗變化。樣品 SM-2 至 SM-13c 為本發明合金。基於組成物有三大組合金。第一組為以鈷為主合金。SM-2 為此以鈷為主合金之實例。第二組為無超過 50 重量%之基本金屬之合金，其中鐵或鈷均不大於組成物之 50 重量%。SM-3 為此組之代表。第三為以鐵為主合金。SM-4 至 SM-13 代表此組。

本發明以鈷為主 Fe-Co-V 合金之組成物含至少 1.5 重量% 釩，較佳為 4 至 10%V。比較先行技藝 SM-1 樣品，SM-2 之特徵性質證明增加釩含量之影響。類似地，設計樣品 SM-3 至 SM-13 之特徵以評估各種合金組份對合金性質之影響。廣義言之，組成物間之變化包括將釩含量增至大於 7 重量%，及加入不同之硼、碳、鉬、鈮、鎢、鎳、及鈦組合。

五、發明說明(8)

表 1a

樣品	組成物(重量%)									
	Fe	Co	V	B	C	Mo	Nb	W	Ni	Ti
SM-1 (先行技藝)	其餘	50.43	1.78							
SM-1a	其餘	50.11	1.95	0.01		0.83	0.81			
SM-1b	其餘	49.57	1.92	0.01		0.82	0.80	1.58		
SM-1c	其餘	49.55	1.92	0.01		0.82	0.80	1.58	1.01	
SM-1d	其餘	49.03	1.90	0.01		0.81	0.79	3.12		
SM-1e	其餘	49.59	1.92	0.01	0.01	0.82	0.80	1.58		
SM-2	其餘	50.56	4.46							
SM-2a	其餘	49.66	4.38	0.01	0.00	0.83	0.80	1.58	1.01	
SM-3	其餘	46.53	4.47							
SM-4	其餘	41.48	4.48							
SM-4a	其餘	40.74	4.40	0.01	0.00	0.83	0.80	1.59	1.01	
SM-4b	其餘	40.78	4.41	0.01	0.03	0.83	0.80	1.59	1.02	
SM-5	其餘	35.98	7.77							
SM-5a	其餘	35.74	4.41	0.01		0.83	0.80	1.59	1.02	
SM-5b	其餘	35.35	4.36	0.01		0.82	0.80	3.15	1.01	
SM-5c	其餘	35.70	1.94	0.01	0.03	0.83	0.80	1.59	1.02	
SM-6	其餘	41.48	4.48	0.001						
SM-7	其餘	41.53	4.49	0.001	0.03					
SM-8	其餘	41.38	4.47	0.001	0.03	0.84				
SM-9	其餘	41.25	4.45	0.001	0.03	0.84	0.81			
SM-10	其餘	41.28	4.46	0.001	0.03	0.84	0.81			0.42
SM-10a	其餘	40.83	4.41	0.01	0.03	0.83	0.80	1.59		0.41
SM-11	其餘	41.41	4.47	0.001	0.03	0.84				0.42
SM-12	其餘	41.42	4.47	0.001	0.03		0.82			0.42

五、發明說明 (9)

SM-13	其餘	36.33	7.71	0.001	0.03	0.85	0.82			0.42
SM-13a	其餘	35.93	7.63	0.01	0.03	0.84	0.81	1.60		0.42
SM-13b	其餘	35.91	7.63	0.01	0.03	0.84	0.81	1.60		
SM-13c	其餘	35.87	7.62	0.01		0.83	0.81	1.60		

表 1b

樣品	組成物 (原子%)									
	Fe	Co	V	B	C	Mo	Nb	W	Ni	Ti
SM-1 (先行技藝)	其餘	49	2							
SM-1a	其餘	49	2.2	0.05		0.5	0.5			
SM-1b	其餘	49	2.2	0.05		0.5	0.5	0.5		
SM-1c	其餘	49	2.2	0.05		0.5	0.5	0.5	1.0	
SM-1d	其餘	49	2.2	0.05		0.5	0.5	1.0		
SM-1e	其餘	49	2.2	0.05	0.05	0.5	0.5	0.5		
SM-2	其餘	49	5							
SM-2a	其餘	49	5	0.05		0.5	0.5	0.5	1.0	
SM-3	其餘	45	5							
SM-4	其餘	40	5							
SM-4a	其餘	40	5	0.05		0.5	0.5	0.5	1.0	
SM-4b	其餘	40	5	0.05	0.15	0.5	0.5	0.5	1.0	
SM-5	其餘	35	8.6							
SM-5a	其餘	35	5	0.05		0.5	0.5	0.5	1.0	
SM-5b	其餘	35	5	0.05		0.5	0.5	1.0	1.0	
SM-5c	其餘	35	2.2	0.05	0.15	0.5	0.5	0.5	1.0	
SM-6	其餘	40	5	.005						
SM-7	其餘	40	5	.005	0.15					
SM-8	其餘	40	5	.005	0.15	0.5				
SM-9	其餘	40	5	.005	0.15	0.5	0.5			

五、發明說明 (10)

SM-10	其餘	40	5	0.005	0.15	0.5	0.5			0.5
SM-10a	其餘	40	5	0.05	0.15	0.5	0.5	0.5		0.5
SM-11	其餘	40	5	.005	0.15	0.5				0.5
SM-12	其餘	40	5	.005	0.15		0.5			0.5
SM-13	其餘	35	8.6	0.05	0.15	0.5	0.5			0.5
SM-13a	其餘	35	8.6	0.05	0.15	0.5	0.5	0.5		0.5
SM-13b	其餘	35	8.6	0.05	0.15	0.5	0.5	0.5		
SM-13c	其餘	35	8.6	0.05		0.5	0.5	0.5		

Fe-Co-V 組成物之基本組份為使得其組成物大於全部之 90 重量%之比例之鐵及鈷。此外，對於以鐵為主 Fe-Co-V 合金，鐵比例與鈷比例之差大於或等於 10 重量%。其餘組成物變化可在 2 種鈳程度下分類：第一種程度大於 15%，較佳為至少 4 重量%，及第二種程度大於 7 重量%。

第 2 圖顯示各種本發明合金在室溫之張力強度。亦包括先行技藝合金 SM-1 及先行技藝合金 Vacoflux-17 與 Vacoflux-50。後兩種先行技藝樣品為得自德國 Vacuumschmelze GbmH 之商業產品。如第 2 圖所示，先行技藝商業可得 Fe-Co-V 合金之張力強度 MPa 一般為 350-450MPa 之範圍。相對地，本發明樣品顯示至少 500MPa，較佳為至少 800MPa 之張力強度。本發明樣品 SM-2 顯示大於 1200MPa 之張力強度。SM-2 具有比先行技藝樣品 SM-1 與其他先行技藝樣品增加之鈳及較低之 Co 含重。因此，SM-2 呈現之非常大量張力強度增加可歸因於增加鈳及降低鈷含量。

SM-3 表示其中不存在超過 50 重量%之基本金屬之本發

五、發明說明 (11)

明樣品。在此，如樣品 SM-2，釩含量大於 4 重量%。由第 2 圖可見到，SM-2 與 SM-3 之張力強度相近，均為約 1200MPa。因此，結論可為 SM-2 與 SM-3 所示之張力強度與增加之釩含量(而非作為基本金屬之鐵與鈷之間之小變化)有較強之關聯。

SM-4 與 SM-5 為本發明以鐵為主樣品，其中釩含量為 4 至 8 重量%，其餘組成物為鈷。SM-4 與 SM-5 之張力強度為 850 至 1100MPa 之範圍。其為比先行技藝樣品呈現為高之張力強度。其可歸因於增加之釩含量，如由得自在其他本發明合金中增加釩含量之結果所支持。此外，以鐵為主合金不具有以鈷為主合金或無基本金屬合金一樣高之張力強度。即使是在兩種本發明合金 SM-4 與 SM-5 之間，將釩由約 4.5 增至約 7.5 重量%可增加張力強度，並且支持 V 之有益強化效果之結論。得自 SM-5 之結果支持此結論。

其餘本發明樣品 SM-6 至 SM-13 大致顯示本發明之以鐵為主合金具有約為先行技藝樣品兩倍之張力強度。SM-13 顯示釩含量增加與張力強度增加有關。

第 3 圖顯示本發明合金相對比較性樣品及 Vacoflux 合金在室溫之降伏強度。通常，先行技藝 Fe-Co-V 合金特徵為 250-350MPa 之降伏強度。相對地，本發明樣品 SM-2 至 SM-13 顯示 400MPa 之最小降伏強度，及約 600 至 800MPa 之較佳降伏強度。發現最高降伏強度為本發明樣品 SM-13 且大於 1,200MPa。

五、發明說明 (12)

本發明樣品之降伏強度趨勢類似在張力強度所討論者。對於其中釩含量比先行技藝樣品增加之以鈷為主 Fe-Co-V 合金，已測得超過 1,000MPa 之降伏強度。其暗示將釩增至大於 4 重量%可證明降伏強度增加。同樣地，對於不具有超過 50%之基本材料之本發明樣品 SM-3，降伏強度與 SM-2 相近。其顯示釩含量可能為控制實現此高降伏強度之因素，而與基本材料之變化無關。對於以鐵為主 Fe-Co-V 合金，本發明樣品 SM-4 與 SM-5 呈現 400-600MPa 之降伏強度。釩含量由 4 增至 7 重量%(例如，本發明樣品 SM-5)顯示釩之增加有助於降伏強度增加。

本發明樣品 SM-6 至 SM-13 為具有不同組成物組份之以鐵為主合金。這些樣品均具有高於 500MPa 之降伏強度，其比先行技藝增加約 50%，而且其中釩含量大於 7 重量%之 SM-13 之降伏強度出乎意料地增至 1,300MPa。

