

# 台灣二〇〇五年國際科學展覽會

科 別：工程學

作品名稱：奈米科技材料新發現-氮化鎢

學 校：國立沙鹿高級工業職業學校

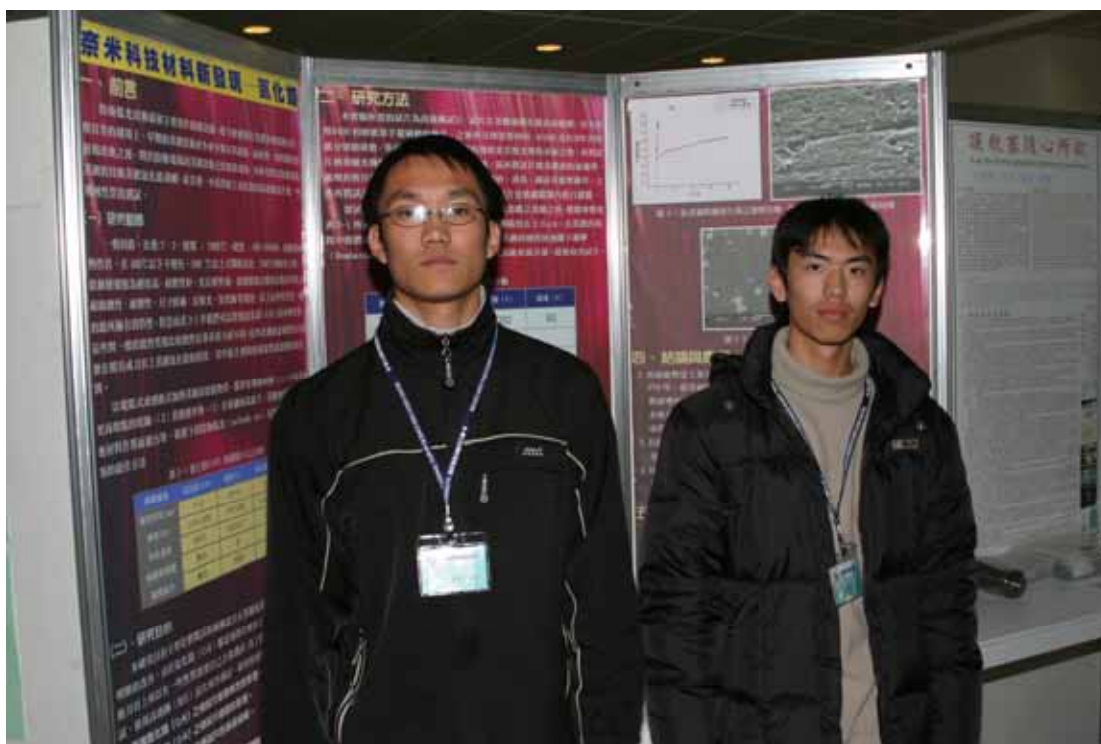
作 者：廖永賢、林庚甫

## 作者簡介

我是來自國立沙鹿高工機械三甲的林庚甫，我有一個平凡且幸福的家庭，小學至國中，我的課業成績自認一向還不錯，考上了國立沙鹿高工機械科，發掘出我對機械的潛能及興趣，而我在去年(民國 93 年)也代表學校出賽全國工科技藝競賽，獲得不錯的成績，不過我還是覺得不夠好，我一定會更加努力，朝另一偉大的目標向前邁進！

因為在家有姊姊、妹妹還有我三個在學學生，家庭經濟負擔沈重，我想爲了早點讓父母減輕負擔，希望能在不久的將來完成學業後立即就業，這是我的目標之一，希望能早點實現。

我是來自國立沙鹿高工機械三甲的廖永賢，家中排行最小，上有一個哥哥及一個姊姊，在學校讓我對機械培養出興趣來，所以開始研究有關機械相關的知識，在偶然的機會中，有緣來參加這一場國際科學展覽會，讓我能夠獲得更多的指正以及以後研究需注意的地方，經由這一次比賽，必定能有一次很好的經驗，往後機械要學的知識有太多太多了，用一輩子的時間也一定不能夠全部學完。



## 中文摘要

利用陰極電弧蒸鍍各種薄膜，如：類鑽膜 (DLC)、氮化鈦膜 (TiN)、氮化鉻膜 (CrN)、氮化鋁鈦膜 (TiAlN) 以及先披覆上一層氮化鋁鈦膜 (TiAlN) 再加上類鑽膜 (DLC) 的合成膜等。這些薄膜現在已經被廣泛的應用於各種刀具、模具的表面處理之中。本研究主要在探討高速鋼鍍上氮化鉻膜 (CrN) 之後，對於硬度、磨耗性質的改變，以及觀察氮化鉻膜 (CrN) 表面結構之組織。

在研究中我們運用陰極電弧蒸鍍系統蒸鍍氮化鉻薄膜，分析上運用 SEM 來觀察薄膜表面結構組織，以及運用洛氏微硬度機來觀察試片的硬度，另外還有使用磨耗試驗機來進行磨耗測試。以上這些測試總括來說都是在得知性質有無實際上的改變，而這些實際上的改變對於蒸鍍之後的模具或刀具都能夠大幅的提高使用的壽命。

## Abstract

We evaporated different kinds of thin films by using the anode of the electronic arc, such as DLC (Diamond-Like Carbon), TiN (Titanium Nitride), CrN (Chromium Nitride), TiAlN (Titanium Aluminum Nitride), and synthetic films of covering TiAlN and DLC. These thin films have been used widely in processing the surface of a variety of cutters and moulds. The purposes of this research were to investigate changes of hardness and abrasion and to observe the organization of the surface structure of CrN after High-speed steel evaporates CrN.

