

私立東南工業專科學校機械工程科

專 題 研 究 報 告

S45C 鋼料磨耗試驗探討

指導老師：李志偉 老師

學 生：賴俊銘 (2872084)

楊豐榮 (2872068)

張永進 (2872073)

曹盛賢 (2872074)

梁晉瑋 (2872104)

中華民國八十八年十一月六日

摘要

本實驗選用 S45C 鋼料進行(1)直接淬火，850 30 分鐘水冷、(2)淬火後 200 回火 2hr 水冷、(3)淬火後 550 回火 2hr 水冷、(4)淬火後 650 回火 2hr 水冷、(5)正常化，850 30 分鐘空冷等五種熱處理，然後以 Taber 磨耗試驗機進行磨料磨耗試驗。試驗荷重選用 250 公克與 750 公克兩種，磨輪迴轉次數則選用 500 轉、1000 轉、3000 轉與 5000 轉四種條件。

實驗結果顯示，磨耗實驗之磨輪迴轉次數越高，試片磨耗重量損失量越大。磨耗實驗荷重越高，則試片的磨耗重量損失量也越大。經過淬火低溫回火〔200〕熱處理後之試片具有最佳之耐磨耗性，直接淬火的試片次之，正常化的試片具最差之耐磨耗結果，淬火後高溫回火〔550 與 650〕的試片，其耐磨耗性亦不佳。磨耗試片表面呈現犁溝狀形態，試片硬度越低，犁溝深度及寬度越大，並有許多剝片形成。

目 錄

摘要	ii
目錄	iii
一、前言	1
二、相關文獻探討	4
三、實驗步驟	8
四、結果	10
五、討論	31
六、結論	34
七、參考文獻	35
附錄一	36
附錄二	37

一、前言

大部分金屬產品的品質決定於表面與使用時表面毀損的情況，在工程應用，表面毀損是相當重要的問題，因為其對機械零件的壽命及使用性有很大的影響。磨損可定義為使用或環境所造成的非故意的表面損壞，當金屬暴露時，磨損是最容易發生的一種，因此耐磨損的重要性是不再詳述的。【截錄於參考文獻中的第 5 點】

金屬表面與另一金屬（黏著，Adhesive 或金屬磨損），某種金屬或分金屬磨料（磨粒，abrasion），或移動液體或氣體（沖蝕，erosion）接觸時，會造成金屬表面的移動或分離，而沖蝕通常含有某種型式的腐蝕。以上三種磨損可細分為滾動摩擦或滑動摩擦，甚至是否有無潤滑。【截錄於參考文獻中的第 5 點】

磨損很少只牽扯到單一型式，大部分會同時發生磨料及黏著磨耗兩種。磨損的每一型式受到條件的變化而影響，包括環境、負荷型式、配合元件的相對速度、潤滑劑及配合元件的成份與適應性，因此在工程應用上，即使用最好的潤滑劑也無法完全避免磨損。一般的應用上，是使用一個硬金屬配以較軟的金屬，且此軟材料的使用（如軸承）要考慮更換

的經濟性。【截錄於參考文獻中的第 5 點】

磨耗是一種材料的磨損和破壞作用，除了試車或金屬切削加工等一些特別例子外，磨耗是需要減少或控制，以維持材料或機件的使用壽命。它不但和表面性質、環境及運動條件有關，而且和測定的工具和方法也有關，即同一種磨耗現象已不同方法或工具測定，結果常會有相當的差異，因此雖然有不少人對磨耗現象和產生機構等提出理論解說，但至今無一磨耗定律為大家所共同接受及應用。另一方面磨耗速率 (wear rate) 的範圍很大，大部份材料的摩擦係數在 0.1 和 1.0 之間，但大部份材料的磨損速率可以相差十的幾次方的範圍。【截錄於參考文獻中的第 4 點】

磨耗可定義為：當表面有相對運動時，產生於運動表面上的連續性物質損失。這種說法是屬於比較廣義的，因為它的表面相對運動並不限於二表面作相互運動，也可以流體對表面作相互運動，同時表面上的連續性損失可以屬於物理也可以屬於化學性的，可以是因為另一表面造成也可以因流體動力等造成。【截錄於參考文獻中的第 4 點】