第 4 圖顯示合金在室溫及在 600°C 之總伸長。先行技藝樣品 SM-1 為目前可得商業產品之代表。SM-1 之室溫總伸長為約 1%，而且在 600°C 之總伸長為約 12%。比較先行技藝樣品，本發明樣品 SM-4 與 SM-5 之總伸長顯示出乎意料之改良。SM-4 與 SM-5 為以鐵為主 Fe-Co-V 合金，SM-5 具有比 SM-4 高之 V。在室溫大於約 15%及在 600°C 大於約 25-30%之令人驚奇之總伸長增加可歸因於基本合金之釩由 4 增至大於 7 重量%。樣品 SM-6 至 SM-13 顯示至少如先行技藝樣品所呈現一樣良好之總伸長。

五、發明說明 (13)

已發展本發明合金 SM-2 至 SM-13 以提供下一代鐵-鈷-釩合金作為具有格外高強度之磁性材料。表 1 已提供設計符合這些目標之軟磁性合金之組成物。如表 1 所示，已加入許多種不同之合金添加物以改良在室溫之強度及保留在高溫之強度。最佳為得到在 600°C 至多 5,000 小時之期間呈現格外良好抗潛變性之合金。這些合金之降伏強度顯示 SM-2 至 SM-13 之強度顯著地比先行技藝商業合金高。此外，許多合金符合在室溫 700MPa 之嚴格標準。這些合金之張力強度亦顯著地比商業合金高。事實上，合金之一，SM-13，具有超過 1,300MPa 之降伏強度及約 1,600MPa 之張力強度。此材料對於高強度應用非常有用。

本發明合金 SM-2 至 SM-13 呈現高電阻率。高電阻率降低渦流損失。因此，這些合金比現存商業合金降低渦流損失，例如，降低至多 50% 之渦流損失。

預期改良之溫度相關強度性質、磁化飽和、及渦流性能損失提供優於目前商業應用(如發電機極度屐、高性能轉子、及太空應用)之已知合金之優點。

依照本發明之合金可用於各種應用，包括：飛行器噴射引擎用內起動器/發電機、高性能變壓器、電引擎及發電機用層合材料、高場磁鐵用磁極端、如撞擊式印表機之裝置用之磁性驅動致動器、電話耳機用膜片、電樞軛系統(如柴油直接燃料噴射引擎)之電磁閥、磁效伸縮轉換器、電磁控制吸收及排氣噴嘴、防鎖死煞車系統用感應計速器中之通量

五、發明說明（14）

導引零件、磁透鏡、快速反應磁性開關用電磁閥核、以高頻率操作之磁性電路等。因為本發明之合金在高溫呈現高強度同時提供所需之磁性性質，其可作為飛行器噴射引擎周內起動器/發電機單位之軸承、定子及/或轉子，其中操作溫度可為 550°C 之級數，同時此部份接受500赫茲頻率之2 Tesla之交流磁場。本發明之合金亦呈現在此環境所需之其他性質，如至少700MPa之降伏強度、40至60微歐姆-公分之電阻率、在 550°C 之高潛變速率、及良好之抗腐蝕性。由於其高通量密度、高飽和感應、高居禮密度、高導磁係數、及低保磁性，本發明之合金可用於高性能轉換器。本發明之合金可作為電引擎及發電機用層合材料，其中操作溫度為 200°C 或更高之級數。由於此合金在高感應呈現正常導磁係數，此合金亦可用於高場磁鐵之磁極端。由於此合金在快速波動電流下呈現低磁性損失，此合金可用於如撞擊式印表機之裝置中之磁性驅動致動器。因為其在高感應之高正常導磁係數與高增量導磁係數，及呈現適當之機械性質，本發明之合金可用於電話耳機之膜片。由於此合金呈現足以承受高燃料壓力之強度，此合金可作為柴油直接噴射燃料系統中電樞軛系統之電磁閥。因為此合金在小厚度呈現低渦流損失(低保磁性)及高電阻(增加操作頻率範圍)

五、發明說明 (15)

，此合金可作為磁性致動部份，如電磁閥核及快速反應磁性開關，或以高頻率操作之磁性激勵電路。

依照本發明之鐵-鈷合金具有改良之強度與抗潛變性，及磁性性質與抗氧化性。此合金可加入 V、Mo、Nb、Ti、W、Ni、C、B、及其混合物。例如，合金可包括重量%為 30 至 51%Co、2 至 8%V、0.2 至 3.0%Mo、0.5 至 2.0%Nb、0.3 至 2.0%Ti、1 至 5%W、1 至 2%Ni、0.01 至 0.1%C、及 / 或 0.001 至 0.02%B。

依照本發明之合金在各種上述應用中呈現有用性質之所需組合。例如，合金可呈現在室溫至少 500 MPa 及在 600°C 400MPa 之降伏強度。此合金可呈現在室溫至多 1300MPa 及在 600°C 至多 800MPa 之降伏強度。此合金可呈現在室溫至少 800MPa 及在 600°C 600MPa 之最終張力強度。合金可呈現在室溫至少 3.5% 及在 600°C 至少 7.5% 之伸長。伸長在室溫可高達 23% 及在 600°C 為 35%。合金在 600°C 呈現良好之抗潛變性。例如，合金在 200 至 600MPa 之應力下可呈現 5×10^{-8} 秒⁻¹ 之最小潛變速率。合金在室溫可呈現至少 190emu/克之飽和磁化，及在 600°C 級數之高溫良好保留此性質。視組成物而定，合金可呈現超過 200emu/克之飽和磁化。合金呈現良好之電阻率，例如，40 至 100 微歐姆-公分。合金呈現比商業可得 FeCoV 更佳之抗氧化性，例如，在 600°C 200 小時後 1.0 毫克/平方毫米或更低之重量增加。

五、發明說明 (16)

依照本發明之軟磁性材料呈現可用於上述各種應用之性質之所需組合。例如，合金呈現高居禮溫度(T_c)，例如，650 至 720°C 級數之居禮溫度。合金亦呈現高飽和磁化(M_s)，例如，2 至 2.35 特士拉。合金在室溫亦呈現高降伏強度，例如，在室溫至少 700MPa 之降伏強度。合金亦呈現高抗潛變性，例如，在 500 至 650°C 級數之溫度如 5000 小時之長時間，在 200 至 600MPa 之應力下 10^{-8} 至 10^{-10} /秒之潛變速率。合金亦呈現高電阻率，例如，40 至 100 微歐姆-公分。此外，合金亦呈現良好之延展性與良好之形成力、層合複合物形式之良好動態性質、良好抗腐蝕性、及良好之成本對性能比例。

比較商業 FeCoV 合金，依照本發明之合金由於其低 Co 含量而較經濟，在室溫及如 600°C 之高溫較高之強度，及/或在有序狀態為良好之優良室溫延展性，同時呈現相近之抗潛變性與磁性性質。此外，依照本發明之合金呈現比商業 FeCoV 合金更高之電阻率及更佳之抗氧化性。

依照本發明之合金可藉各種技術處理，包括鑄製、粉末冶金及電漿噴灑法。例如，可將合金鑄成條，條可在 900 至 1100°C 之溫度鍛造以將鑄製結構破碎，鍛造可熱軋以形成片，熱軋片可由 905°C 級數之高溫在低於 0°C 之冰鹽水溶液中驟冷以形成具有無序結晶結構之片，將片冷軋成所需大小(例如，可將片減小 60 至 90%而軋製)，可將冷軋片

五、發明說明 (17)

退火，例如，合金可在空氣中在 400 至 700°C 老化硬化至多 50 小時。在粉末冶金法中，可將合金霧化，霧化粉末可混合黏合劑而且藉軋壓或帶鑄將粉末混合物形成所需形狀，如片，將片加熱以使黏合劑揮發，繼而部份燒結，將部份燒結片冷軋成所需厚度及將冷軋片退火，例如，老化硬化。如果需要，可藉電漿噴灑將霧化粉末形成片，而且可將電漿噴灑片冷軋及退火，如藉由老化硬化。在上述之軋壓/帶鑄/電漿噴灑法中除了使用霧化粉末，亦可將霧化粉末機械地合金以在其中包括如 Y_2O_3 之氧化物分散膠體。粉末混合物可以適當之研磨介質(如氧化鋯或不銹鋼球)研磨適當之時間(如 2-20 小時)，以得到所需粒度及得到氧化物顆粒在研磨混合物中之均勻分布。粉末混合物可如上所述而處理，而且在熱處理後片可具有 0.5 至 2 重量%之氧化物含量及/或 1 至 30 微米之平均粒度。

在以依照本發明之片製造層合產物時，希望在層間包括絕緣屏障。此絕緣屏障可藉由在片表面上施加薄膜塗層而提供。例如，可藉任何適當之技術(如噴鍍或陰極電弧沈積)將如鋁化鐵之絕緣材料(在高溫絕緣)施加在片上。或者，可藉任何適當之技術(如凝膠處理)將如氧化鋁之氧化物塗層提供於片上。如此塗覆之片可組成層合物件，而且藉任何適當之技術保持在一起，例如，藉適當夾緊而機械地連接或藉硬焊而冶金地結合等。

雖然本發明已關於其較佳具體實施例而敘述，熟悉此技

五、發明說明（18）

藝者應了解，可進行未特別地敘述之補充、刪除、修改、及取代而不背離如所附申請專利範圍所定義之本發明精神及範圍。

四、中文發明摘要（發明之名稱：鐵 - 鈷 - 釩 合金)

茲提供一種高強度軟磁性 Fe-Co-V 合金，其中組份之重量百分比為 $(Fe+Co) \geq 90$ ， $(Fe-Co) \geq 10$ ，及 1.5 至 10% 之 V。可存在額外之合金組份，包括 B、C、Nb、Ti、W、Ni、與 Mo。

英文發明摘要（發明之名稱： Iron-cobalt-vanadium alloy)

A high strength soft magnetic Fe-Co-V alloy is provided in which the weight percent of constituents are such that $(Fe+Co) \geq 90$, $(Fe-Co) \geq 10$, and 1.5 to 10% V. Additional alloying constituents, including B, C, Nb, Ti, W, Ni and Mo, can be present.

