

無白層的氣體滲氮研究

A Study on Gas Nitriding without White Layers

計畫編號：NSC 89-2216-E-002-027

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：陳永傳 台灣大學機械工程學研究所

計畫參與人員：曾智龍 李家瑞 台灣大學機械工程學研究所

一、中文摘要

為了瞭解氣體滲氮過程中，不同的滲氮條件對白層厚度及滲氮速率的影響，本計畫中的實驗分兩部分進行：1. 常壓下氣體滲氮：將鋼料試片置於高溫爐內，通入滲氮氣體，有系統地改變滲氮氣體的流量、比例、成份等以及鋼料試片滲氮前之熱處理；2. 減壓下氣體滲氮：將鋼料置於不同壓力的氮氣中進行氮化處理。鋼料試片滲氮預定時間後，由其重量變化、顯微組織、白層厚度、硬度分布等，研究各滲氮條件對鋼料滲氮效果的影響。並將滲氮後的試片施以融傷試驗(鋁液腐蝕試驗)及耐磨耗試驗，以瞭解各種滲氮條件對耐融傷及耐磨耗之效果。

(關鍵詞:氣體滲氮、白層、顯微組織、耐磨耗性)

Abstract

In order to understand how the different nitriding conditions affect the thickness of white layer and the nitriding-rate during the nitriding process, we divided the experiment into two parts in the project: 1. Atmospheric-pressure gas nitriding: Steel samples were heated with the nitriding gases. We can see the differences by changing the flow-rate, the ratio, and the content of the nitriding gases and the heat-treatment of samples systemically; 2. Low-pressure gas nitriding: Steel samples were heated with the nitriding gases of the different pressure. The influence of each nitriding parameter was investigated from the change of weight, the microstructure, the thickness of white layer, and the distribution of hardness. The tests of corrosion for

liquid of aluminum and wear-resistance were also applied to the nitrided steel samples.

(Keywords: Gas nitriding, White layer, Microstructure, Wear-resistance)

二、緣由與目的

鋼料經氮化處理後，表面必然會產生白層(ϵ 相，即 Fe_{2-3}N)，其硬度略低且脆[1]，當此層很厚時，往往是裂縫的發生源[2]，但另一方面此白層比內部的擴散層有較佳的耐蝕性[3]，故若能控制白層的厚度，且兼顧滲氮速率，必可使氮化法得到更佳之實用性，本研究的主要目的在探討滲氮氣體的成份及壓力，對鋼料之滲氮速率、白層厚度、硬度分佈、顯微組織等等的影響，以便對不同工件實施滲氮處理時，能選用最佳的滲氮條件，使工件具有所需要的機械性質或化學性質。

三、研究方法

常壓下及減壓下氣體滲氮的設備如圖 1、圖 2 所示，爐管使用內徑 30 mm 之瓷管，將鋼料試片置於管中均溫區，以各個滲氮條件進行氮化處理。

本計畫中所用的材料有模具鋼 SKD11 與 SKD61 及氮化用鋼 SACM645 等三種鋼料。試片尺寸為直徑 16 mm、厚度 3 mm 的圓板試片，表面經砂紙研磨至 1200 號後再進氮化處理。

鋼料試片在預定條件下進行氣體滲氮後，觀察其表面所生成白層與擴散層的顯微組織，量測白層厚度、硬度分佈，且判斷其化合物的種類，接著再進行耐磨耗試驗、融傷試驗，其中耐磨耗試驗是採用 Torslee TB1 磨耗試驗機，

圓銷對圓盤的滑動進行磨耗；耐融傷試驗則是將氮化後試片置於 710 °C 之 AC4C 熔融鋁液中進行腐蝕。

四、結果與討論

4.1 鋼料的滲氮速率

圖 3 為各種鋼料在相同溫度、壓力及流量下進行氣體滲氮時，單位面積滲氮量與時間的關係。由圖中可知滲氮速率與鋼料中的碳含量與鉻含量有關，鋼料中的碳含量或鉻含量愈高，則其滲氮速率愈低。