磨耗現象的種類很多，而且很多名詞是混淆的，依據當代磨潤大師泰伯 (David Tabor) 之分類為三大類：黏著磨

耗 (adhesive wear)、非黏附磨耗 (non-adhesive wear) 和複合磨耗 (composite wear)。非黏附磨耗依泰伯之解說主要為磨料磨耗 (abrasive wear) 和疲勞磨耗 (fatigue wear)，而複合磨耗則是二種以上機構產生的，主要有化學磨耗 (chemical wear)、沖蝕磨耗 (erosive wear) 和摩擦磨耗 (fretting wear)。【截錄於參考文獻中的第 4 點】

本專題計畫之實驗過程可做為機械材料、材料實驗、熱處理、機械製造、塑性加工、機械元件設計等相關課程之輔助教材，修課學生可經由實體的觀察，提高學習興趣並增強學習印象。

二、 相關文獻探討

本單元引用 avner 著、譚安宏、簡仁德譯的物理冶金。

(一) 磨損的機構

在黏著磨耗中，因為接觸表面的相對移動或機械阻礙所產生的摩擦，而引起的刮痕 (scoring)、擦傷 (galling)、膠執 (seizing) 及曳行 (scuffing)。如果推動力足以維持滑動，則膠結的粒子會變形。如果它們是脆性材料，則它們會撕裂。由此得到一個結論，即避免金屬對金屬的接觸，即增加硬度以抵抗起使壓痕，增加韌性抵抗金屬粒子的撕裂，或增加表面平坦性以消除凸痕都可趕善耐磨性。

當顆粒滑過或滾過程受壓力的表面，或硬度表面刮過另一表面，則會發生磨料磨耗。來自硬物質的研磨顆粒會刮或鉋傷軟材料，這些硬顆粒甚至穿透軟材料而引起金屬粒子的撕裂。

變形金屬是否容易撕裂取決於韌性，所以，硬度與韌性都會影響黏著磨耗，也會影響磨料磨耗，但這兩個因素中，以硬度較為重要。

(二) 影響磨耗的因素

潤滑對耐磨耗是一個重要的因素，尤其在黏著磨耗中，在後磨潤滑時，有足夠的潤滑層以消除金屬間接觸，而使金屬磨損降低到可忽略的值。無論如何，此理想條件最常發生在“邊界潤滑”（boundary lubrication），當由磨無法連續維持，則會發生間歇性的金屬接觸。在邊界情況時，磨損的大小決定於速度、壓力，配合表面的性質及殘留油膜的效應，但在許多例子是不需要潤滑的，例如煞車。

雖然金屬很少發生熔化的現象，但由乾磨耗所產生的熱在許多情況都會降低耐磨能力。此熱可回火硬化結構，造成相變化以增進硬度及脆性，但也會降低機械性質即加速腐蝕作用。

銲接也是造成金屬材料摩擦的因素，相同的原子或結晶類似的金屬有很強的內聚力，當相同金屬的兩清潔面彼此確實接觸時，則因原子的吸力而銲接在一起。如果摩擦時，有足夠的壓力施加在殘留素片材料，如油漬、夾渣或吸附濕氣，且表面充分的接觸而有彈性或塑性變形發生時，則會產生膠執或銲接，軟材因為高溫而變得更容易塑性變形與銲接。膠執會造成完全停止，或者如果沒有避免相對移動，則會造成工件接觸面的拉斷，最後引起刮傷、擦傷及過渡的局

部磨損。

很多方法可用來降低膠執的危險，其中一種至利用薄層的硬面材料，使用這些金屬至少可形成一些有用的潤滑層，或薄且緊密黏著的氧化、硫化或磷化塗層。氧化鋁對防治止銲接是非常有效的，當工件在高壓下產生緊密接觸的彈性變形時，最好的防治方法是把潤滑劑與金屬表面混合形成一種腐蝕產物，以產生足夠的強度現象。

衝擊也是影響磨損的因素，因為突然的施力會造成塑性流即形狀的改變，適當的設計可避免表面壓降伏強度高於衝擊所產生的壓應力，以使下表面塑性流不會產生。

疲勞破壞因為是逐漸的毀損，所以可包括在磨損來討論，適當的設計可消除切口及表面的應力集中，以提高疲勞強度。因為疲勞破壞是因為拉伸應力造成的，所以可藉著表面硬化，如滲碳及珠擊法，在表面產生應力以避免疲勞破壞。