六、申請專利範圍

1. 一種高強度軟磁性 Fe-Co-V 合金，其以重量%計包括
(Fe+Co) \geq 90%，
(Fe-Co) \geq 10%，及
1.5 至 10%之 V，此合金具有至少 500MPa 之室溫最終張力強度。
2. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其更包括 0.0005 至 0.3%B，較佳為 0.005 至 0.2%B。
3. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其更包括 0.005 至 0.3%C，較佳為 0.01 至 0.2%C。
4. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其更包括 0.05 至 4%Nb，較佳為 0.5 至 2%Nb。
5. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其更包括 0.05 至 4%Ti，較佳為 0.3 至 1%Ti。
6. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其更包括 0.05 至 4%Mo，較佳為 0.1 至 1%Mo。
7. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其更包括 0.05 至 4%W，較佳為 0.1 至 1.5%W。
8. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其更包括 0.05 至 4%Ni，較佳為 0.1 至 1.5%Ni。
9. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金包括 30 至 51%Co 及 4 至 10%V。
10. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金包括 30 至 51%Co 及 5 至 10%V。
11. 如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金為無鎳及/或

六、申請專利範圍

無鉻。

- 12.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金包括 0.0005 至 3%B、0.005 至 0.3%C、0.05 至 2%Mo、0.05 至 2%Nb 0.05 至 2%W、及 0.05 至 2%Ni。
- 13.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金呈現在室溫至少 800MPa，較佳為至少 1200MPa 之最終張力強度。
- 14.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金呈現在室溫至少 400MPa，較佳為至少 600MPa，更佳為至少 900MPa 之降伏強度。
- 15.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金呈現在 600°C 至少 400MPa，較佳為至少 600MPa 之降伏強度。
- 16.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金呈現在室溫至少 3%，較佳為至少 10%之總伸長。
- 17.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金呈現在 600°C 至少 7%，較佳為至少 12%之總伸長。
- 18.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金在 600°C 在至少 200MPa 之應力下呈現至少 10^{-8} /秒，較佳為至少 10^{-10} /秒之抗潛變性。
- 19.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金呈現在室溫至少 190emu/克之飽和磁化。
- 20.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金呈現至少 40 微歐姆-公分，較佳為 40 至 100 微歐姆-公分之電阻率。
- 21.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金在 600°C 暴露於空氣 200 小時時，呈現 1 毫克/平方公分或更小之重量增

六、申請專利範圍

加。

22.一種高強度軟磁性 Fe-Co-V 合金，其以重量%計本質上包括

44-49%Fe，

30 至 52%Co，及

4 至 8%V。

23.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金包括 4 至 5%V。

24.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金包括 35 至 41.5%Co。

25.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金包括 41.5 至 50%Co。

26.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金呈現在室溫至少 800MPa，較佳為至少 1200MPa 之最終張力強度。

27.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金呈現在室溫至少 400MPa，較佳為至少 600MPa，更佳為至少 900MPa 之降伏強度。

28.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金呈現在 600°C 至少 400MPa，較佳為至少 600MPa 之降伏強度。

29.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金呈現在室溫至少 3%，較佳為至少 10%之總伸長。

30.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金呈現在 600°C 至少 7%，較佳為至少 12%之總伸長。

31.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金在 600°C 在至少 200MPa 之應力下呈現至少 10^{-8} /秒，較佳為至少