In this study, we use the system of the anode of electronic arc to evaporate CrN. Besides, SEM is used to observe the organization of the surface structure of the thin films and Rockwell Micro-hardness Test Machine is used to investigate hardness of testing samples. Moreover, we use Abrasion Tester to test abrasion. These tests are taken to lead to a better understanding whether the quality really changed. These changes of evaporated moulds or cutters would extend their frequency of using.

## 一、前言

陰極弧光技術最初主要用於鎢鑄金屬，現今被運用在蒸鍍各種切削刀具、模具等的運用上。早期的蒸鍍技術或多或少都有其缺點，而經過一段時間的發展和改進之後，對於陰極電弧的蒸鍍技術已經相當成熟。本研究即以陰極電弧蒸鍍的技術蒸鍍氮化鉻薄膜，並且進一步的對鍍上氮化鉻的高速鋼試片做一些機械性質的測試。

### (一) 研究背景與動機

陰極弧光技術最初主要用於鎢鑄金屬，Wroe 首先提出此技術亦可用於蒸鍍沸點高、難熔融的金屬及其氮化物、氧化物等材料，但是所得膜層內易含大顆粒質點，而使品質降低。經過多方的研究之後，提出改善的方法是，在陰極附近加一磁場，不但改善了原有的問題，同時還可提高蒸鍍速率，增加膜層緻密性及附著力等。(李玉華,1997)

無論以電阻式或感應式加熱蒸鍍高熔點物質，都會有幾點困難：

(1) 不易早到更高熔點的坩鍋，(2) 蒸鍍速率慢，(3) 在熔融的高溫下，蒸鍍材料極易與其他材料作用而被污染。低壓下的陰極弧光 (cathode arc) 技術是避免這些缺點的最好方法。此方法最初運用於熔接 (welding)、鑄造 (casting) 高熔點金屬，後來也被應用到蒸鍍

高熔點金屬及其化合物薄膜。將待蒸鍍之金屬置於高真空或充氣之低真空腔內，並將待蒸鍍之金屬作為產生弧光之陰極，在弧光產生之過程中，自陰極噴出之微顆粒（macro-particle）也同時沉積在基板，造成膜層品質極粗糙。Wore 等人首先提出磁場規範（confine）弧光得以解決此現象，並製得高品質之金屬氧化物膜，如氧化鋯；許多的研究者亦採用此法製作氮化鈦膜，結果不管在錶帶、杯盤等裝飾膜或在切割工具之保護膜方面，均獲得較其他 PVD 法所製得之樣品更耐磨之薄膜。（李玉華，1997）

一般的鉻，比重：7.2、熔點：1900°C、硬度：800~1000HB、鉻鍍層耐熱性佳，在 480°C 以下不變色，500 °C 以上才開始氧化，700 °C 則硬度下降、鉻鍍層優點為硬度高、耐磨性好、光反射性強、鉻鍍層廣泛應用在提高零件之耐腐蝕性、耐磨性、尺寸修補、反射光，及裝飾等用途。以上這些性質是一般的鉻所擁有的特性，但是由表 2-1 中我們可以得知氮化鉻（CrN）的各種性質，這些與一般的鉻性質相比較顯然有著非常大的不同，這些差別就是我們為什麼要在模具或刀具上蒸鍍氮化鉻的原因。其中最主要的因素當然就是硬度的差別。

## （二）、研究目的

本研究目的主要是要探討高速鋼試片在蒸鍍氮化鉻之後，各項性

質是否有明顯的改善。由於氮化鉻 (CrN) 都是運用在模具上，極少用在蒸鍍銑刀或其他刀具上所以有一些性質需要自己去做測試，為了要方便做耐磨耗及硬度的測試，使用高速鋼 (HSS) 試片來作測試，研究的項目包括了：

1. 蒸鍍氮化鉻 (CrN) 之後試片耐磨耗性的影響。
2. 蒸鍍氮化鉻 (CrN) 之後試片硬度的影響。
3. 蒸鍍氮化鉻 (CrN) 之後試片的表面組織。

### (三)、研究方法與步驟

#### 1、研究方法

為了瞭解蒸鍍氮化鉻之後對試片耐磨耗性質、硬度及表面組織的影響，本研究採用陰極電弧蒸鍍 (Cathode Arc Evaporation) 法，以兩組試片做對照，一組為實驗組鍍上氮化鉻 (CrN) 做測試，另一組則為對照組沒有鍍氮化鉻 (CrN)。兩組再分別做耐磨耗測試、硬度測試。

