

明新科技大學 校內專題研究計畫成果報告

鋼鐵金屬類材料經高溫熱處理後之結構與特性研究

Structure and properties study of some metallic materials after high temperature annealing

計畫類別： 整合型計畫 個人計畫

計畫編號：MUST-97-自然-05

執行期間：97年3月1日至97年9月30日

計畫主持人：蔣大鵬

共同主持人：王定、丁逸

計畫參與人員：袁輔德

處理方式：除涉及專利或其他智慧財產權外得立即公開，
唯必要時本校得展延發表時限。

可立即對外提供參考

(請打√) 一年後可對外提供參考

兩年後可對外提供參考

執行單位：人社科院自然科學組

中華民國 97 年 10 月 29 日

中文摘要

本研究計畫觀察 RS304 與 SS316L 不鏽鋼材料，在含有雜值元素之後，金屬材料的磁性、及電阻變化。在分析上，藉由振動樣品磁化儀(VSM)測量材料在室溫的磁性；發現 SS316L 中，含 0.00~0.27wt%的 Ag 元素時，其磁化量約在 3.1 ± 1.5 emu/g。Fe-base 系統中含約 0.3 wt%的 Mn 元素，而全部雜質含量約 0.5 wt%以內時，在 1KOe 的外加磁場時，即能接近飽和磁化，其值約 200~220 emu/g。由電阻測量得知 DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 的居里溫度為 1041、1036、1037、1032、1034K，在居里溫度時將有 $\alpha-v$ 的結構轉變發生。

關鍵詞：

振動樣品磁化儀，飽和磁化量，居里溫度，結構轉變。

ABSTRACT

This research project observes RS304 and the SS316L stainless steel material, after including the mixed impurities element, metallic material magnetism, and resistance change. In analysis, using the vibrating-sample magnetometer (VSM) measure materials magnetic properties at room temperature. Discovers in SS316L, when including 0.00 ~ 0.27 wt % Ag element, its magnetization quantity approximately in 3.1 ± 1.5 emu/g. In Fe-base system including the approximately 0.3 wt % Mn element, but complete impurities inclusion approximately 0.5 wt%, when applied field 1KOe, its can approach the saturation magnetization, its value approximately 200~220 emu/g. By the measure of resistance knew that DQ, CQ₁, CQ₂, a DDQ Curie temperature is 1041, 1036, 1037, 1032, 1034K, when the Curie temperature will have $\alpha - \nu$ structural transformation occurrence.

Keywords :

Vibrating-sample magnetometer (VSM), Saturation magnetization, Curie temperature, Structure transformation.

中文摘要	I
ABSTRACT	II
目錄	IV
圖目錄	V
表目錄	V

目錄

一、前言	1
二、研究目的	2
三、研究方法	3
四、結果與討論	5
五、結論	8
誌謝	8
參考文獻	8

圖目錄

圖一：Vibrating-sample magnetometer (VSM)的照片圖	3
圖二：樣品四點探測示意圖	3
圖三：外加磁場為 10kOe，SS316L 中，含 0.00~0.27wt% 的 Ag 元素系列，磁化量與外加磁場間的關係圖	4
圖四：外加磁場為 6kOe，Fe、RS304、DQ、CQ ₁ 、CQ ₂ 、DDQ 的磁化量與外加磁場間的關係圖	5
圖五：外加磁場為 20kOe，SS316L 含 0.03wt%與 0.09wt% 的 Ag 元素，磁化量與外加磁場的關係圖	6
圖六：溫度 T 由 4K 升至 1300K 時， 純 Fe、DQ、CQ ₁ 、CQ ₂ 、DDQ 的電阻 ρ 變化	7
圖七：溫度 T 由 4K 升至 1300K 時，純 Fe、DQ、CQ ₁ 、CQ ₂ 、 DDQ 的電阻率 ($d\rho/dT$) 與溫度 T 的關係圖	7

