

軟氮化對模具鋼 NAK80 沖蝕特性之影響

The effect of erosion character for NAK80 with soft-nitriding.

韓麗龍¹、施議訓²、楊鈞堯³、羅松成⁴、賴仲偉⁴

¹ 國立台北科技大學機械系副教授

² 國立桃園農工實習輔導處主任

³ 國立台北科技大學製造科技研究所研究生

⁴ 國立台北科技大學機械系專題學生

摘要

本研究是以模具鋼 NAK80 做為氮化的基材，因為其硬度並不高(約 Hv 400)，故當 NAK80 應用在射出成形模具之模仁與模穴，其耐磨耗性明顯不足。所以利用 Tufftride 鹽浴式軟氮化法於基材表面產生氮化層，目的在改善表面硬度及耐磨耗性，並有效的提升模具壽命。在不同沖蝕角度下(50°到 90°)進行沖蝕試驗(erosion test)，探討 NAK80 經軟氮化後之沖蝕磨耗特性。實驗結果顯示，NAK80 原材及氮化過後之試片，沖蝕磨耗率皆隨沖蝕角度增加而減少。而氮化過之試片與原材試片相較之下，具有較佳之抗沖蝕性。

關鍵字：模具鋼 NAK80、Tufftride 鹽浴式軟氮化法、沖蝕試驗

Abstract

In this study, tool steel NAK80 was used for nitriding substrate because this material has low hardness about Hv 400. This is to be a bad erosion resistance when NAK80 was used as core and cavity of injection mold. To improve its surface hardness and erosion resistance, we use Tufftride salt-bath nitriding method to generate nitriding layer that can raise the life of mold. The erosion test characteristics of NAK80 through nitriding were tested under different

erosion angles from 50° to 90°. Results show the larger the erosion angle, the smaller the variation in erosion rate. The NAK80 has better erosion resistance than that without nitriding.

Keywords: tool steel NAK80, Tufftride salt-bath nitriding method, erosion test

1. 前言

現今之產業技術在不斷地發展下，使得模具材料在工業生產上扮演之角色日趨重要。NAK80 有較優秀之韌性⁽¹⁾，係屬一種兼具韌性與硬度之冷作模具鋼，能改善並提高對模具與工具所需韌性及強度之基本特性。較長壽命之模具往往是影響競爭力之重要因素，故在其表面硬化可提高硬度、耐磨耗性及耐蝕性，並有效地提高模具使用壽命，所以模具鋼 NAK80 在工業上應用非常廣泛，但也有著硬度不夠高(約 Hv 400)等缺點，本實驗利用 Tufftride 鹽浴式軟氮化法⁽²⁾於基材表面披覆一氮化層，其目的是希望能改善 NAK80 硬度及抗沖蝕性⁽³⁻⁴⁾。

沖蝕磨耗定義為一固態物體與固態、液態或氣態物體相互接觸下，固態物體之接觸面在相對移動下，所產生之材料持續耗損與剝離現象，而一般機械零件或模具⁽⁵⁾所受的耗損，大多為物理方式造成。常見之磨耗現象發生在渦輪葉片、軸承、齒輪及管道彎曲等處，為延長使用壽命、減少維修成本及安全考量，探討沖

蝕磨耗現象也是研究重點⁽⁶⁻⁸⁾。

Tuffride 是西德 Degussa 公司所開發，是迅速鹽浴氮化法的一種，簡稱 TF-1 軟氮化法，此方法是在 560°C 的鹽浴中，把 NAK80 施以 2hr 之短時間的液體氮化，則可得 Hv640 左右之表面硬度。

2. 實驗方法

實驗流程如圖 1 所示。

2.1 試片製備

本實驗原材為 25.4*25.4*25.4 mm 之 NAK80 模具鋼，委託景贊鋼模公司將其切割成 25.4*25.4*6 mm 之薄板作為實驗材料，利用研磨機將表面研磨拋光之後，再進行表面軟氮化熱處理改質。

2.2 氮化處理

將拋光處理後過的 NAK80 施以鹽浴式軟氮化法，經過脫脂、乾燥與預熱、TF-1 處理(鹽浴溫度為 560 °C，持溫 2 hr)、冷卻、清洗的步驟，所得厚度約為 70 μm，表面硬度由原本 Hv 410 上升為 Hv 642，整體硬度也提升至 Hv 520。