#### 2、研究步驟

##### (1)、擬定研究計劃：

初步設定要選擇蒸鍍薄膜的種類，並設定要研究的各個目的。

##### (2)、資料蒐集、整理分析相關文獻：

對於設定要蒸鍍的薄膜進行資料的蒐集，包括氮化鉻膜的機械性質等進行進一步分析的理論基礎，另外收集陰極電弧的資料確定操作的參數。

(3)、確定研究目的：

經過相關文獻的蒐集、分析之後確立研究的目的。

(4)、材料準備：

利用高速鋼試片作測試，先利用粗砂紙研磨再換細砂紙研磨，最後經過拋光布拋光後獲得所需的試片。

(5)、蒸鍍實驗：

將經過處理的試片放入真空腔體內進行蒸鍍的工作。

(6)、耐磨耗測試：

對於蒸鍍氮化鉻的高速鋼試片和未蒸鍍的高速鋼試片分別進行磨耗測試，並對兩組試片做比較。

(7)、硬度分析：

對於蒸鍍氮化鉻的高速鋼試片和未蒸鍍的高速鋼試片分別進行硬度測試，並對兩組試片做比較。

(8)、表面組織的觀察：

將蒸鍍後和未蒸鍍的試片分別利用掃描式電子顯微鏡（SEM）觀察其表面組織結構。



(9)、撰寫研究報告：

綜合上述的各項資料之後，進行相關資料的統整和處理之後，撰寫研究報告。

### 3、名詞解釋

(1)、陰極弧光 (cathode arc)：

所謂陰極弧光是在高真空中之高電流、低電壓之輝光放電，此輝光放電在陰極靶材表面蝕刻 (erode) 出一個直徑大小約 1-20  $\mu\text{m}$  的坑面，稱為陰極弧點 (cathode spot)。

(2)、蒸鍍 (Evaporation)：

在真空中對蒸鍍材料加熱至高溫，具備飽和蒸氣壓將薄膜沉積上去。

(3)、陰極電弧蒸鍍 (Cathode Arc Evaporation)：

利用電弧撞擊靶材 (Target)，使靶材原子被激發出來，與反應性氣體反應，形成化合物沉積於工件表面的一種技術。

(4)、黏滯流 (Viscous Flow)

當平均自由徑極小於容器壁的直徑時，因為分子間將經歷多次的碰撞，因此氣體分子的運動或流動，與其他氣體分子有很大的關係。這種氣體流動的形式稱之為黏滯流 (Viscous Flow)。

(5)、分子流 (Molecular Flow)

當容器內的壓力降低，並使得分子的平均自由徑大於容器壁的直徑時，分子間的碰撞頻率將下降，取而代之的是氣體分子與容器壁的接觸，這種流體稱之為分子流 (Molecular Flow)。

#### (6)、過渡流 (Transition)

假如當氣體分子的平均自由徑與容器壁的尺寸相當時，這種處於黏性流動與分子流動間的過度性流動稱為過渡流 (Transition)。

## 二. 研究方法與過程

本實驗利用陰極電弧蒸鍍 (CAPD) 系統，進行氮化鉻膜之研究，實驗採對照比較方式針對高速鋼試片蒸鍍氮化鉻和未蒸鍍氮化鉻之試片做各方面性質之比較。

### (一)、實驗設備介紹

#### 1、陰極電弧蒸鍍 (CAPD) 機

本研究之實驗設備為永源科技股份有限公司所提供之陰極電弧蒸鍍機，主要設備包含：(1) 真空幫浦：油迴轉幫浦 (MP)、機械幫浦 (RP)、擴散幫浦 (DP) 三種幫浦、(2) 真空腔體及 (3) 偏壓源

並搭配電弧源 Arc Sources。另外蒸鍍用的靶是利用 O 形環和真空腔體組裝起來，此項設計主要是為了方便更換不同的靶，生產不同的產品。在工作進行最需要的是維持腔體的真空度，因此使用多個幫浦來抽氣，如圖 3-1 為抽氣的示意圖。

陰極電弧機的操作步驟如下：

- (1)、將整個機器打開之後，需先讓擴散幫浦 (DP) 預熱三十分鐘，若沒有進行燻熱則幫浦內部會造成油氣回沖。
- (2)、將腔體洩真空之後將要放置工件的治具先行放入腔體內並抽真空，當壓力達到  $10^{-4}$  torr 後進行離子轟擊 (Bombardment)，使腔體和治具都清潔過之後洩真空並將欲鍍工件放置於治具上。
- (3)、放置完成之後進行真空抽氣，此機台的粗抽氣和高真空抽氣是自動由機器本身來控制。
- (4)、當壓力到達  $2.0 \times 10^{-4}$  torr 時進行熱水測漏，將面板上的旋鈕由 pump 轉到 stand by 計時 30 秒後再將旋鈕轉至 pump，若壓力小於  $5.0 \times 10^{-4}$  torr 即為合格，將熱水轉換成冰水。
- (5)、通入冰水後，當壓力到達  $3.0 \times 10^{-5}$  torr 時進行冰水測漏，步驟和測熱水時相同，將面板上的旋鈕由 pump 轉到 stand by 計時 30 秒後再將旋鈕轉至 pump，若壓力小於  $9.9 \times 10^{-5}$  torr 即為合格。

(6)、當冷水和熱水的測漏都合格之後進行離子轟擊

(Bombardment)，先將偏壓源預設在 250voltage，啟動第一個靶先觀看是否正常，若正常則將偏壓元調至 1000voltage 並迅速開啟二、三靶，進行持續一分鐘的離子轟擊

(Bombardment)，然後將把關掉。

(7)、當離子轟擊 (Bombardment) 結束之後將工件加熱，將旋扭轉

至ASC依照欲鍍的工件不同有不一樣的加熱溫度，當腔壓正常之後開啟Bias將面板的設定調到電流，並將電流設定在 0.25A 通入氮氣約 35l/min之後緩慢增加電流，使溫度達到我們所需要的範圍。將旋扭轉至Pump抽真空到  $5.0 \times 10^{-5}$  torr以下。