表目錄

表一：RS304 與 SS316L 的組成	1
表二：DQ、CQ ₁ 、CQ ₂ 、DDQ 的組成	2
表三：SS316L 含 Ag 元素的磁化量	6
表四：Fe、RS304、DQ、CQ ₁ 、CQ ₂ 、DDQ 的飽和磁化量	6

一、前言

金屬材料 RS304 與 SS316L 不鏽鋼對產業界、人民生活而言、是應用範圍非常廣泛的材料。但由於金屬材料易受溫度影響，如熱脹冷縮、高溫時特性鈍化等，導致在使用上，受到許多限制。金屬材料經高溫熱處理後，對材料的磁性、相變及結構等均會有所影響[1,2]。而由於雜質滲入多寡，或原子鍵結的被破壞、改變，材料本質亦會產生變化，因而影響材料的特性。

Fe-base 材料，若其結構為 fcc 的沃斯田鐵(austenitic)，則呈現無磁性；若為 bct 的麻田散鐵(Martensite)，則會帶有磁性。但由於冶煉時成份的偏析或熱處理不當，會在沃斯田鐵中產生少量麻田散鐵而呈弱磁性。商業用的不鏽鋼系(Stainless steel system)中，低碳且具高延展性的 RS304 或 SS316L，為完全不帶磁性或帶弱磁性的材料，表一列出 RS304 與 SS316L 的組成份。

表一：RS304 與 SS316L 的組成

	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Fe
RS304		2.68	0.034	0.020	5.807	19.43	25.81		Remainder
SS316L	0.03	2.00		0.03	1.00	10.0~14.0	16.0~18.0	3.0~4.0	Remainder

二、研究目的

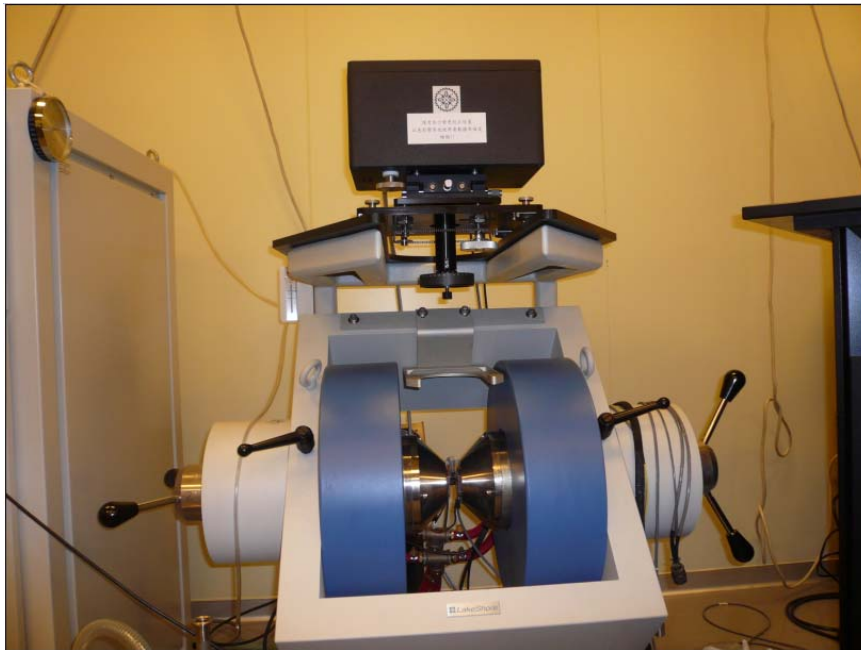
在這篇研究，材料為海洋大學機械所，所提供 SS316L 不銹鋼中，添加含量為 0.00~0.27 wt% 的 Ag 作為實驗樣品。銀是一種過渡金屬，化學活性小，價格貴，主要用作錢幣及首飾。為熱、電的良導體，不易受化學藥品腐蝕，在電子工業上是重要的導電材料，可以用作電線等導電體。在生物中銀並不會對人的身體產生毒性，銀離子和含銀化合物可以殺死或者抑制細菌、病毒、和真菌，有對抗疾病的效果。本研究主要是針對材料的磁性作分析，並與內含約 0.3 wt% 的 Mn 元素，而全部雜質含量約 0.5 wt% 的 Fe-base 系統樣品 [3,4]，DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 作比較，表二列出其成份。