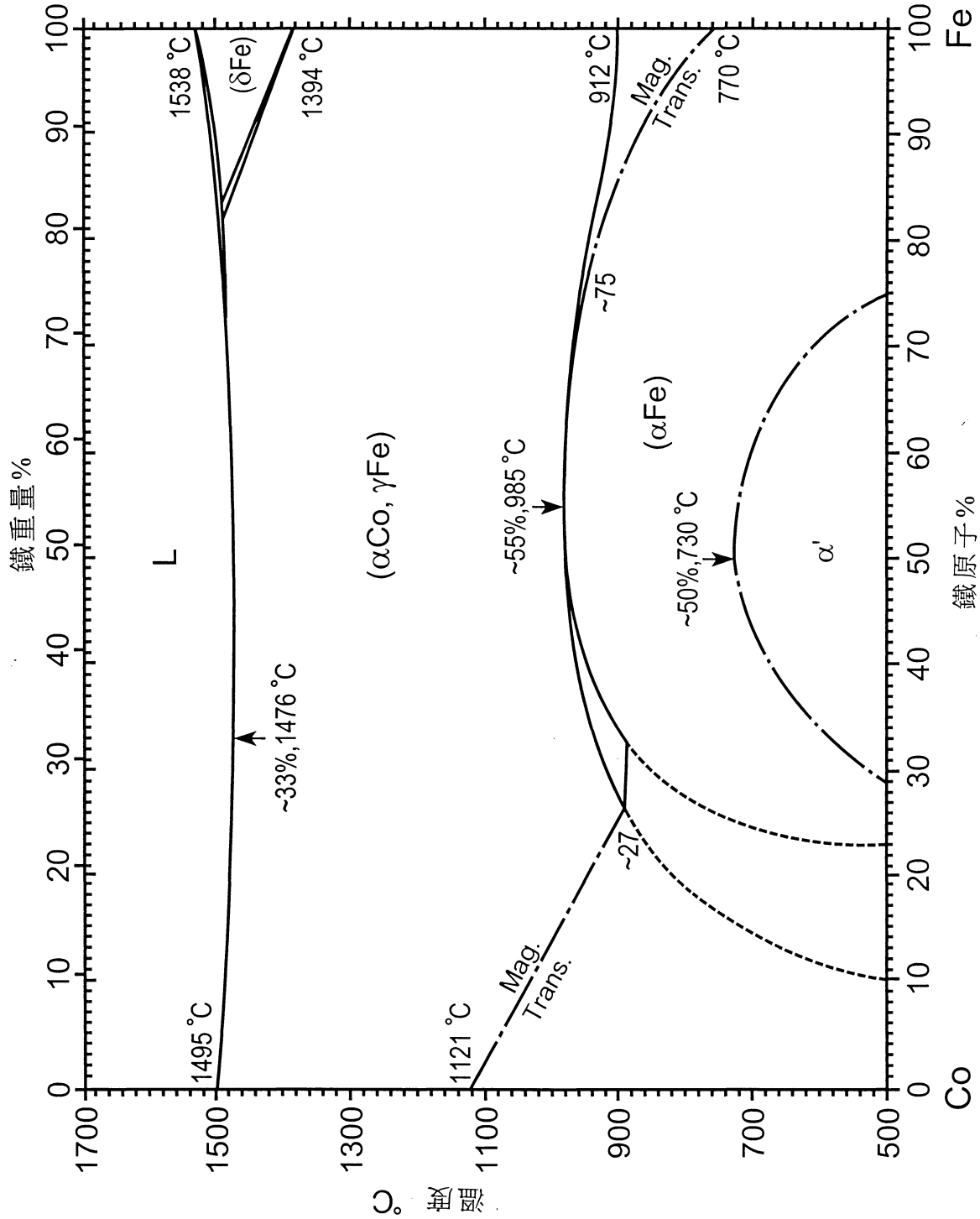
六、申請專利範圍

10^{-10} /秒之抗潛變性。

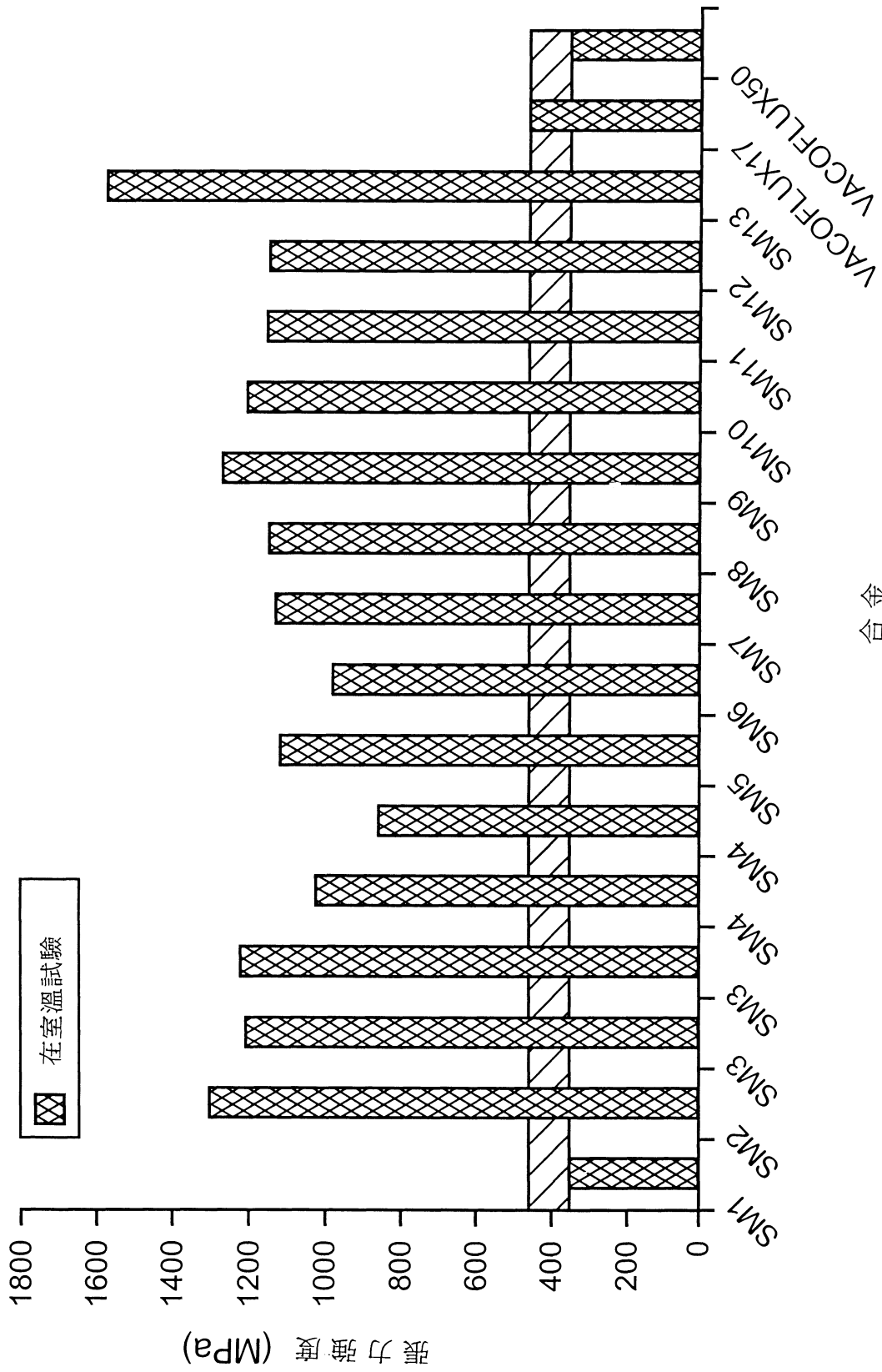
- 32.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金呈現在室溫至少 190emu/克之飽和磁化。
- 33.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金呈現至少 40 微歐姆-公分，較佳為 40 至 100 微歐姆-公分之電阻率。
- 34.如申請專利範圍第 22 項之合金，其中合金在 600°C 暴露於空氣 200 小時時，呈現 1 毫克/平方公分或更小之重量增加。
- 35.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金包括藉由鑄製、鍛造、熱軋、冷軋、及老化硬化而製備之片。
- 36.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中合金包括藉由將合金形成粉末，將粉末混合黏合劑，將粉末混合物形成片，將片加熱以去除黏合劑，及將合金粉末燒結，將燒結片冷軋，及將軋製片熱處理而製備之片。
- 37.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中將合金形成粉末，將粉末電漿噴灑成片，將片冷軋，及將冷軋片熱處理。
- 38.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中將合金形成粉末，將粉末與氧化物顆粒機械地合金，將機械地合金之粉末形成片，將片冷軋，及將冷軋片老化硬化。
- 39.如申請專利範圍第 38 項之合金，其具有 0.5 至 2 重量%之氧化物分散膠體含量及/或 1 至 30 微米之平均粒度。
- 40.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中將合金形成其上具有絕緣塗層之片，而且將塗覆片重疊以形成層合物件，如飛行器噴射引擎用起動器/發電機之定子或轉子。

六、申請專利範圍

- 41.如申請專利範圍第 1 項之合金，其中藉由將合金鑄製於合金之燒結粉末上而將合金形成磁性軸承。
- 42.如申請專利範圍第 1 項之合金，其包括高性能變壓器之一部份、發電機之層合部份、高場磁鐵之磁極端、如撞擊式印表機之裝置之磁性驅動致動器、電話耳機之膜片、柴油噴射引擎之電樞軛系統之電磁閥、磁效伸縮轉換器、電磁控制吸收及排氣噴嘴、防鎖死煞車系統用感應計速器之通量導引零件、磁透鏡、磁性開關之電磁閥核、或磁性激勵電路之一部份。