(8)、接下來再進行一至三次的離子轟擊 (Bombardment)，先將偏壓

源預設在 250voltage，啟動第一個靶先觀看是否正常，若正常則將偏壓元調至 1000voltage 並迅速開啟二、三靶，進行持續一分鐘的離子轟擊 (Bombardment)，然後將把關掉。

\*離子轟擊 (Bombardment) 時若分成三次則第一次使用 1000voltage

離子轟擊 (Bombardment) 一分鐘，第二次用 600 voltage 離子轟擊 (Bombardment) 30 秒，第三次用 400 voltage 離子轟擊

(Bombardment) 30 秒。這中間的差異再於當我們用 1000voltage 來打工件時會使工件得到較粗的轟擊表面，而當我們將電壓下降

時就會使表面變得更細緻。操作的步驟需依照不同的工件而有不同的處理方式和過程。

- (9)、當前述的步驟完成之後就可以正式來蒸鍍工件，將旋扭轉至 By-Pass 預設電壓 400Volatege，並通入氮氣，氮氣的流量要使腔壓維持在  $2.3 \times 10^{-2}$  torr，三分鐘之後再將電壓調為 150Volatege，並將腔壓利用氮氣控制在  $2.3 \times 10^{-2}$  torr，蒸鍍的時間依照工件的不同而改變。
- (10)、完成蒸鍍之後，先將靶關掉再關 Bias、氣體。之後再等待一段時間待工件冷卻之後，Vent 氣通入液態氮，待腔門打開之後取出工件。

## 2、掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, 簡稱 SEM)

電子顯微鏡主要是利用高加速電壓之入射電子束打擊在試片後，產生相關二次訊號來分析各種特性，一般的二次訊號包括直射電子、散射電子、二次電子、背向散射電子、Auger 電子及 X 射線等。電子顯微鏡的發展以穿透式電子顯微鏡 (TEM: Transmission Electron Microscope) 為最早，在 1931 年即已提出；掃描式電子顯微鏡 (SEM: Scanning Electron Microscope)，如圖 3-2，則在 1935 年提出。由於早期發展的 SEM 解析度未臻理想，影像處理及訊號處理技術無法突破，一直到 1965 年以後，SEM 才正式普獲研究學者的青睞。此後 SEM

的發展相當快速，不但機台性能的大幅提高，且各項材料分析附件日益增多，應用的範圍也不斷地擴大，幾乎包含各個研究領域，目前應用在材料、機械、電機、電子材料、冶金、地質、礦物、生物醫學、化學、物理等方面最多。掃描式電子顯微鏡由於景深 (Depth of Focus) 大，對於研究物體之表面結構功效特別顯著，例如材料之斷口、磨損面、塗層結構、夾雜物等之觀察研究。因此，在比較各類分析工作儀器中，我們發現使用率最高的材料分析技術應該算是掃描式電子顯微鏡，其基本構造如下：由電子槍 (Electron Gun) 發射電子束，經過一組磁透鏡聚焦 (Condenser Lens) 聚焦後，用遮蔽孔徑 (Condenser Aperture) 選擇電子束的尺寸 (Beam Size) 後，通過一組控制電子束的掃描線圈，再透過物鏡 (Objective Lens) 聚焦，打在試片上，在試片的上側裝有訊號接收器，用以擇取二次電子 (Secondary Electron) 或背向散射電子 (Backscattered Electron) 成像。掃描式電子顯微鏡的電子波長在 1Å 以下，因此它具有較光學顯微鏡佳的解析度。由德布各利關係式 (De Broglie Relation) 可知，電子受高壓加速時，其波長與加速電壓有如下之關係：

$$\lambda = 12.26 / \sqrt{V} \quad (\text{Å})$$

$$\text{當 } V = 30\text{KV}, \lambda = 0.0707 \text{ Å}$$

$$\text{當 } V = 60\text{KV}, \lambda = 0.0501 \text{ Å}$$

就如同光學顯微鏡之玻璃透鏡一樣，在電子顯微鏡上是利用磁場作透鏡，但磁場必須在電子束的方向形成局部軸向對稱磁場，則電子通過時宛如光線通過玻璃透鏡一般，唯一區別為電子受磁場作用，其行進路線為螺旋狀。可利用弗來明右手定則可確定其旋轉方向。此種電子顯微鏡專用的電磁透鏡，常見的缺陷如下：包括（1）繞射像差（Diffraction Aberration）；（2）球面像差（Spherical Aberration）；（3）散光像差（Astigmatism）；及（4）色像差（Chromatic Aberration）等。

假設電子束經由完美之透鏡聚焦到試片表面成為一點，此時顯現在 CRT 上的為一影像點。然而沒有透鏡是完美的，因此也就不可能聚焦成一點。一般電子顯微鏡增加景深的方法：包括（1）採用低倍率；（2）將束斑直徑變小（光束聚焦）；及（3）減小孔徑角（使用較小的孔徑）。

掃描電鏡的基本原理與電視相同，它是利用加熱燈絲（鎢絲）所發射出來之電子束（Electron Beam），經柵極（Wehnelt Cylinder）靜電聚焦之後，形成一約  $10\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$  大小之點光源，在陽極之加速電壓（ $0.2\text{KV}\sim 40\text{KV}$ ）的作用下，經過 2 至 3 個電磁透鏡所組成的電子光學系統，將匯聚成一直徑細小約  $5\text{nm}\sim 10\text{nm}$  之電子射束，聚焦在試件表面。又由於在末級透鏡上裝有掃描線圈，能使電子射束在試件上掃描，高能電子射束與物質之交互作用，即電子彈性碰撞與非彈