2.3 沖蝕試驗

本實驗所使用的沖蝕試驗設備測試機為兆順公司的 CS-600D 型標準密閉噴砂機，其原理乃利用壓縮空氣帶動細顆粒介質經噴嘴射出(設備示意圖見圖 2)；而壓縮空氣速度由壓力閥控制。噴嘴直徑為 5 mm，噴嘴至試片的距離 45 mm，試片置於可轉角度夾具上，壓縮空氣約為 3 kg/cm²，空氣速度約為 66 m/s，以壓縮空氣帶動固體顆粒撞擊固定在夾具上的試片。沖蝕介質選用莫氏硬度 7 的 100 號氧化鋁粉 (Al₂O₃)，沖蝕顆粒平均大小約 177 μm，且形狀不規則的 Al₂O₃ 粉粒當成沖蝕介質，沖蝕過的砂粒則吸入儲存桶不再重複使用^[4]，沖蝕條件如表 2 所示。沖蝕的角度選擇為 50°、60°、70°、80°、90°

等共五種不同條件，可以廣泛且代表性的分析沖蝕與角度之關係。沖蝕顆粒平均速度約為 83.2m/s。沖蝕控制在穩定沖蝕率期間，每一試片沖蝕顆粒總砂量為 1000 g。本實驗的沖蝕磨耗率(Erosion rate)的定義如下：

$$\text{沖蝕磨耗率(g/kg)} = \frac{\text{試片的質量損失(g)}}{\text{沖蝕固體的總量(kg)}}$$

試驗前後，先經丙酮溶液震盪清洗，再用高壓空氣吹離附著於表面之雜質，試驗前後的質量損失，以精密度為 0.0001 g 的電子天秤直接量測，將此質量損失除以沖蝕顆粒的固體總質量。

2.4 金相組織觀察

利用金相試驗觀察顯微組織，經過鑲埋、粗磨、細磨、拋光、腐蝕、顯微組織觀察，以 5% Nital 腐蝕液進行腐蝕，以光學顯微鏡觀察試片之金相組織。

2.5 硬度試驗

使用儀器為日本製 Akashi MVK-H100 維氏硬度機，為了減少基材效應的影響，分別以 10 g、25 g、50 g 之荷重測試之，量測氮化層與素材試片之微硬度分佈值。

2.6 GDS 縱深成份分析

利用輝光放電分析儀 GDS(Glow Discharge Optical emission Spectroscopy)檢驗分析 NAK80 模具鋼材料的化學成份，如表 1 所示。

2.7 沖蝕表面型態觀察

沖蝕試片經丙酮溶液震盪清洗後，再用高壓空氣吹離附著於表面之雜質，以 SEM 電子顯微鏡觀察試片微觀之表面型態。材料顯微組織比率分析，配合影像處理分析軟體做組織率判定。

3. 結果與討論

3.1 表面硬度分析

由表4可看出氮化後之NAK80之硬度有明顯之改變，表面層之硬度可達Hv 642，比基材之硬度(Hv 410)高出Hv 232之多，對於硬度提升及表面耐磨耗之要求，氮化明顯可達很好之效果，氮化層硬度分布如圖3所示。

3.3 沖蝕率分析

圖4所示為在NAK80模具鋼在素材及經氮化處理後，分別以50°、60°、70°、80°、90°不同角度沖蝕後，所得到的沖蝕率比較。當沖蝕角度在低角度時(50°、60°)，有較大的沖蝕率，而且隨著角度的增加，沖蝕率隨著減少；尤其在50°時，不論是素材或是經氮化處理材料，皆有最大沖蝕率存在，然後漸趨緩和而不升反降；正向衝擊角度80°時沖蝕磨耗率達到最低點。故NAK80模具鋼在高角度的沖蝕時(80°、90°)有較好的承受沖蝕的能力。若以材質而言，NAK80模具鋼經氮化處理後，雖然硬度由Hv 410提升到Hv 642，但隨角度的增加，沖蝕率確無明顯而大幅的差異。顯示NAK80模具鋼材料的硬度，並非抵抗沖蝕磨耗的主要因素，反而是沖蝕角度大小對沖蝕率影響較大。氮化處理後的碳化物析出組織，容易被沖蝕時的剝離切削。綜合以上結論，本實驗在50°時會有最大沖蝕磨耗率；而在80°時有最小的沖蝕磨耗率。

3.3 OM 及表面分析

圖4(e)(f)為NAK80經氮化處理後的OM照片比較氮化處理之前的NAK80素材模具鋼材圖4(a)晶粒大小變化不大；而NAK80模具鋼材經氮化處理之後，其組織較為均勻，因為在高溫中，且因為微細的碳化物析出，而成為麻田散鐵基地，硬度提昇很高(如圖4(b)

所示)。

圖4(c)(d)所示為經兩種沖蝕實驗後代表性的材料表面(50°、80°)，由照片中觀察到，在較低角度時有較大的沖蝕面積，因為素材硬度較低，沖蝕表面出現塑性流動的現象。在較高角度的沖蝕磨耗表面型態特徵，試片表面均以凹坑的磨耗特徵為主。在沖蝕角度為50°時，沖蝕面積最廣，其次依序為60°、70°、80°，而在80°時會有最小的沖蝕面積。在低角度時的沖蝕狀態下，其表面積為一狹長的橢圓形，沖蝕面積將包括整個試片範圍。當沖蝕角度增加時，其沖蝕輪廓由型變成趨向高斯分佈。