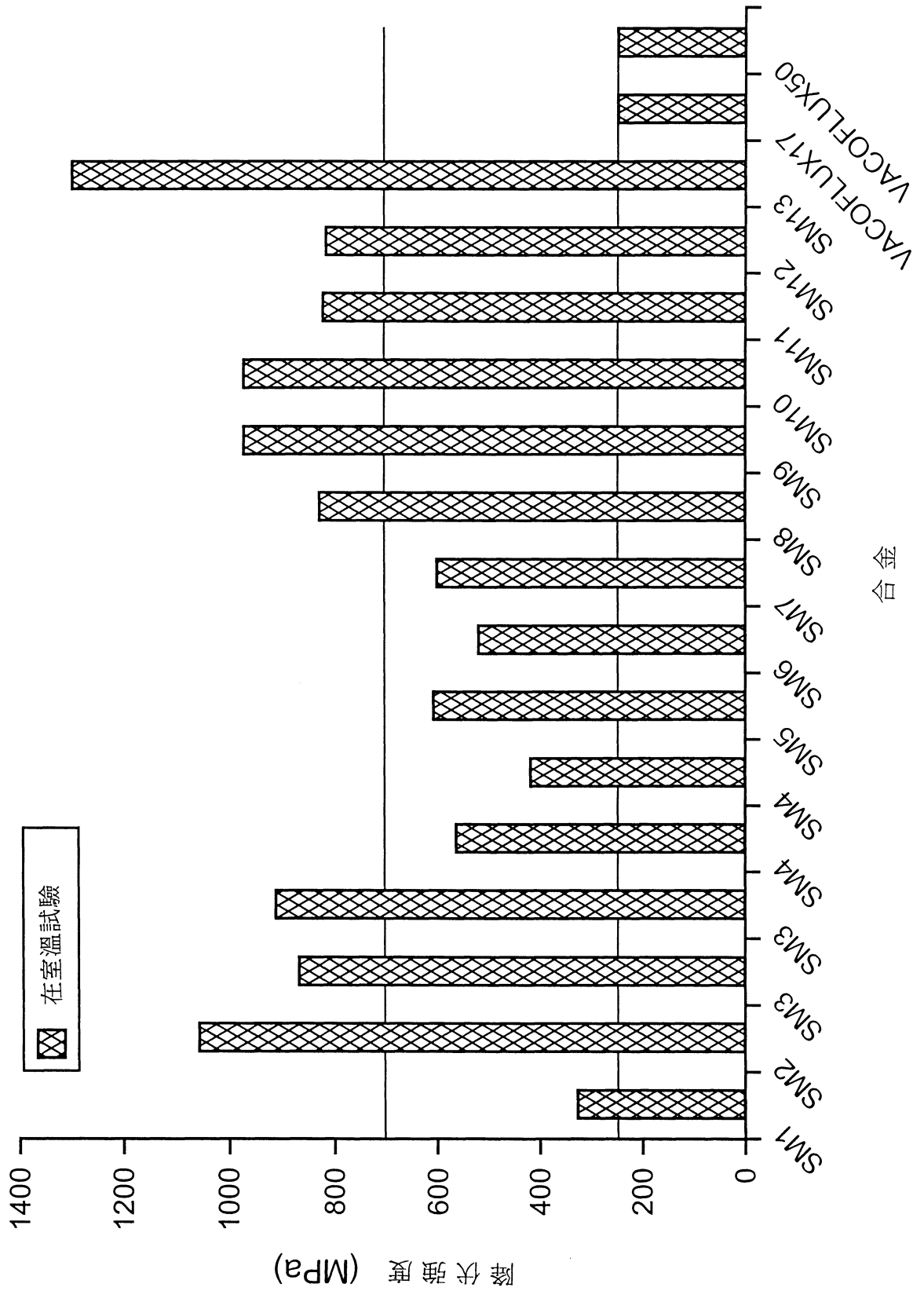


第 1 圖

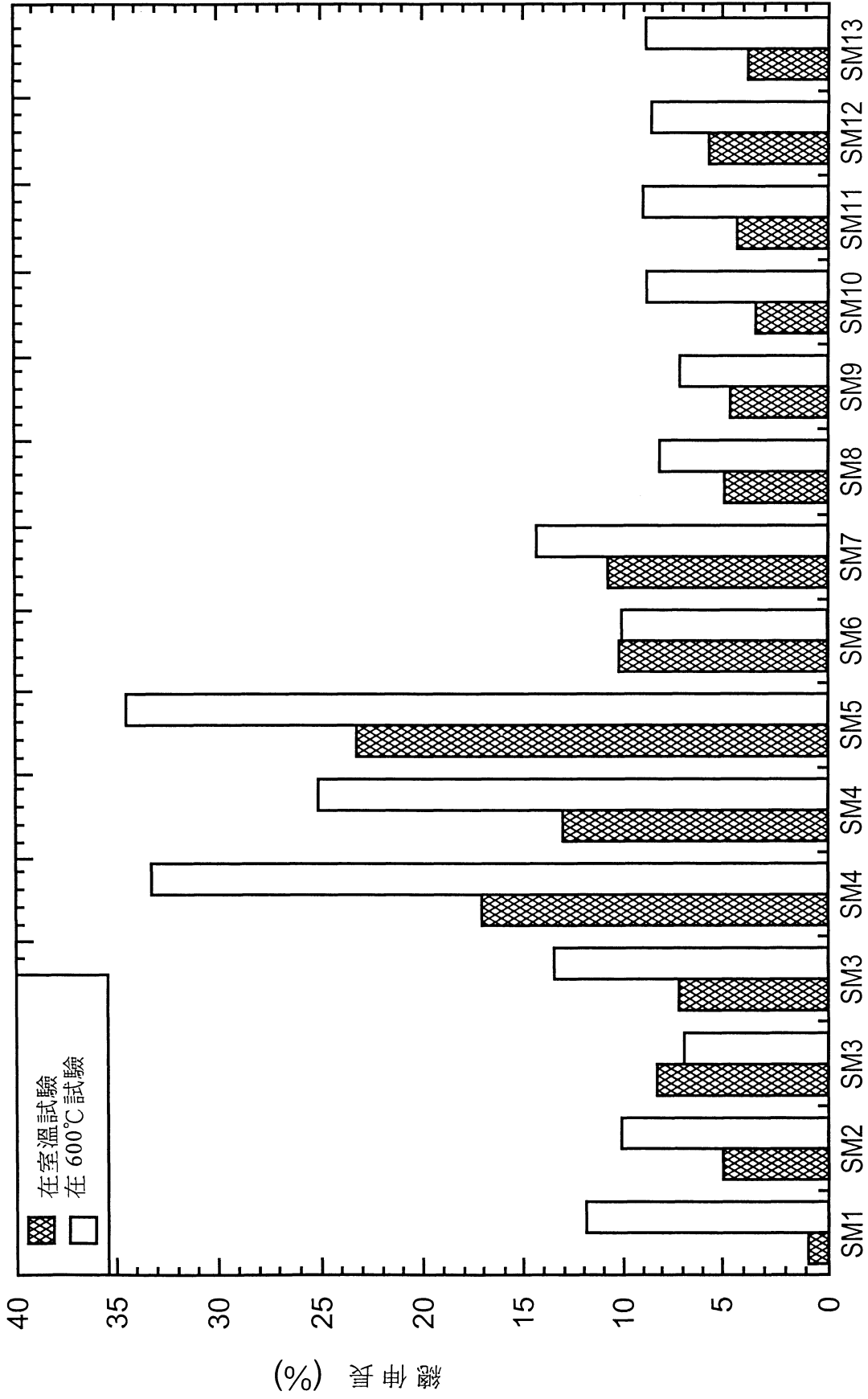


合金

第 2 圖

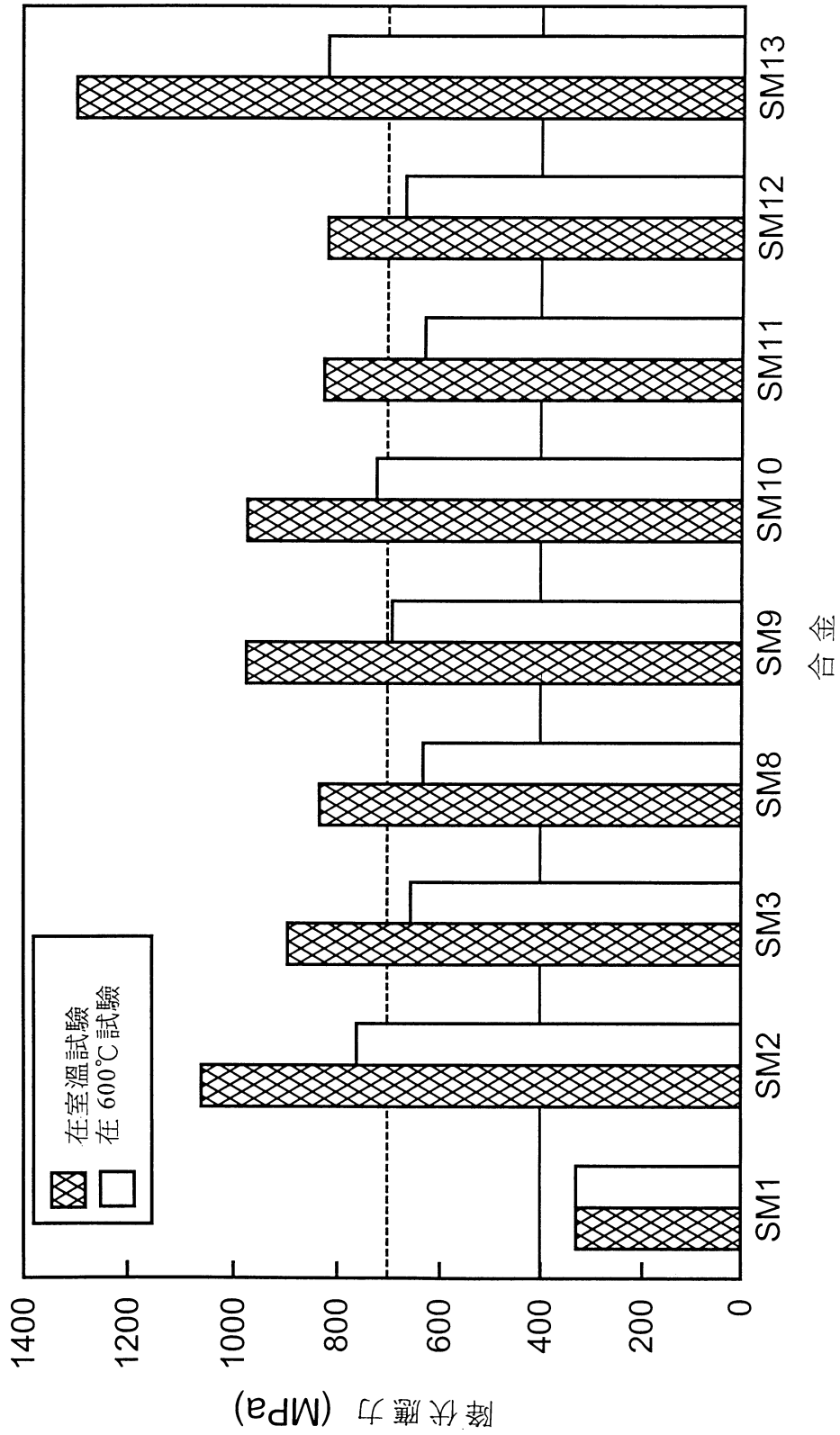


合金
第3圖