性碰撞之效果，其結果產生了各種訊號如二次電子（SE：Secondary Electrons）、背向散射電子（Be：Backscattered Electrons；又稱背反電子）、吸收電子（AE：Absorbed Electrons）、透射電子（TE：Transmitted Electrons）、X 射線及陰極螢光（Cathode Luminescence）。

電子槍為掃描式電子顯微鏡之電子光源，主要考慮因素在於高亮度、光源區愈小愈好，以及高穩定度。

(<http://elearning.stut.edu.tw/caster/3/no3/3-2.htm>，2003)

## (二)、實驗步驟

### 1、實驗試片材料準備及處理

本實驗所用的試片為高速鋼試片，試片在蒸鍍前應先做表面處理，首先使用#400 的砂紙用手做研磨的動作，之後再分別使用#800、#1000 及#1200 的砂紙分別做研磨，等到試片表面沒有明顯的刮痕並呈現光華的表面之後，再將試片利用拋光機拋光。等到表面處理完成之後，需再將試片做蒸鍍前的前處理，處理的程序包含：消磁、去脂、噴砂、輕濕噴砂、清洗、刷洗等處理動作。之後再將試片送進烤箱烘烤，烘烤之後就可以將試片送進鍍膜機內進行鍍膜。

### 2、氮化鉻膜蒸鍍流程

當試片做好前處理並放進蒸鍍機內進行氮化鉻膜之蒸鍍之後，鍍膜參數如表 2-1 所示。試片的膜厚依照先前的鍍膜經驗判斷約在 2~3



$\mu\text{m}$ 。在蒸鍍的過程中腔體的壓力隨時都保持在  $2.0 \times 10^{-5}\text{torr}$ ，蒸鍍的過程經過離子轟擊 (Bombardment)、輝光放電、加熱、蒸鍍薄膜到蒸鍍系統冷卻，最後取出試片。

### 3、氮化鉻膜之硬度分析

本研究利用維克氏硬度計測量鍍膜之硬度，以夾角  $136^{\circ}$  之方錐於試片表面產生壓痕，荷重與壓痕表面積之比值即為硬度值 (HV)，鍍膜之厚度由數  $\mu\text{m}$  到數十  $\mu\text{m}$  之間相當的薄，因此硬度值受基材影響非常之大，若選擇荷重過大的壓痕器會刺破鍍膜，量測之硬度值會受基材之影響而失去其準確性。硬度值會隨著荷重的改變而做變化，荷重越小，所測得的硬度值越接近鍍膜硬度值。而為避免荷重過小造成量測壓痕對角線長度時因視線的問題而產生誤差，所以選擇荷重為 50 公克，加壓時間為 10 秒，量測試片五點硬度值，並取其平均值作為鍍膜之硬度值。

### 4、氮化鉻膜之磨耗分析

利用磨耗試驗機進行氮化鉻膜之磨耗測試以及未蒸鍍之高速鋼試片之磨耗分析，實驗所設定之參數為將試片以  $20\sim 40\text{m/min}$  之轉速，並利用圓球碳化鎢頭，施加 50N 的重力來測試。有蒸鍍氮化鉻之試片磨耗距離 20 公里、未蒸鍍之試片磨耗距離約 10 公里，分別量測兩者的磨擦係數。

## 5、氮化鉻膜之表面組織分析

本研究使用掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, 簡稱 SEM), 對兩組試片分別作表面結構的觀測分析, 利用 SEM 來觀察氮化鉻膜的表面組織以及高速鋼之表面組織。