表二：DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 的組成

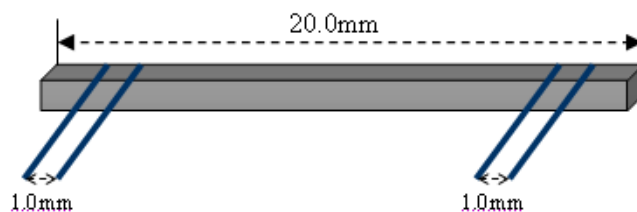
Sample	DQ	CQ ₁	CQ ₂	DDQ
C	0.05	0.08	0.06	0.05
Mn	0.250	0.260	0.350	0.260
P	0.010	0.006	0.008	0.008
S	0.009	0.012	0.010	0.009
Si	0.010	0.010		0.010
Ni	0.014	0.016	0.016	0.017
Cr	0.012	0.015	0.030	0.019
Cu	0.010	0.019	0.006	0.010
V	0.003	0.009	0.002	0.004
Ti	0.003		0.003	
Al	0.049	0.042	0.042	0.048
Fe	Remainder	Remainder	Remainder	Remainder

三、研究方法

所有取得之材料，皆已經過熱處理。對於研究用的樣品，先將其切割為長方體，再製作成適合量測的尺寸，測量磁性的取樣大小為 $6.0\text{ mm} \times 1.0\text{ mm} \times 1.0\text{ mm}$ ，測量電阻的為 $20\text{ mm} \times 1.0\text{ mm} \times 1.0\text{ mm}$ 大小。利用振動樣品磁化儀(VSM)測量材料的磁性，圖一為 VSM 裝置的照片。在量測上，沿樣品的長軸方向，施加不同大小的磁場，觀察室溫時，外加磁場大小與磁化量間的關係。電阻測量以四點探測技術，施加固定大小的直流電流，測量電位差，利用歐姆定律即可獲得樣品的電阻大小，圖二為樣品四點探測示意圖。點焊線為直徑 1.27 mm 的 Mo 線，測量溫度由 4 K 到 1300 K 的電阻變化。