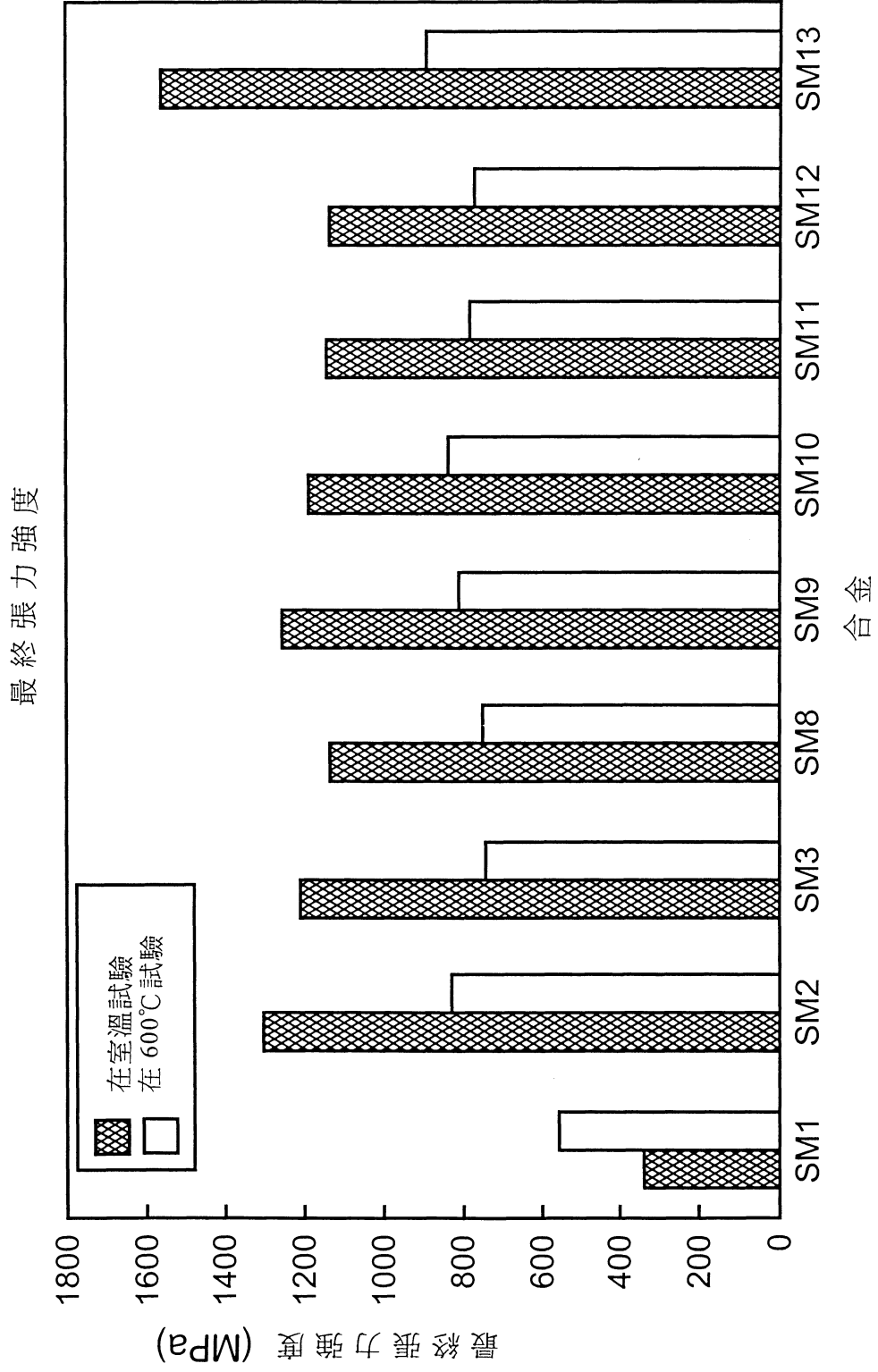


合金
第 4 圖

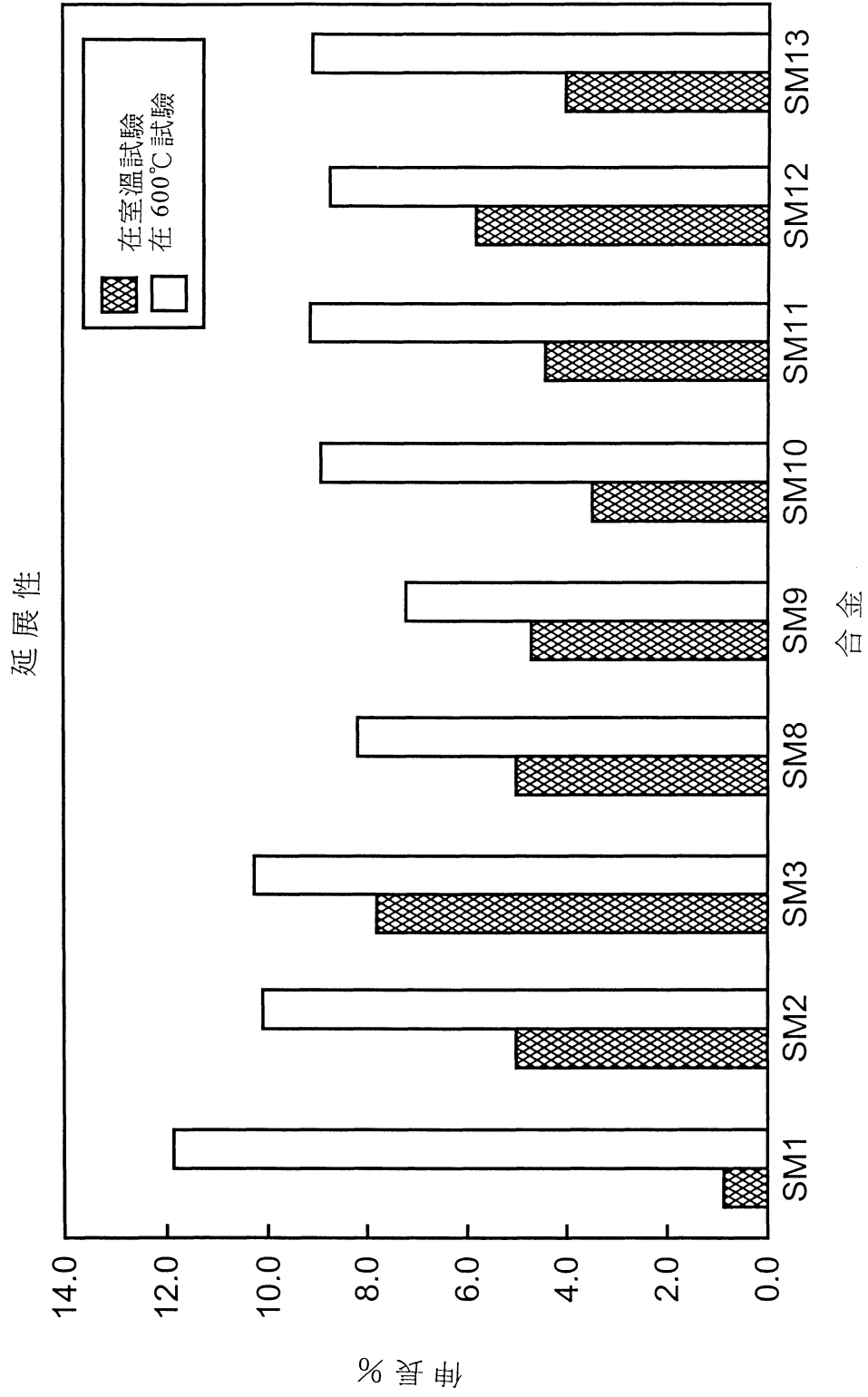
選擇之結晶 Fe-Co-V 合金之降伏強度



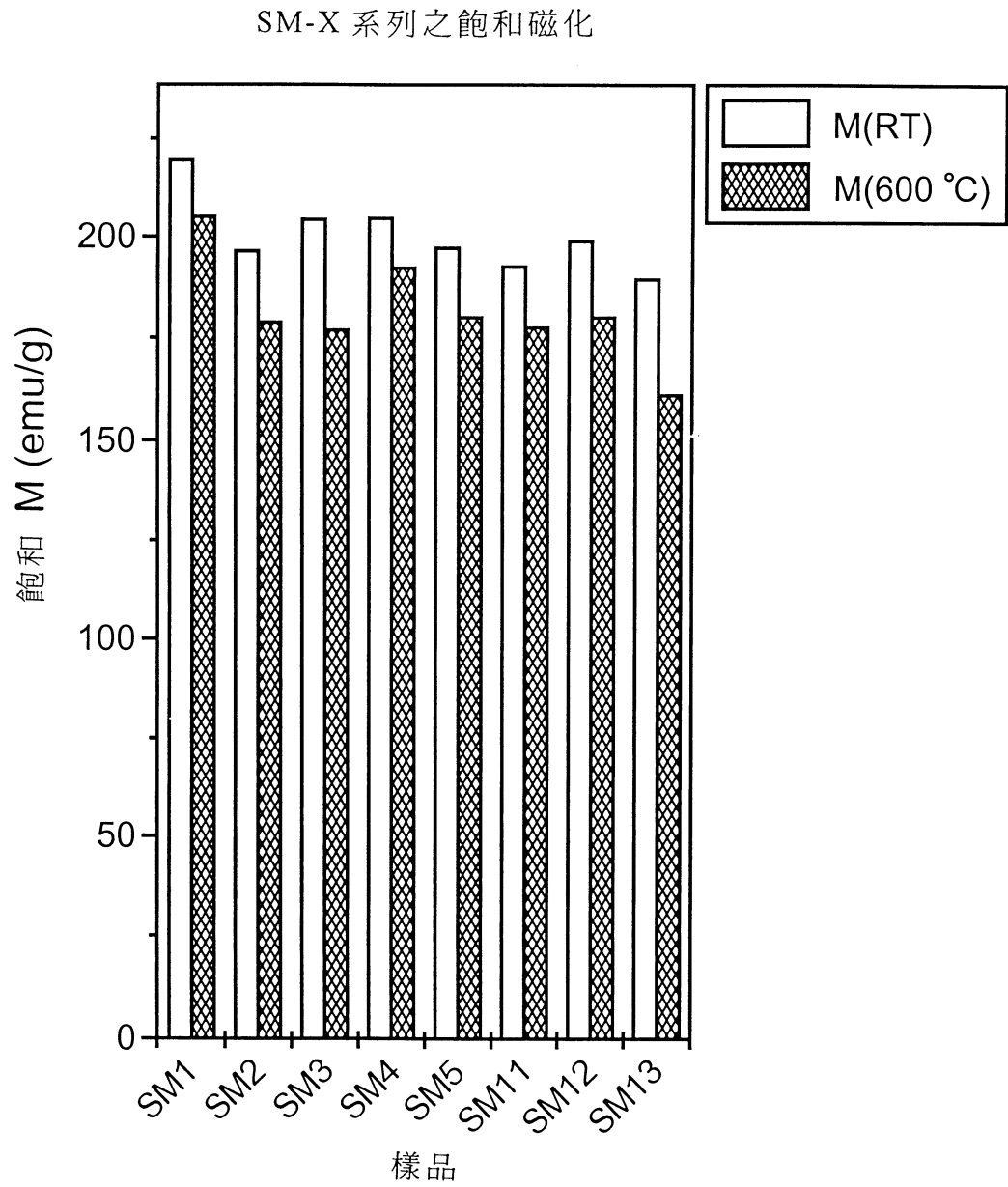
第 5 圖