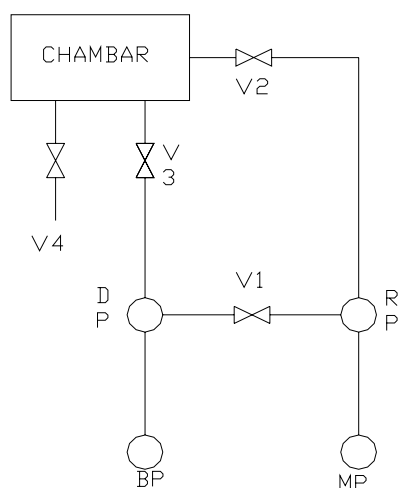


圖 2-1 陰極電弧機真空抽氣之示意圖

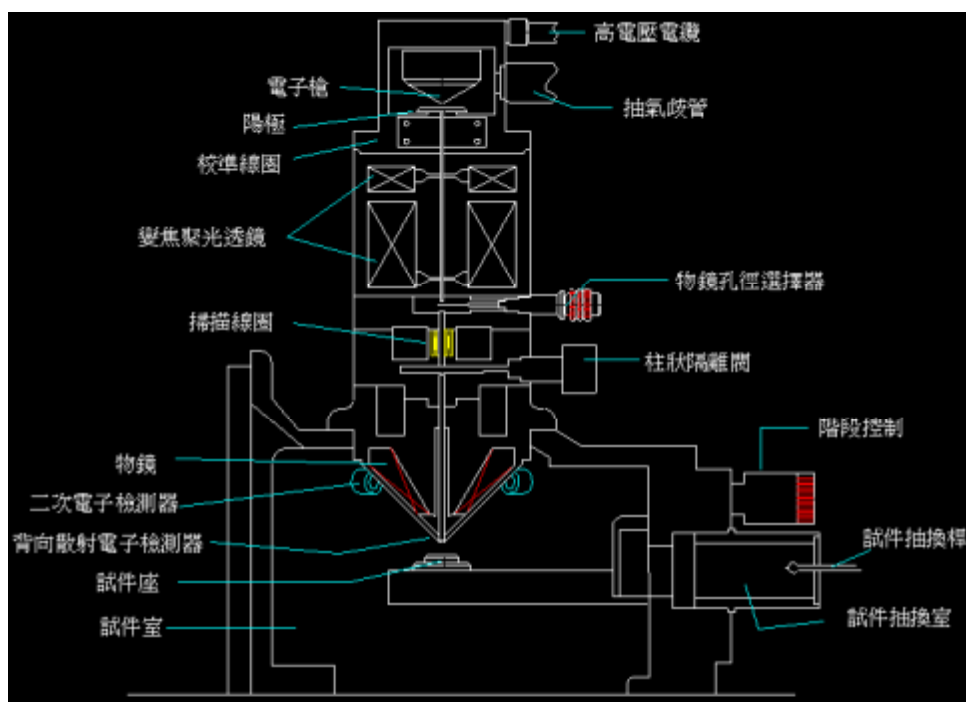


圖 2-2 掃描式電子顯微鏡示意圖

資料來源：<http://elearning.stut.edu.tw/caster/3/no3/3-2.htm>，2003

表 2-1 鍍膜製程參數

製程名稱	製程時間 (t)	電壓 (V)	電流 (A)
離子轟擊 (Bombardment)	2	1000	60
氬氣清潔 (Ar)	15	550	
離子轟擊 (Bombardment)	2	1000	60
鍍膜 (Coating)	5	400	60
鍍膜 (Coating)	55	150	60

### 三、研究結果與討論

#### (一)、氮化鉻膜各性質

將高速鋼依製程參數蒸鍍氮化鉻膜之後檢測其性質，包括硬度、磨擦係數以及膜厚。由表 3-1 可得知高速鋼基材在蒸鍍氮化鉻之後，一些性質提昇了許多，包括硬度的明顯增加以及磨擦係數顯著的下降，代表氮化鉻膜對於提昇工具鋼的性質上有正面的幫助。

##### 1、硬度

鍍膜硬度決定於晶粒大小、晶體結構、內應力、緻密性等因素，另

外還有氮氣分壓、電流大小、電壓等等，各種因素在影響著鍍膜的硬度。而本實驗只單純的比較蒸鍍氮化鉻與未蒸鍍氮化鉻的差別，並未更深入的探討各參數對於硬度的影響，縱然如此仍然可以從所測得的硬度值中比較出，有蒸鍍氮化鉻與未蒸鍍氮化鉻的高速鋼試片存在著明顯的差別，如表 3-1 中，這樣顯著的差別可以讓我們清楚的知道，將氮化鉻膜運用到模具或刀具上，可以增加模具或刀具的硬度進而提高使用壽命，這對於生產成本的降低將會是一項大利多。

## 2、磨擦係數

實驗利用磨耗試驗機測得鍍膜之磨擦係數，由摩擦力的公式中我們可以知道摩擦力與磨擦係數成正比，而介面間的磨擦應該越小越好，故所測得的磨擦係數也應該要越小越好。另外磨擦係數越低，物體的潤滑性越好，當潤滑性提高時相對的使用壽命就可以應此而提高，因此對於鍍膜的磨擦係數應該越低越好。圖 3-1 即為本實驗中兩組試片的磨擦係數實驗數據，由圖中我們清楚的看到有蒸鍍氮化鉻的試片磨擦係數明顯下降許多，這對於模具的應用上有很大的幫助。因此目前工業界中通常都將模具鍍上氮化鉻來增加使用壽命等等。

## 3、氮化鉻膜表面組織

以陰極電弧電漿法被覆之薄膜，由 SEM 觀察薄膜表面之金相，圖 3-2，可以明顯觀察到一些直徑約為  $1\sim 2\mu\text{m}$  的巨顆粒 (macro

particle) 與針孔 (pinhole) 的缺陷。以陰極電弧電漿法被覆薄膜已是極成熟的技術，然而被覆過程產生的巨顆粒 (macro particle) 與針孔 (pinhole) 的缺陷是其主要問題 (李志偉、杜正恭、王政一、劉振權、丘聖智，2002)。根據研究顯示，巨顆粒具有殼層狀微結構，殼層之組成為金屬鉻，外層則是 CrN 薄膜，而針孔則是因為巨顆粒自薄膜表面剝落所造成。

圖 3-3 為高速鋼之表面結構組織，圖中白色的顆粒就是碳的析出物。礙於設備的關係無法對兩組試片的表面結構做進一步的成分分析，以及表面結構的改變對於實際應用上的影響。但我們可以看出高速鋼的表面組織和氮化鉻膜之表面組織的明顯差異。

表 3-1 氮化鉻膜蒸鍍於高速鋼之性質比較

檢測性質	高速鋼	高速鋼蒸鍍氮化鉻
膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	—	約 2~3 $\mu\text{m}$
硬度 (Hv)	823	2060
磨擦係數	0.85	0.55