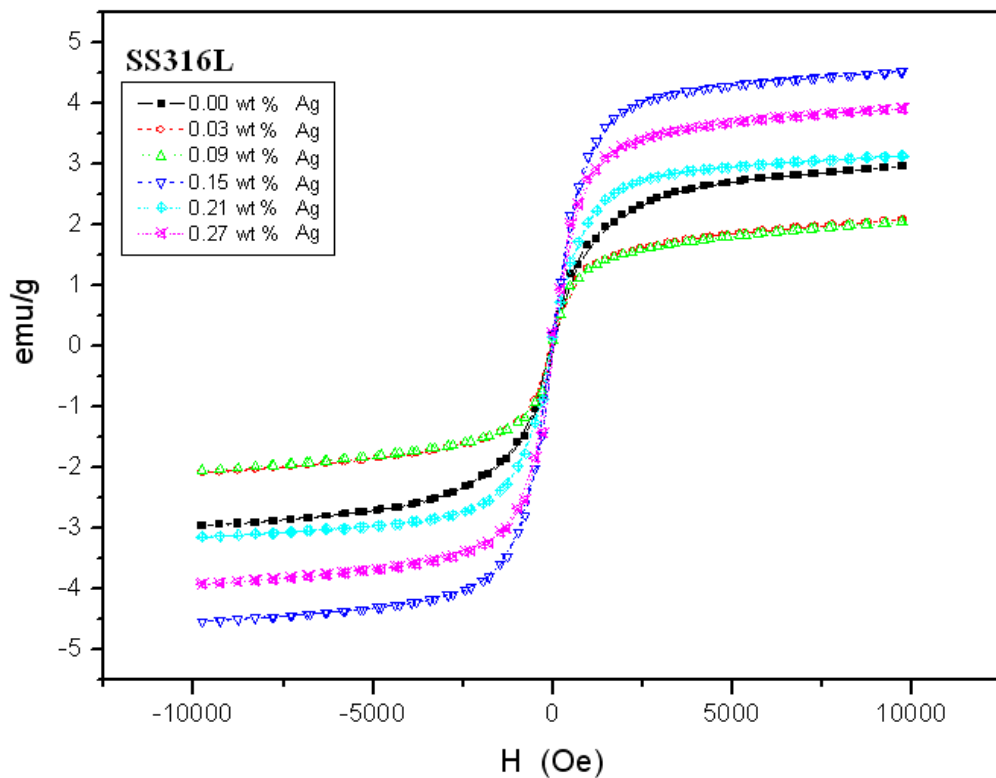
圖一：Vibrating-sample magnetometer (VSM)的照片。
(中研院物理所 提供)



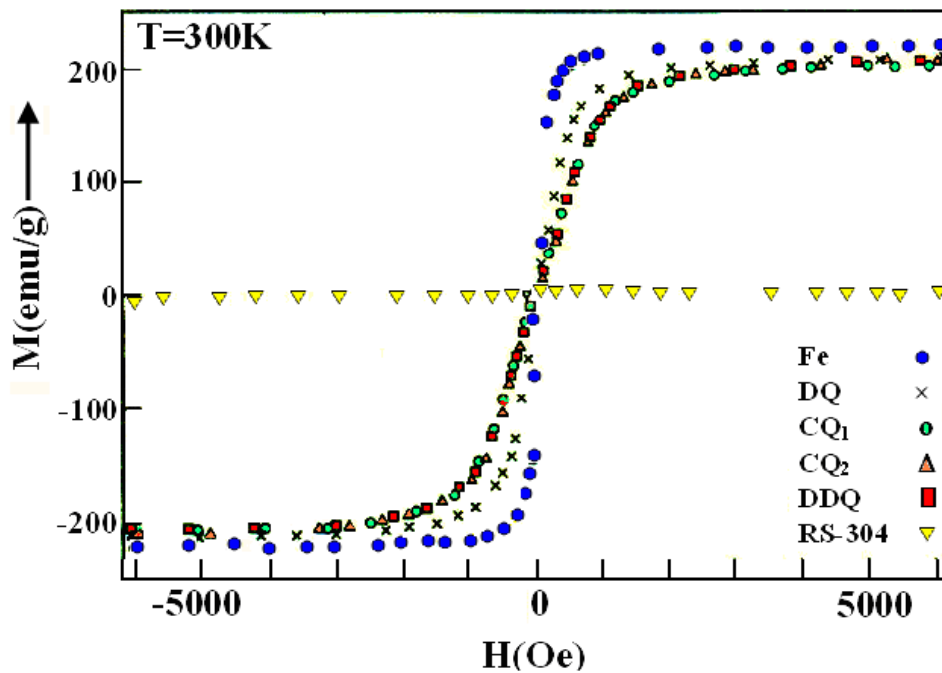
圖二：樣品四點探測示意圖。

四、結果與討論

圖三為 SS316L 中，含 0.00~0.27wt% 的 Ag 元素系列，在室溫時，外加磁場為 10KOe 時，由 VSM 所測得的磁化量，與外加磁場間的關係圖。圖四為 Fe、RS304、DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 在外加磁場為 6KOe 時，磁化量與外加磁場間的關係圖。比較二圖可知，純 Fe 只要極小的磁場，便可達到飽和磁化，DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 在 1KOe 的外加磁場時，亦能接近飽和磁化狀態。