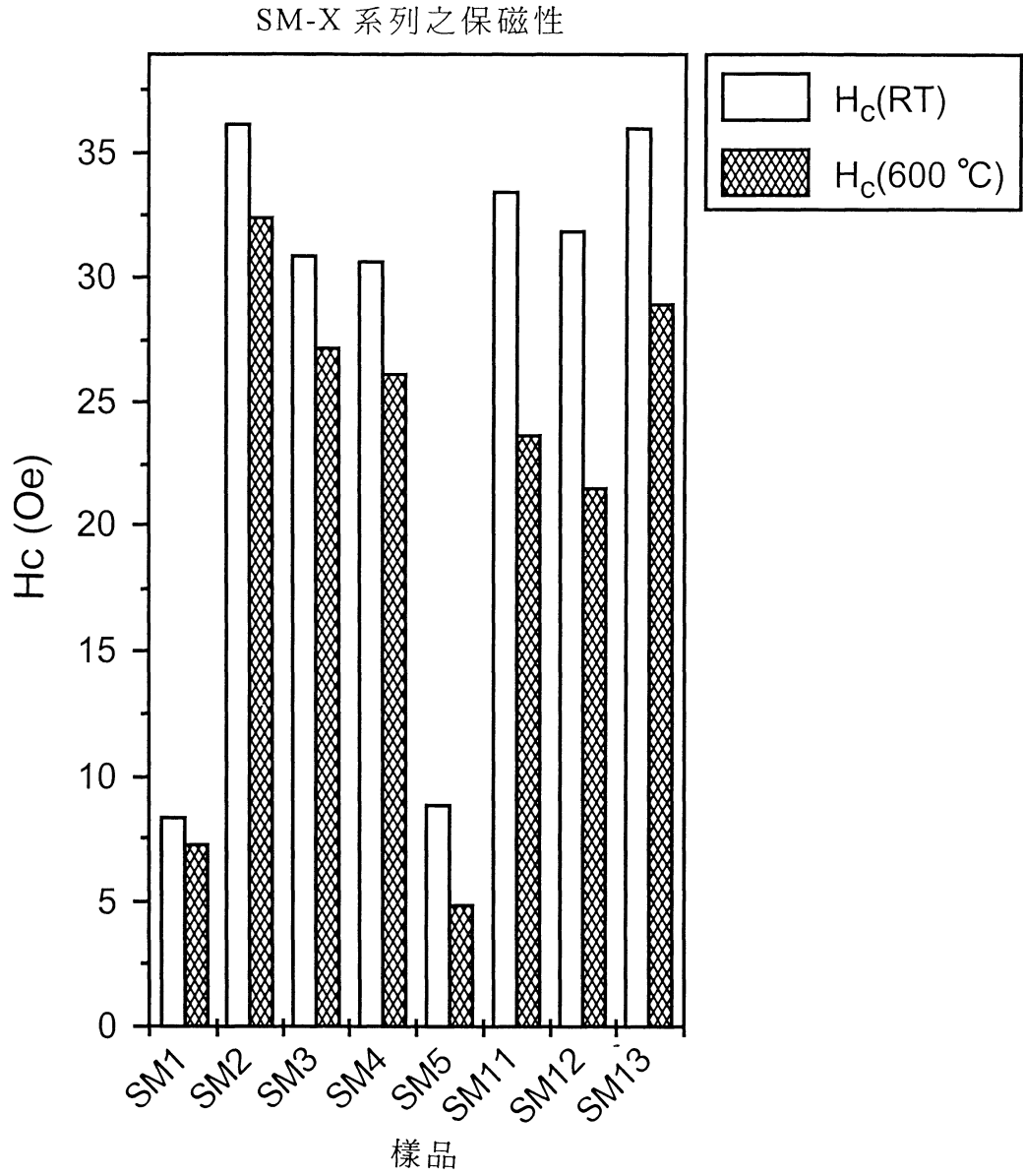
第 6 圖



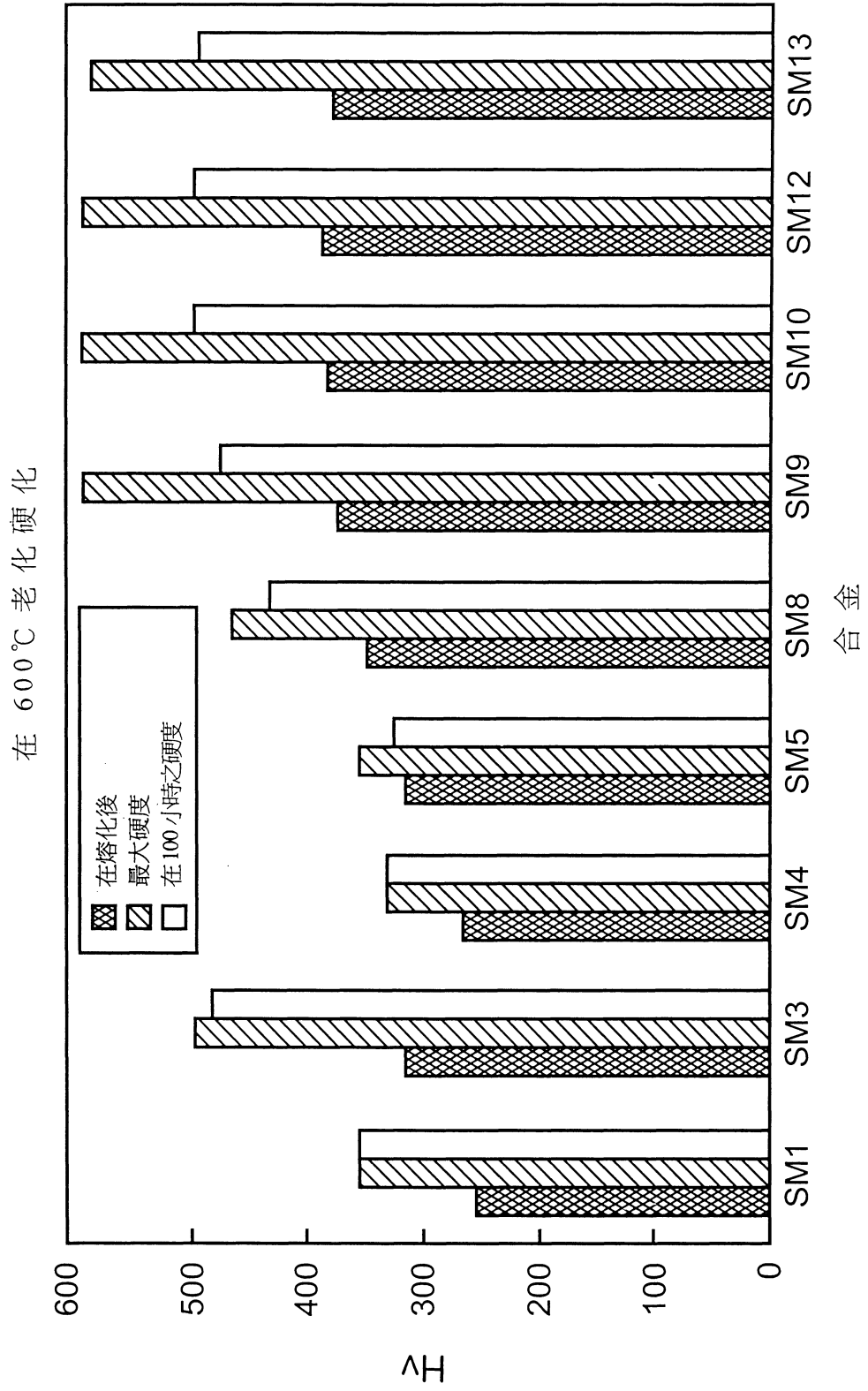
第 7 圖

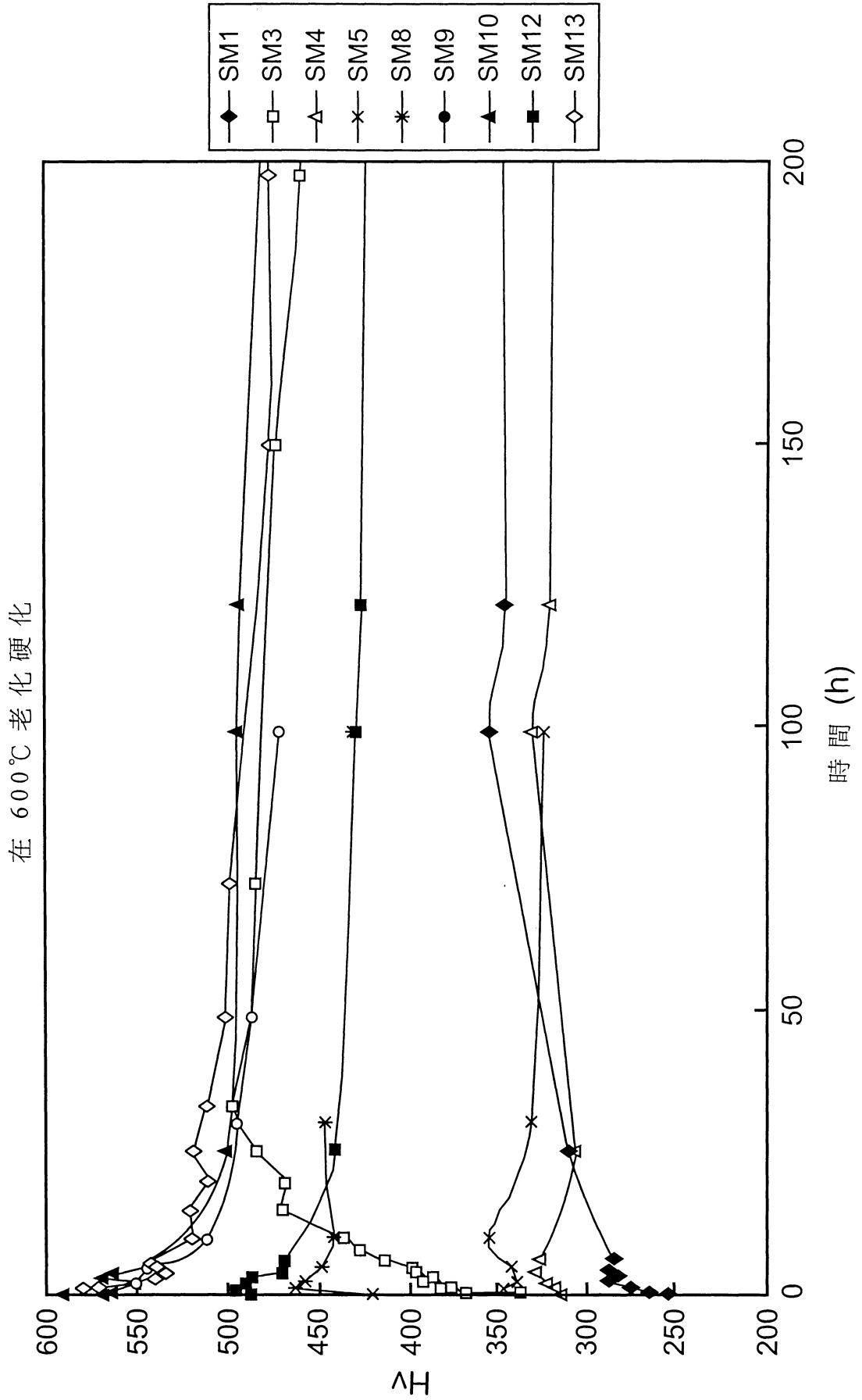


第 8 圖