圖 4 為各種鋼料經不同熱處理後進行常壓氣體滲氮時，單位面積滲氮量與時間的關係。由圖中可知鋼料經淬火(或淬火-回火)後所得的組織比原有狀態的組織有較快的滲氮速率，約增加 20% 至 30%。

圖 5 為氮化用鋼 SACM645 在相同 NH_3 供給量下進行減壓氣體滲氮時，單位面積滲氮量與時間的關係。由圖中可知滲氮速率會隨著氮氣壓力的下降而減慢。

4.2 白層厚度的量測

圖 6 為氮化用鋼 SACM645 在不同壓力及不同組成的氣體中進行滲氮後，白層厚度與單位面積滲氮量的關係。由圖中可知在添加適量氮氣的 $\text{NH}_3 + \text{H}_2$ 混合氣體中進行滲氮處理，可以完全避免白層的產生；且使用低壓氮氣進行氣體滲氮處理可降低白層的生長速率，而得到較緻密的白層。

4.3 氮化層的硬度分佈

圖 7 為氮化用鋼 SACM645 實施氣體滲氮後的硬度分佈。由圖中可知氮化用鋼 SACM645 經氮化後硬度梯度較平滑，且在距自由表面 0.1 mm 內其硬度分佈大致保持相同，不隨滲氮時間而改變。

4.4 耐磨耗試驗

圖 8 為模具鋼 SKD11 經淬火-回火與不同壓力下滲氮處理後，其耐磨耗性之比較。由圖中可知鋼料經低壓氣體滲氮處理後，其耐磨耗性明顯地比淬火-回火者改善許多，與常壓滲氮之鋼料相比亦略有提高。

4.5 耐融傷試驗

圖 9 為氮化用鋼 SACM645 在不同壓力下

進行氣體滲氮後，在 710 °C 熔融鋁液中浸泡 1 小時，單位表面積之腐蝕量比較。由圖中可知鋼料經低壓氣體滲氮處理後，其對熔融鋁液的耐蝕性較常壓滲氮者來得好。

4.6 X-ray 繞射試驗

由圖 10 可知鋼料滲氮後其氮化層中主要有 $\epsilon\text{-Fe}_2\text{N}$ 、 $\gamma'\text{-Fe}_4\text{N}$ 等氮化物及肥粒鐵；若鋼料中含有相當量的鉻時，另有蛇紋狀(或海鷗紋狀)的 CrN 及 $\beta\text{-Cr}_2\text{N}$ 等氮化物出現。

五、參考文獻

1. 黃振賢, “金屬熱處理”, 文京圖書公司, pp.156-199.
2. 黃振賢, “氣體氮化處理模具鋼的壽命”, 金屬熱處理, 第 50 期, 1996.9, pp.37-51.
3. C. Ruset, T. Bell and A. Bloyce, “Plasma-Nitrocarburising, Hydrogen and Hydrogen Sulphide Gas Mixture”, Surface Engineering, 1995, Vol 11, No4, pp.308-314.