(三) 耐磨耗的測試方法

因為磨耗不是簡單的現象，所以必須以一些標準試驗方法來測試。要獲得一種“通用”的磨耗測試是不可能的，所以磨耗試驗的設備必須模擬實際情況來設計。這些試驗必須具有再現性，且可測試各種材料，而最重要的是確定數據的

正確性。其測試方法有：(1)滑動型磨耗試驗機、(2)滾動-滑動型磨耗試驗機。

(四) 磨耗的防治

許多材料與方法可用來防治磨耗，特殊材料或程序的選擇需要經過實際情況的分析，一種知識的應用及材料與程序的限制或成本都要加以考慮。工程資料不足，使得對如何選擇材料以抵抗磨耗的責任都落在工程師的身上。

以下幾種技術可防止表面的磨耗：

電鍍 (Electroplating)

陽極處理 (Anodizing)

擴散 (Diffusion)

金屬噴塗 (Metal spraying)

硬面被覆 (Hard facing)

熱處理 (Selective heat treatment)

本次試驗以熱處理方式的改變來觀察其磨耗量的差異性。

三、 實驗步驟

1. 準備 S45C 碳鋼 5 片分別實施以下之熱處理 (1) 淬火 850 30 分鐘水冷、(2) 淬火 + 200 回火 2hr 水冷、(3) 淬火 + 550 回火 2hr 水冷、(4) 淬火 + 650 回火 2hr 水冷、(5) 正常化 (850 30 分鐘空冷)
2. 以磨床將各試片表面銹皮磨除，以丙酮清洗油污，並測試試片硬度。
3. 以水冷式砂輪切割機切取試片。
4. 利用精密電子天平秤各試片重量，量測精度到 0.1mg 且記錄之。
5. 調整 Tabor 磨耗實驗機之試片承載台之轉速為 60rpm。
6. 分別裝上試片與標準砂輪 (編號為 Tabor H-22)。
7. 調整荷重為 250g。
8. 將轉速記錄器歸零。
9. 在乾燥狀態下開始磨耗試驗，轉速設定為 500 次。
10. 到達轉數後，取下試片，以精密電子天秤做重量量測，根據實驗數據繪製磨耗重量與損失百分比回轉數的曲線圖。

11. 調整轉數為 1000、3000、5000 次，在重覆步驟 5 至步驟 10。
12. 調整荷重為 750g，重複步驟 8 至 11。
13. 將上述各試片磨耗後表面測量其表面粗糙度。
14. 將荷重 750g，研磨 5000 次的各熱處理試片表面的掃描式電子顯微鏡觀察其磨耗型態。

四、 結果

(一) 熱處理後的金相組織及硬度

本次實驗以改變熱處理條件來測試 S45C 試片磨耗的損失量，熱處理條件有正常化(850 .30 分.空冷)、淬火(850 .30 分.水冷)、淬火後 200 回火 2 小時、淬火後 550 回火 2 小時及淬火後 650 回火 2 小時等五種。各試片熱處理的金相顯微組織如圖 1(a)~(e)，圖 1(a)為波來鐵和肥粒鐵、(b)為淬火麻田散鐵，圖(c)為 200 回火麻田散鐵，圖(e)及(f)為回火糙斑鐵，各試片之硬度則列於表 1。由試片微結構及硬度數值與習知結果相符，故本實驗之熱處理算是成功。

圖 1 (a) S45C 鋼料正常化熱處理之後的顯微組織

圖 1 (b) S45C 鋼料淬火熱處理之後的顯微組織

圖 1 (c) S45C 鋼料淬火後 200 熱處理之後的顯微組織

圖 1 (d) S45C 鋼料淬火後 550 熱處理之後的顯微組織

圖 1 (e) S45C 鋼料淬火後 650 熱處理之後的顯微組織

表 1 各熱處理試片硬度

熱處理 硬度	正常化	淬火	200 回火	550 回火	650 回火
硬 度	HV226	HV504	HV594	HV268	HV271
	HV220	HV471	HV600	HV258	HV270
	HV220	HV497	HV624	HV269	HV277
平均硬度 值	HV222	HV491	HV606	HV265	HV273

表 1-1 S45C 鋼料 Taber 磨耗實驗前後表面粗糙度

Lc : 0.80mm

(單位 : μm)

材料	量測 方式	正常化	淬火	淬火+ 200 回火	淬火+ 550 回火	淬火+ 650 回火
未磨前	Ra	1.35	1.12	1.27	1.25	1.31
500 轉	Ra	2.66	2.24	2.20	3.59	3.72
1000 轉	Ra	3.26	2.70	2.38	3.44	3.71
3000 轉	Ra	3.38	2.22	2.58	3.55	3.11
5000 轉	Ra	3.38	2.26	2.58	3.10	3.30