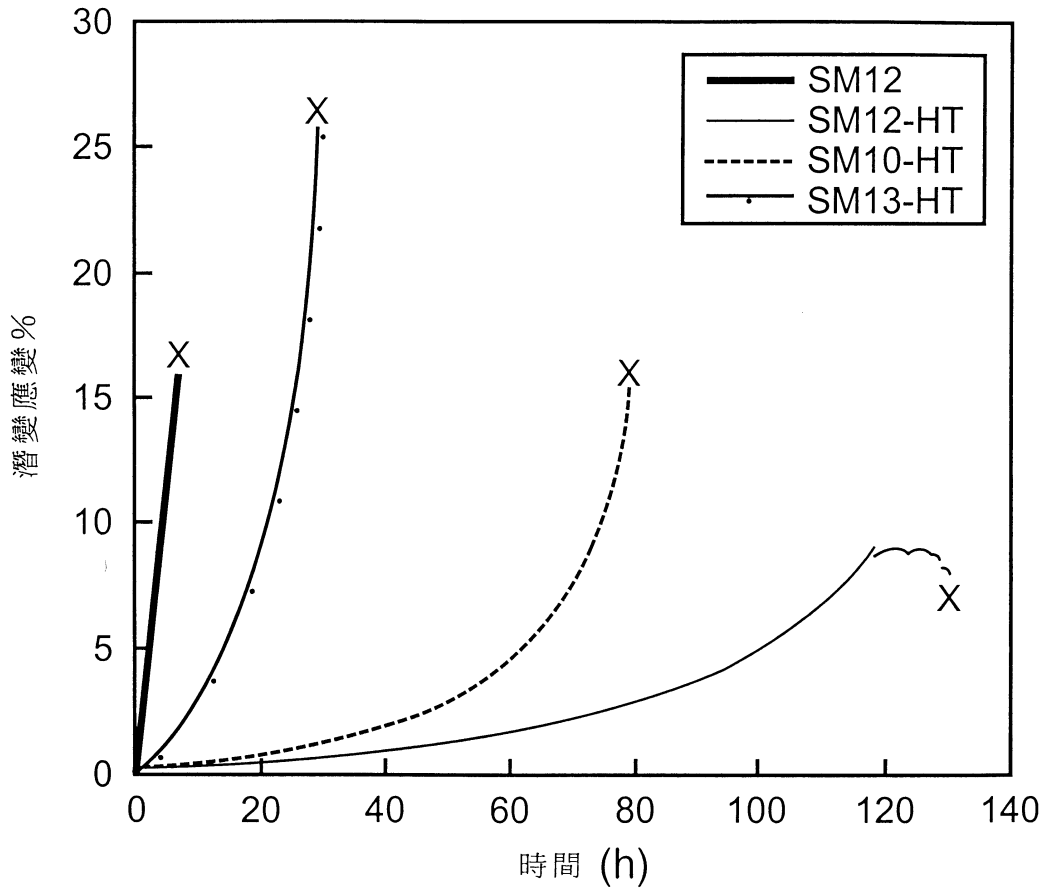
第 9 圖



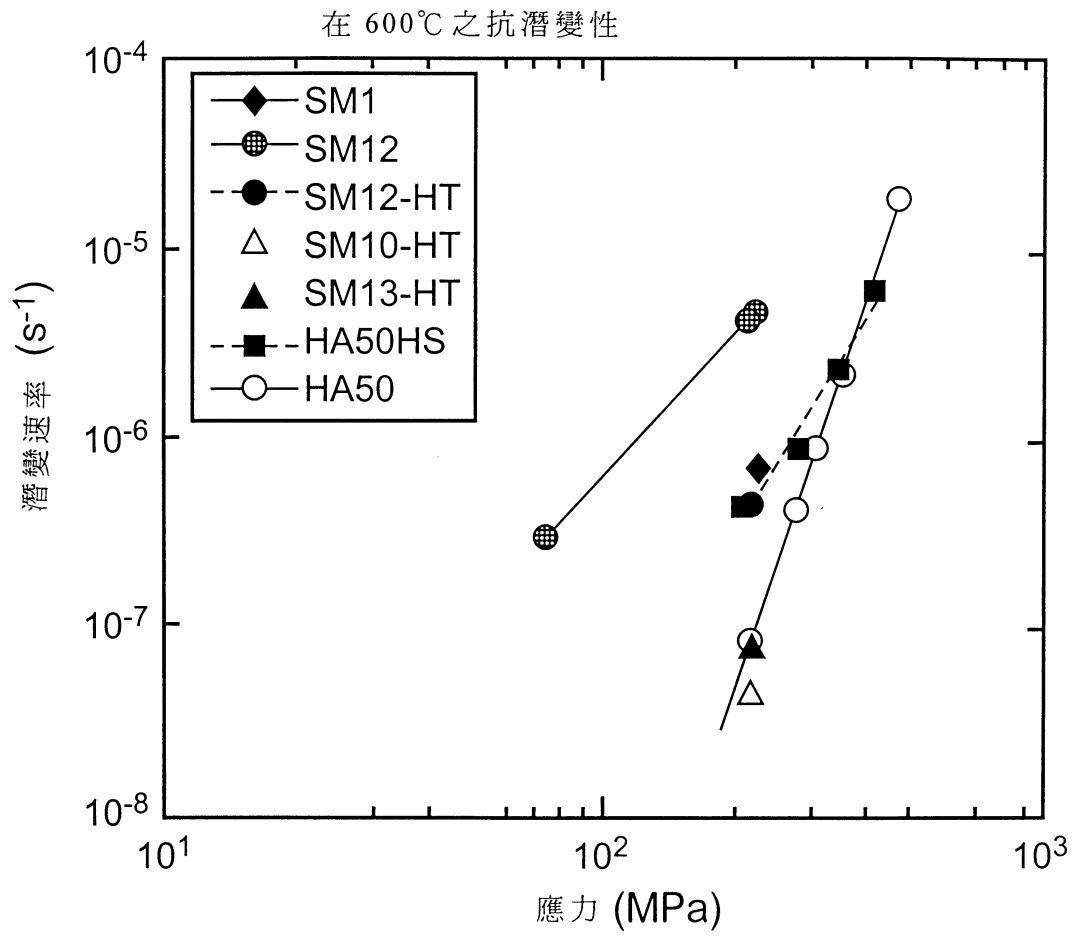


第 11 圖

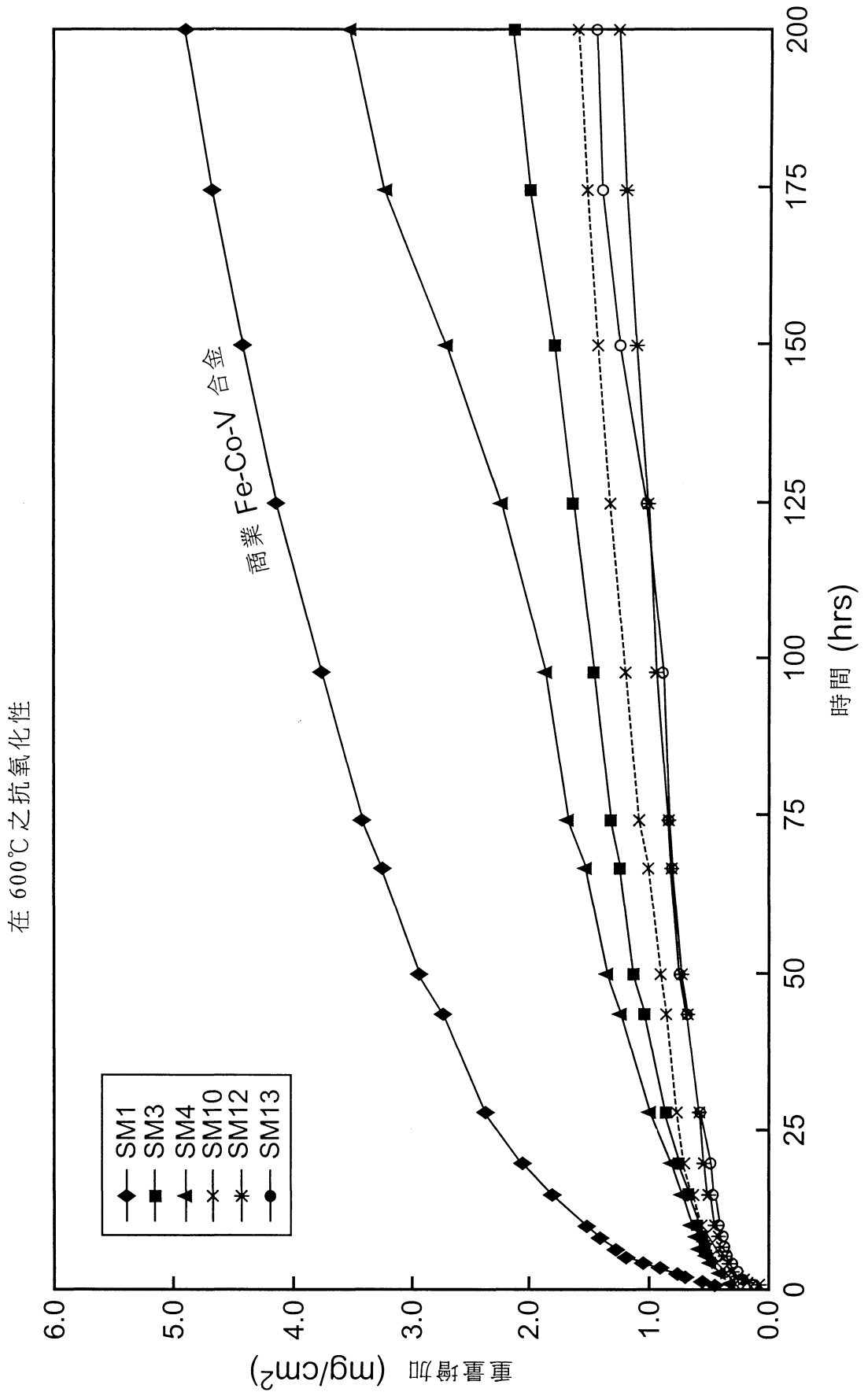
在 600°C 之潛變曲線



第 12 圖



第 13 圖



第 14 圖