六、圖表

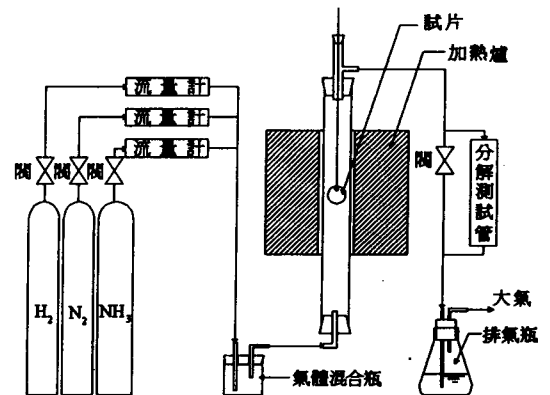


圖 1. 常壓下氣體滲氮的設備圖

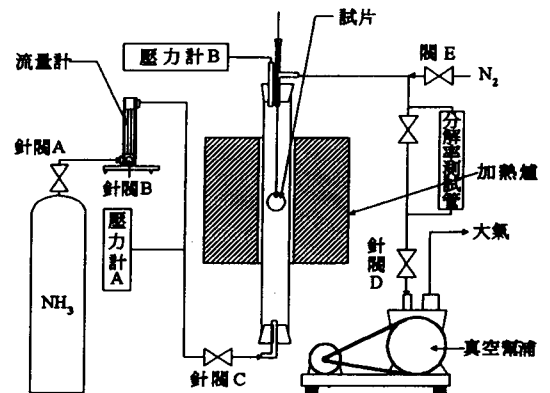


圖 2. 減壓下氣體滲氮的設備圖

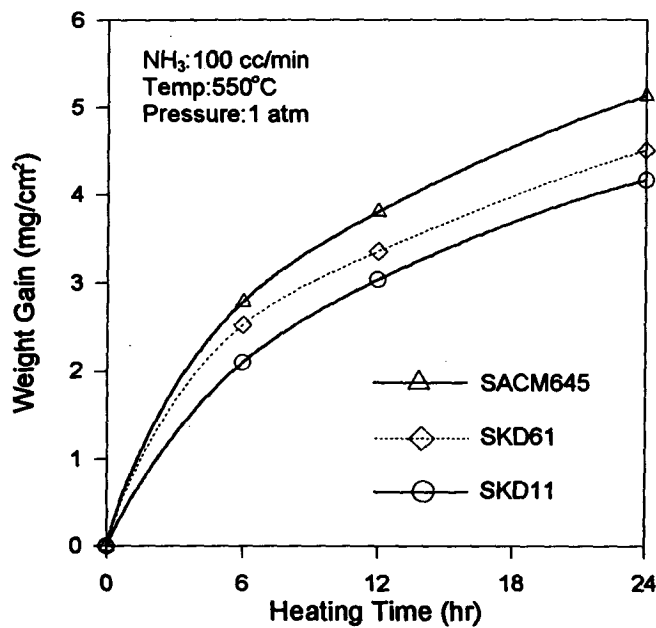


圖 3. 各種鋼料在相同溫度壓力及流量下進行氣體滲氮時，單位面積滲氮量與時間的關係

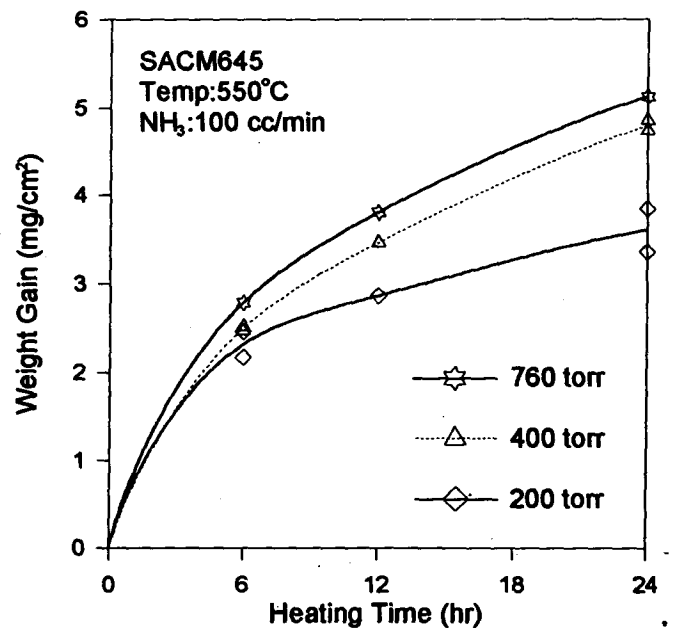


圖 5. 氮化用鋼 SACM645 在相同 NH_3 供給量下進行減壓氣體滲氮時，單位面積滲氮量與時間的關係