4. 結論

1. 在固體顆粒沖蝕磨耗試驗中，於50°沖蝕角有最大沖蝕磨耗率，於80°沖蝕角有最小的沖蝕磨耗率。素材及氮化後的材料皆有相同的特性。
2. 在固體顆粒沖蝕磨耗試驗中，氮化處理後的材料，在70°、80°時其沖蝕率明顯大於素材，其硬度雖相差甚遠，但對於降低沖蝕率卻無太大幫助。由此可知硬度對固體顆粒沖蝕磨耗而言，影響反而沒有沖蝕角度來得大。
3. 於低角度之沖蝕凹陷型態為左右對稱的狹長脊狀，隨沖蝕角度愈大，其沖蝕造成的凹陷形狀越趨近於高斯分佈圓形。

表.1 Chemical compositions of the specimens(GDS 分析)

Wt%	C	Si	Mn	Ni	Cu	Mo	Al
NAK80	0.15	0.3	1.5	3.0	1.0	0.3	1.0

致謝

感謝大同大學破壞/非破壞科學實驗室成員對於本實驗之協助。

參考文獻

1. 天文大同特殊鋼股份有限公司網站及 DM , <http://www.daidosteel.com.tw/>
2. 永叡金屬工業有限公司 , NEW TUFFTRIDE氮化法介紹
3. 卓良憶,“沃斯回火熱處理對球墨鑄鐵及 AISI 4340 合金鋼沖蝕磨耗之影響”, 大同大學材料工程研究所碩士論文 , 2001
4. 吳國龍,“球墨鑄鐵管之沖蝕磨耗研究”, 台北科技大學材料及資源工程研究所碩士論文 , 2005
5. ASM Metals Handbook, “Properties and Selection :Irons, Steels, and High-Performance Alloys”, Vol.1, 10thEd, 1990.pp.908-929.
6. R. E. Winter and I. M. Hutchings, “ Solid Particle Erosion Studies Using Single Angular Particle ”, Wear, 29,1974, pp181-194.
7. ASTM G76-95, “ Stand Test Method for Conducting Erosion Tests by Solid particle Impingement Using Gas Jets”, 1997,pp.305-309.
8. ASTM G73-93, “Stand Practices for Liquid Impingement Erosion Testing ”, 1993,pp.270-281.

表 2 沖蝕條件

噴嘴直徑	5 mm (碳化鎢)
壓縮空氣	約為 3 Kg/cm ²
空氣速度	約為 66 m/s
沖蝕流速	約為 83.2 m/s
沖蝕總砂量	1000 g
沖蝕角度	50、60、70、80、90
沖蝕距離	45 mm
沖蝕介質	氧化鋁粉 (Al ₂ O ₃)
平均粒徑	約為 177 um
沙粒硬度	莫氏硬度 7