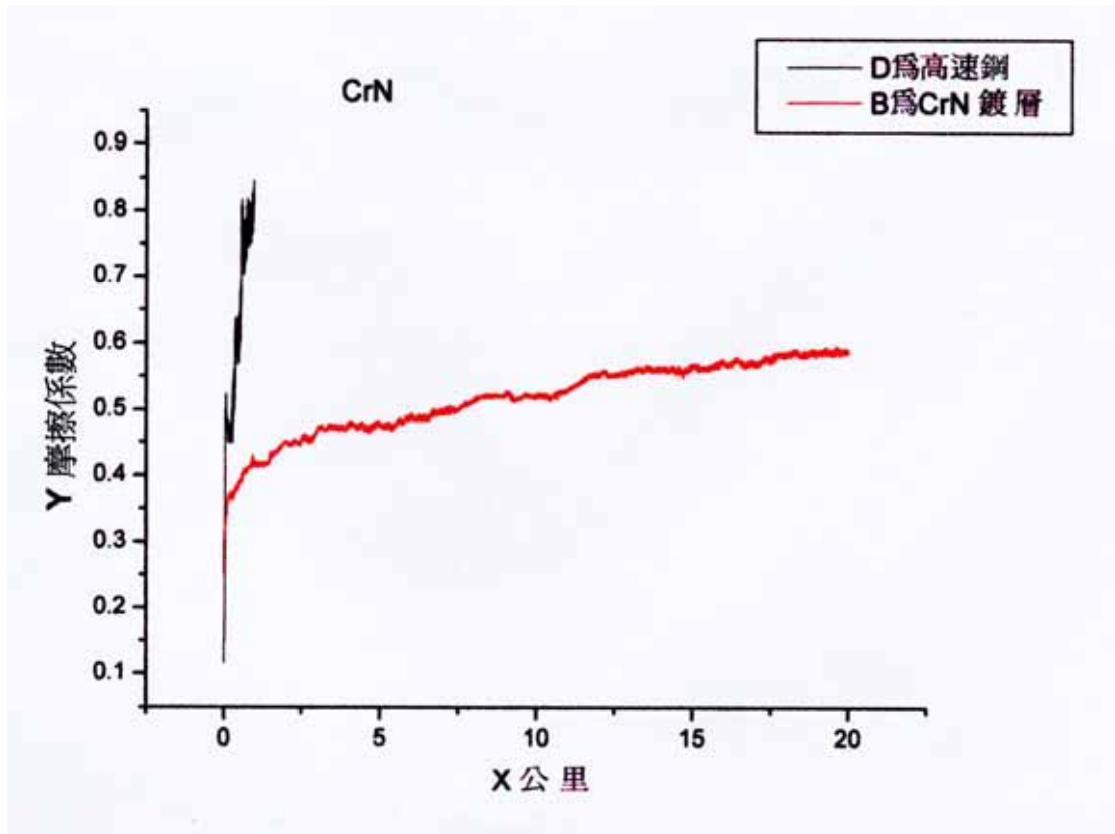


圖 3-1 高速鋼蒸鍍氮化鉻之磨擦係數

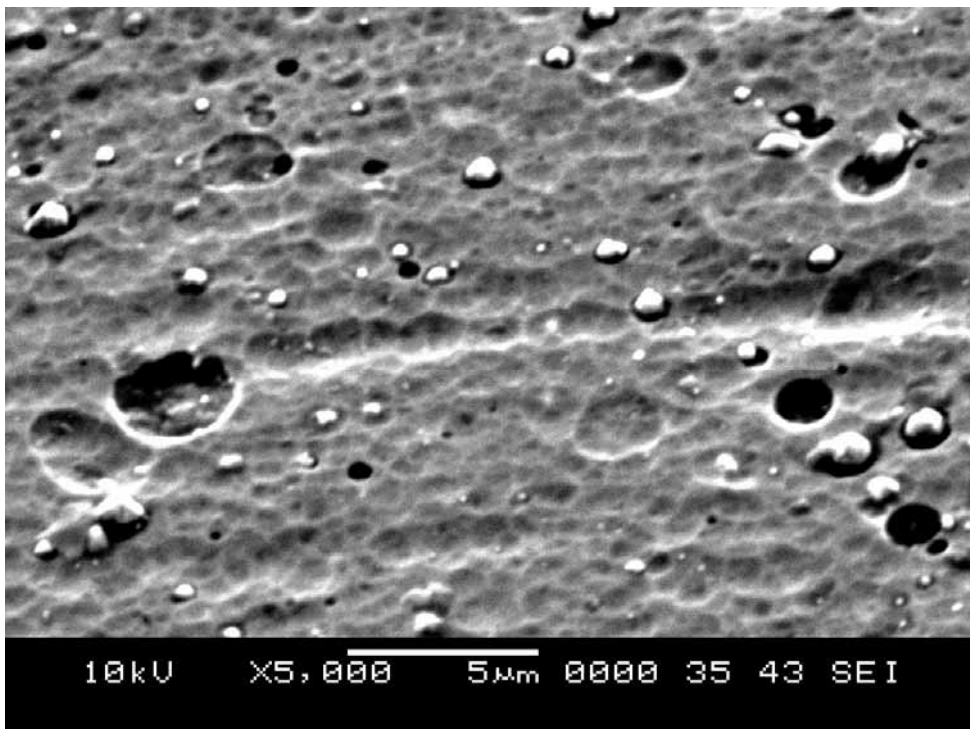


圖 3-2 氮化鉻薄膜之表面結構

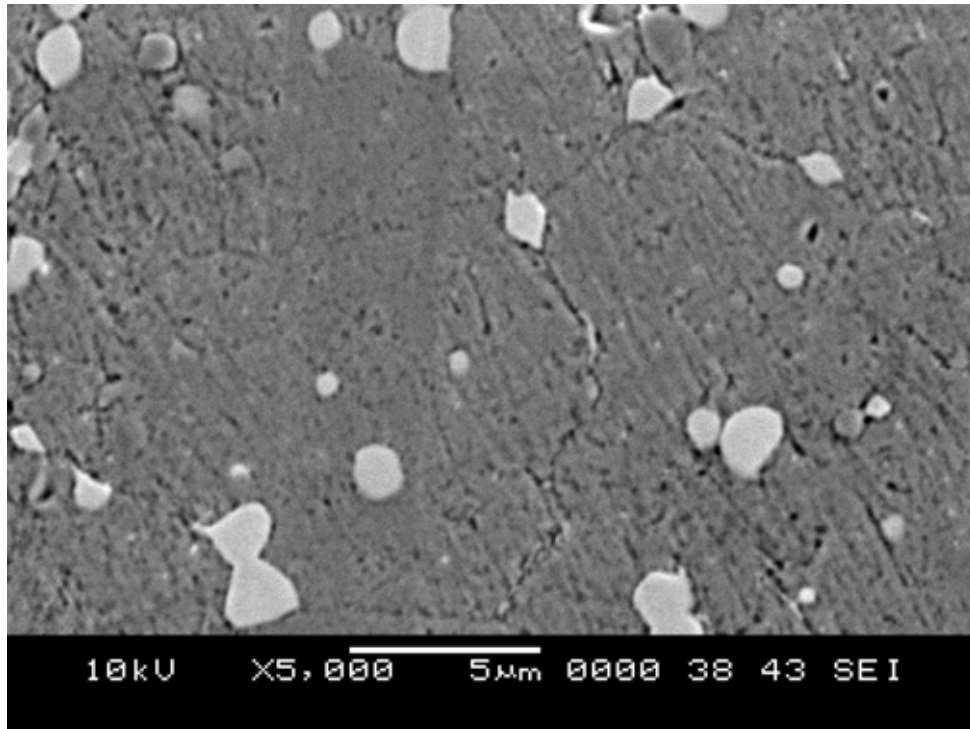


圖 3-3 高速鋼試片之表面結構

#### 四、結論與應用

- (一) 表面處理是工業界常用的，由早期的電鍍到如今的各種先進技術如：CVD、PVD 等，而表面處理最重要的就是要提高各項產品的硬度、耐磨耗性質，進而增加使用壽命。陰極電弧為 PVD 中的一種蒸鍍方式，本實驗利用此一系統蒸鍍氮化鉻膜，並對兩組試片最硬度、磨耗以及表面組織的觀察，進而得到各相數值，證明氮化鉻確實是有增加工件的硬度、耐磨耗等性質。
- (二) 以陰極電弧蒸鍍蒸鍍氮化鉻於高速鋼基材上，鍍層緻密性良好，可以提高基材之硬度，增加鍍膜產品之使用壽命。

- (三) 以陰極電弧蒸鍍蒸鍍氮化鉻於高速鋼基材上，耐磨耗性增加，有效降低磨擦係數。磨擦係數越低則潤滑性越好，產品的性質相對的改變，尤其對於模具而言，潤滑性越好使用壽命越能持久。
- (四) 蒸鍍過之氮化鉻表面組織，由 SEM 觀察得知其中仍然存在著缺陷，這些缺陷對於氮化鉻膜是有影響的，但是需要經過更多的實驗來對這方面的缺陷進行改進。



## 五、參考文獻

1. 李玉華 (1997)。應用在硬膜蒸鍍上之陰極弧光技術。科儀新知，第十八卷五期，38-42。
2. 永源科技股份有限公司，<http://www.surftech.com.tw/>。