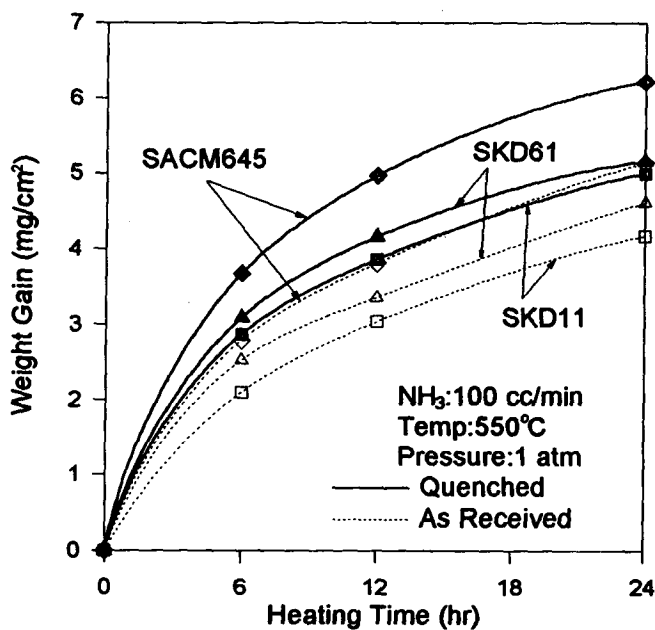


圖 4. 各種鋼料經不同熱處理後進行常壓氣體滲氮時，單位面積滲氮量與時間的關係

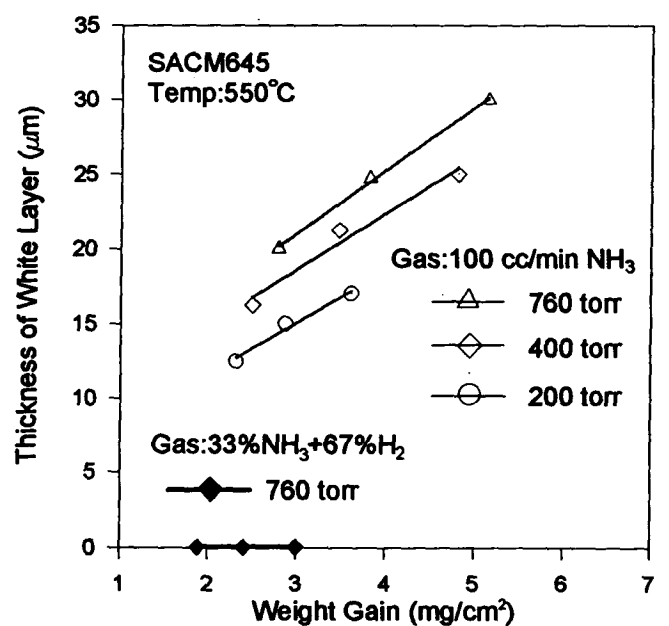


圖 6. 氮化用鋼 SACM645 在不同壓力及不同組成的氣體中進行滲氮後，白層厚度與單位面積滲氮量的關係

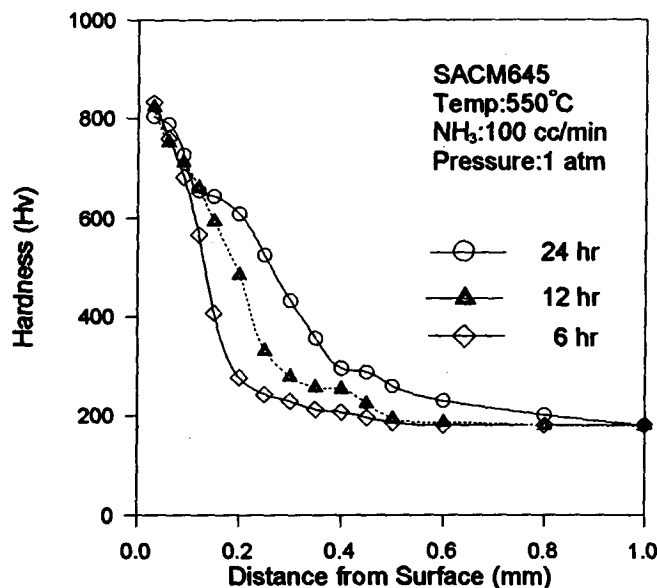


圖 7. 氮化用鋼 SACM645 實施氣體滲氮後的硬度分佈