圖三：外加磁場為 10KOe，SS316L 中，含 0.00~0.27wt% 的 Ag 元素系列，磁化量與外加磁場間的關係圖。



圖四：外加磁場為 6KOe，Fe、RS304、DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 的磁化量與外加磁場間的關係圖。

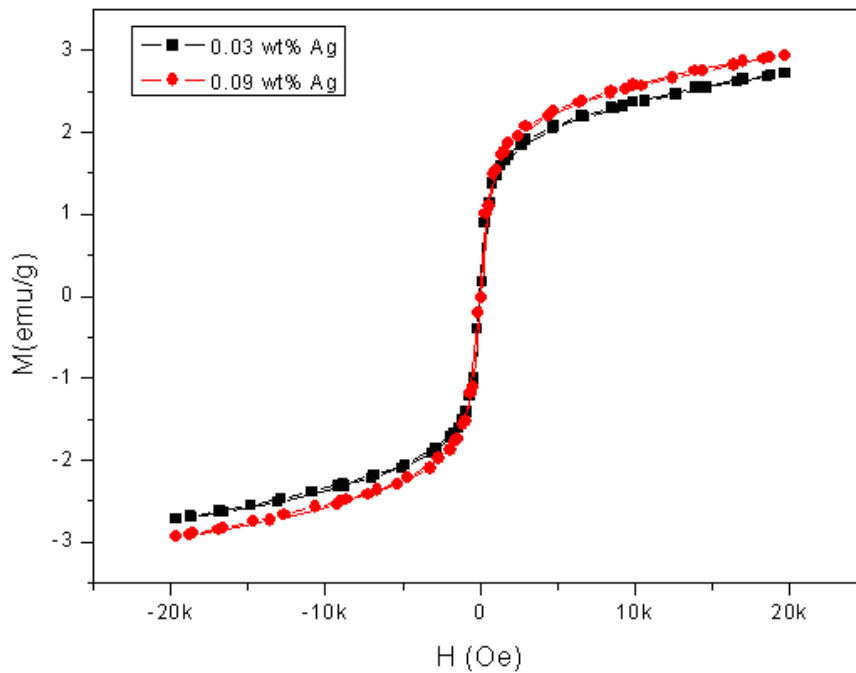
RS304、SS316L、與含 Ag 元素系列的不銹鋼，其飽和磁化量的值則遠小於 Fe、DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ。表三為 SS316L 含 Ag 元素的在 10KOe 與 20KOe 的外加磁場之磁化量，表四為 Fe、RS304、DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 的飽和磁化量。由於 Fe-base 材料的沃斯田鐵(austenitic)結構呈現無磁性，而麻田散鐵(Martensite) 結構，則會帶有磁性。RS304 不銹鋼在 6KOe、SS316L 在 10KOe 的外加磁場下，磁化量值皆為 3.0 emu/g，遠小於純 Fe 的 218.1 emu/g，故知 RS304、SS316L 應為 FCC 的沃斯田鐵結構；而添加不含磁性的 Ag，其磁化量值約為(3.1±1.5) emu/g，並未有明顯變化；圖五為外加磁場增加至 20KOe 時，Ag 含量為 0.03wt%與 0.09wt%的磁化量變化。純鐵中，添加 0.3 wt%以內的 Mn 元素，則飽和磁化量將會隨著 Mn 元素含量的增加，而減小，而且欲使材料達到飽和磁化的外加磁場也隨著增加。此或許是由於，雜值的加入，產生阻礙磁矩旋轉，使材料較不易達到飽和。

表三：SS316L 含 Ag 元素的磁化量

wt % Ag	M at 10KOe (emu/g)	M at 20KOe (emu/g)
0.00	2.96	
0.03	2.08	2.94
0.09	2.04	2.71
0.15	4.53	
0.21	3.14	
0.27	3.92	