3. 莊達仁 (1998)。VLSI 製造技術。台北：高立圖書有限公司。
4. 鍾永文 (2003)。物理蒸鍍氮化鉻鍍膜於碳化鎢基材高溫氧化性能之研究。國立高雄第一科技大學/機械與自動化工程所/91/碩士，未出版，高雄。
5. 金屬工業研究發展中心 (2000)。金屬加工用刀工具材料及處理技術手冊，高雄。
6. 李志偉、杜正恭、王政一、劉振權、丘聖智 (2002)。以陰極電弧電漿法於 Fe-Mn-Al 合金鋼被覆氮化鉻薄膜之機械性質與抗蝕性質研究。2002 年中華民國鍍膜科技研討會暨國科會計劃研究成果發表會論文集，台南。
7. 吳政道，丘茂松 (1992)。SKD61 模具鋼物理蒸鍍 TiN 表面性質之研究。金工，20 卷 1 期，1-10。
8. 李國維 (2001)。碳化鎢模具經物理蒸鍍氮化鉻鍍膜對其磨耗特性影響之研究。高雄第一科技大學/機械與自動化工程系/89/碩士，未出版，高雄。
9. 洪志宏 (2003)。氮化鉻鍍膜於高溫控制氣氛下之劣化研究。國立中興大學/材料工程學研究所/91/碩士，未出版，台中。
10. 葉文挺 (2001)。類鑽鍍膜參數對介面的影響。國立台北科技大學/材料及資源工程系碩士班/89/碩士，未出版，台北。
11. <http://elearning.stut.edu.tw/caster/3/no3/3-2.htm>，2003。
12. HANS K. PULKER (1989)，WEAR AND CORROSION RESISTANT COATING BY CVD AND PVD，ELLIS HORWOOD LIMTIED PUBLISHEV.