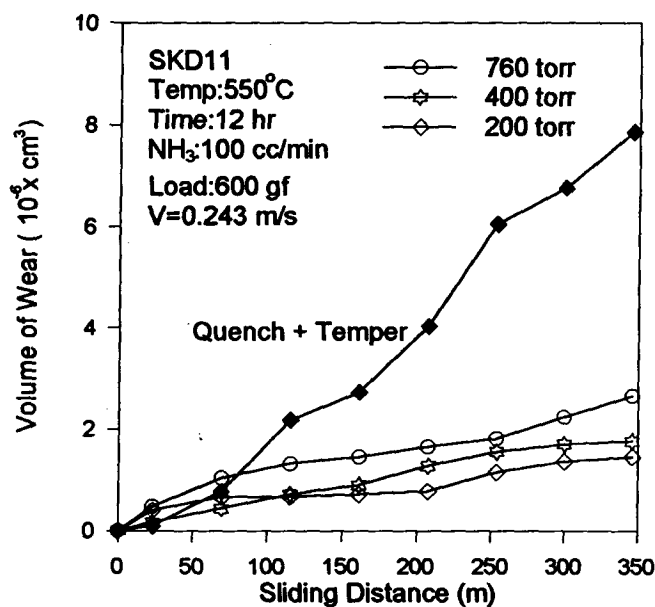


圖 8. 模具鋼 SKD11 經淬火-回火與不同壓力下滲氮處理後，其耐磨耗性之比較

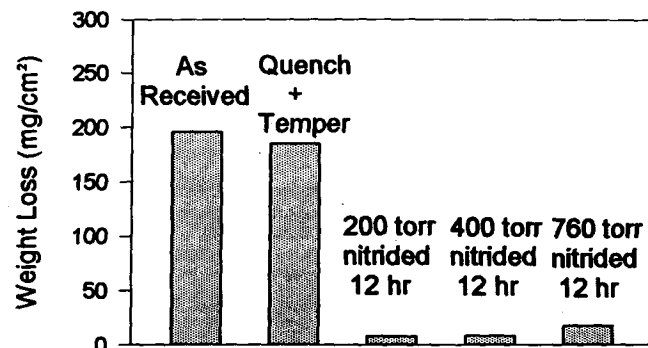


圖 9. 氮化用鋼 SACM645 在不同壓力下進行氣體滲氮後，在 710°C 熔融鋁液中浸泡 1 小時，單位表面積之腐蝕量比較

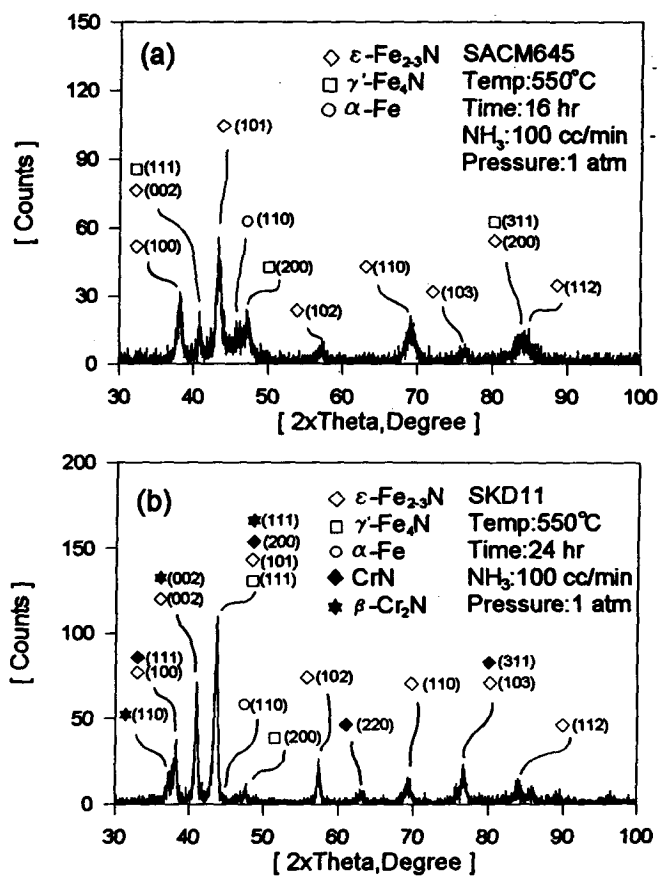


圖 10. 各種鋼料實施氣體滲氮處理後表面的 X-ray 繞射圖形 (a) 氮化用鋼 SACM645 (b) 模具鋼 SKD11