表 3 試驗試片規格

試驗名稱	試片規格(mm)
沖蝕試驗	25.4×25.4×6
GDOS	15×15×5
OM	25.4×25.4×6
硬度試驗	12.7×12.7×12.7

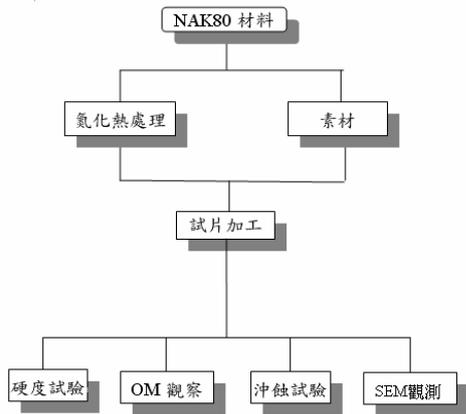


圖 1 實驗流程圖

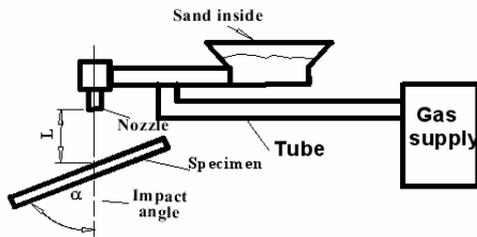


圖 2 沖蝕設備示意圖

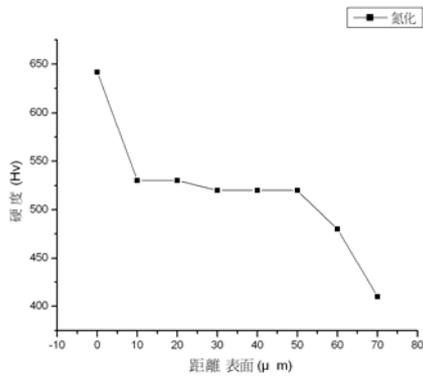


圖 3 硬度分佈圖

表 4. 硬度(Hv)分佈

位置	距離表面 (μm)	硬度 (Hv)
表面	0	642
氮化層	10	530
氮化層	30	520
氮化層	60	480
基材	70	410

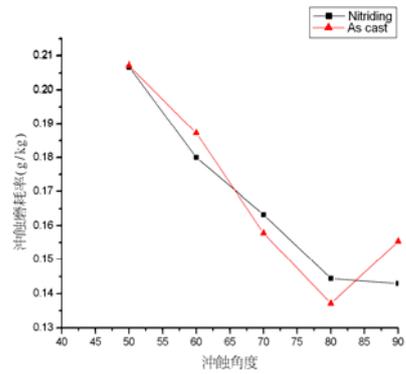
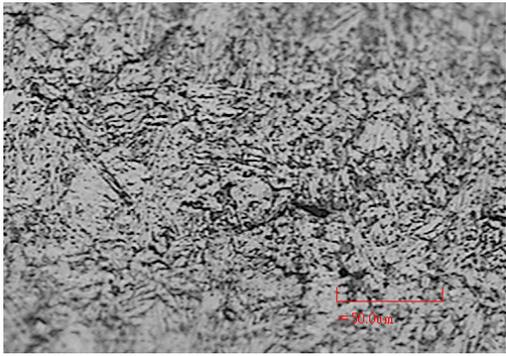


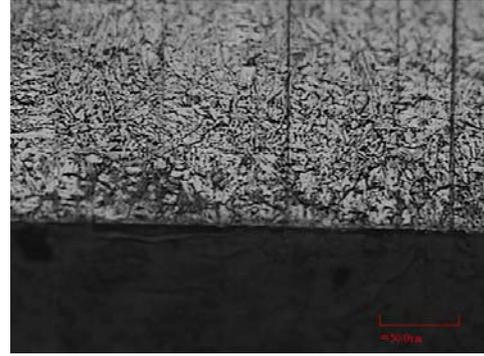
圖 4. 沖蝕角度及沖蝕磨耗率分佈圖

表 5. 沖蝕磨耗率(單位 g/kg)

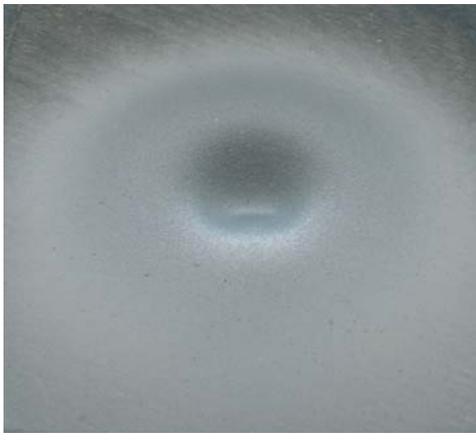
角度	氮化	原材
50	0.2066	0.2073
60	0.1799	0.1873
70	0.1632	0.1578
80	0.1444	0.1371
90	0.1429	0.1554



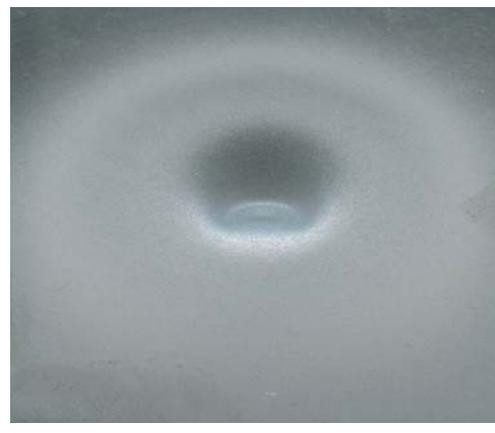
(a)



(b)



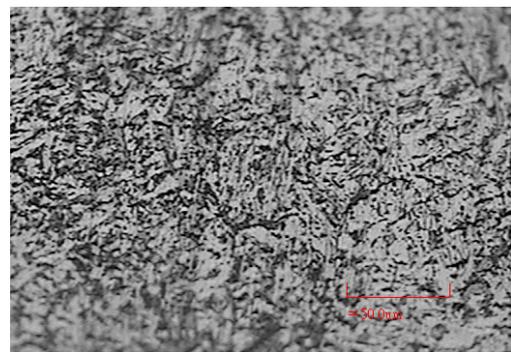
(c)



(d)



(e)



(f)

圖 5 NAK80 之顯微組織(a) 素材(OM), (b)材料側邊細微組織, (c) 沖蝕正表面(50°) (d) 沖蝕正表面(80°) (e) 氮化後基材組織 (30μm), (f)氮化後基材組織 (10μm)