表四：Fe、RS304、DQ、CQ₁、
CQ₂、DDQ 的飽和磁化量

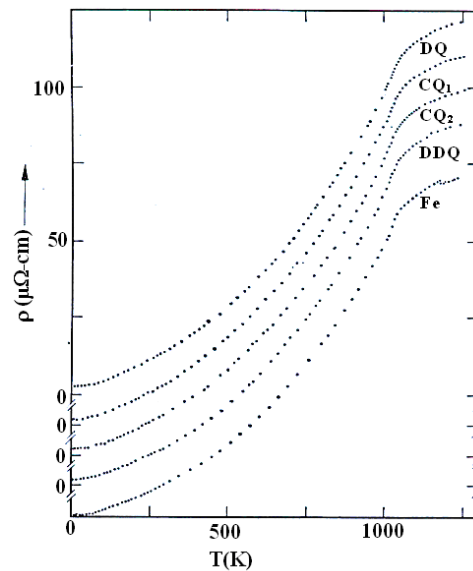
Sample	M _s at 6 KOe(emu/g)
Fe	218.1
DQ	213.7
CQ ₁	204.7
CQ ₂	207.0
DDQ	206.7
RS304	3.0



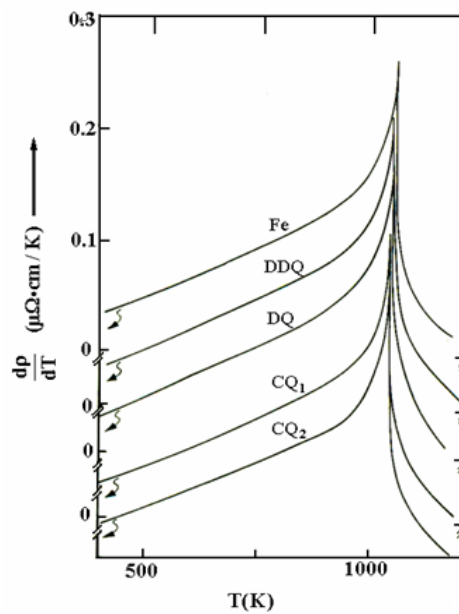
圖五：外加磁場為 20KOe，SS316L 含 0.03wt%與 0.09wt%
的 Ag 元素，磁化量與外加磁場的關係圖。

圖六指出溫度 T 由 4K 升至 1300K 時，純 Fe、DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 的電阻 ρ 變化，可看出在溫度增加時，電阻也增加。在過去的文獻資料[5]，指出純 Fe 的居里溫度(Curie Temperature)為 1180 K，它出現在 $d\rho/dT$ 對 T 有最大值時，而純 Fe 在這溫度發生 $\alpha-v$ 的結構轉變。由圖七電阻率 ($d\rho/dT$) 與溫度 T 的關係圖，可以看出 DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 的曲線與純 Fe 的曲線變化相似。從分析數據可得 DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 的居里溫度為 1041、

1036、1037、1032、1034K。對於內含約 0.3 wt%的 Mn 元素，而全部雜質含量約 0.5 wt%的 Fe-base 系統，當溫度升高時，內部原子將因熱效應，而使原子間的交互作用加劇，導致材料電阻的增加。原來具有鐵磁性結構的排列，亦將被改變，在居里溫度時會轉變為順磁性結構，亦即發生 $\alpha-v$ 的結構轉變。



圖六：溫度 T 由 4K 升至 1300K 時，純 Fe、DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 的電阻 ρ 變化。



圖七：溫度 T 由 4K 升至 1300K 時，純 Fe、DQ、CQ₁、CQ₂、DDQ 的電阻率 (dp/dT) 與溫度 T 的關係圖。

五、結論

RS304 或 SS316L，為完全不帶磁性或帶弱磁性的材料，SS316L 不銹鋼中，添加 Ag 時，亦呈不帶磁性或帶弱磁性狀態。但在磁性 Fe-base 系統中，添加 0.3 wt% 的 Mn 元素，並控制全部雜質含量在 0.5 wt% 內，材料磁性會受雜質影響而減弱；此系列居里溫度約為 1040K，在居里溫度時，鐵磁性結構會轉變為順磁性結構。

誌謝

感謝明新科技大學在研究過程中之經費補助，及中央研究院物理研究所姚永德教授的指導、明新科技大學自然科學組丁逸教師、及中央研究院袁輔德先生的協助，始得以完成，在此致謝。

參考文獻

1. T. Nautiyal and S. Auluck, Phys. Rev. B 32, 6424 (1985).
2. P. Muth and V. Christoph, Phys. Stat. sol. (b) 131, 769 (1985)
3. J. Jayaraj₁, Y.C. Kim, K.B. Kim, H.K. Seok, E. Fleury, Science and Technology of Advanced Materials 6 (2005) 282–289
4. 吳坤陽、王正全、陳東煌, Nanotechnology 2007, 18, 305604
5. S. Arajs and R. V. Colin, phys. stat. sol. 6, 797(1964)

明新科技大學 97年度 研究計畫執行成果自評表

計畫類別：任務導向計畫 整合型計畫 個人計畫
 所屬院(部)：工學院 管理學院 服務學院 人社科院
 執行系別：人社科院自然科學組
 計畫主持人：蔣大鵬 職稱：助理教授
 計畫名稱：鋼鐵金屬類材料經高溫熱處理後之結構與特性研究
 計畫編號：MUST-97-自然-05
 計畫執行時間：97年3月1日至97年9月30日

計畫執行成效	教學方面	<p>1.對於改進教學成果方面之具體成效： <u>金屬材料RS304與SS316L不鏽鋼對產業界、人民生活而言、是應用範圍非常廣泛的材料。</u></p> <p>2.對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： <u>但由於金屬材料易受溫度影響，如熱脹冷縮、高溫時特性鈍化等，導致在使用上，受到許多限制。有關此方向的研究，尚可繼續努力。</u></p> <p>3.其他方面之具體成效： <u>銀並不會對人的身體產生毒性，銀離子和含銀化合物可以殺死或者抑制細菌、病毒、和真菌，有對抗疾病的效果。</u></p>
--------	------	--

學術研究方面	<p>1.該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否 計畫名稱：_____</p> <p>2.該計畫是否有產生論文並發表<input type="checkbox"/>已發表 <input type="checkbox"/>預定投稿/審查中 <input checked="" type="checkbox"/>否 發表期刊(研討會)名稱： 發表期刊(研討會)日期：</p> <p>3.該計畫是否有衍生學合作案、專利、技術移轉等，請說明： _____</p>
--------	--

成果自評	<p>計畫預期目標： 本計畫執行中預計完成： 1. 金屬材料樣品製造； 2. 金屬材料加熱鈍化。 3. 在室溫下，以VSM測量不同樣品的磁化強度；</p> <p>計畫執行結果： RS304或SS316L，為完全不帶磁性或帶弱磁性的材料，SS316L不鏽鋼中，添加Ag時，亦呈不帶磁性或帶弱磁性狀態。但在磁性Fe-base系統中材料磁性會受雜質影響而減弱；在居里溫度時，鐵磁性結構會轉變為順磁性結構。</p> <p style="text-align: right;">預期目標達成率：65% (若不敷使用請另加附頁繕寫)</p>
------	--

其他具體成效：	<p>溫度增加時，電阻ρ也增加，在電阻率($d\rho/dT$)與對T有最大值時，可得居里溫度，在居里溫度材料會發生結構轉變。</p> <p style="text-align: right;">(若不敷使用請另加附頁繕寫)</p>
---------	---