(二) 磨耗實驗數據及磨耗表面型態

S45C 各熱處理的鋼料施加 250g 及 750g 荷重，磨輪迴轉圈數自 500 至 5000 轉的重量變化及重量損失百分比如表 2 至表 5 所示。各試片之迴轉次數對磨耗重量損失比作圖如圖 2 及圖 3。各試片不同迴轉次數，不同熱處理的磨耗重量損失比則如圖 4 至圖 7 所示。各試片施加 750g 荷重，迴轉 5000 次磨耗實驗完畢的表面型態電子顯微鏡照片與磨輪表面顆粒照片如圖 8 至圖 14 所示，並且 S45C 鋼料 Taber 磨耗實驗前後表面粗糙度，如圖表 1-1

表 2 S45C 鋼料 Tabor 磨耗實驗機之磨耗數據表

(迴轉 500 次)

荷重		250g		750g	
熱處理條件	圈數	重量		重量	
正常化	500	實驗前	31.5156g	實驗前	31.4823g
		實驗後	31.483g	實驗後	31.3923g
		損失量	0.0326g	損失量	0.09g
		損失百分比	0.1%	損失百分比	0.287%
淬火	500	實驗前	21.7559g	實驗前	21.7428g
		實驗後	21.7422g	實驗後	21.7162g
		損失量	0.0137g	損失量	0.0266g
		損失百分比	0.036%	損失百分比	0.122%
200 回火	500	實驗前	26.1753g	實驗前	26.1502g
		實驗後	26.1495g	實驗後	26.1035g
		損失量	0.0258g	損失量	0.0467g
		損失百分比	0.0987%	損失百分比	0.1789%
550 回火	500	實驗前	21.1415g	實驗前	21.1254g
		實驗後	21.1261g	實驗後	21.0852g
		損失量	0.0154g	損失量	0.0402g
		損失百分比	0.0729%	損失百分比	0.1907%
650 回火	500	實驗前	17.4812g	實驗前	17.4640g
		實驗後	17.4643g	實驗後	17.4324g
		損失量	0.0169g	損失量	0.0316g
		損失百分比	0.0968%	損失百分比	0.1813%

表 3 S45C 鋼料 Tabor 磨耗實驗機之磨耗數據表

(迴轉 1000 次)

荷重		250g		750g	
熱處理條件	圈數	重量		重量	
正常化	1000	實驗前	17.9086g	實驗前	17.8298g
		實驗後	17.865g	實驗後	17.6789g
		損失量	0.0436g	損失量	0.1509g
		損失百分比	0.244%	損失百分比	0.8536%
淬火	1000	實驗前	16.1740g	實驗前	16.1525g
		實驗後	16.1531g	實驗後	16.0860g
		損失量	0.0209g	損失量	0.0665g
		損失百分比	0.1294%	損失百分比	0.4134%
200 回火	1000	實驗前	32.5322g	實驗前	32.4656g
		實驗後	32.4965g	實驗後	32.4102g
		損失量	0.0357g	損失量	0.0554g
		損失百分比	0.1099%	損失百分比	0.1709%
550 回火	1000	實驗前	35.1873g	實驗前	35.1274g
		實驗後	35.1282g	實驗後	34.9808g
		損失量	0.0591g	損失量	0.1466g
		損失百分比	0.1682%	損失百分比	0.419%
650 回火	1000	實驗前	24.4371g	實驗前	24.3982g
		實驗後	24.3987g	實驗後	24.2858g
		損失量	0.0384g	損失量	0.1124g
		損失百分比	0.1574%	損失百分比	0.4628%

表 4 S45C 鋼料 Tabor 磨耗實驗機之磨耗數據表

(迴轉 3000 次)

荷重		250g		750g	
熱處理條件	圈數	重量		重量	
正常化	3000	實驗前	11.0735g	實驗前	10.8463g
		實驗後	10.9463g	實驗後	10.7687g
		損失量	0.1272g	損失量	0.0776g
		損失百分比	1.162%	損失百分比	0.7206%
淬火	3000	實驗前	32.5604g	實驗前	32.4509g
		實驗後	32.4509g	實驗後	32.246g
		損失量	0.1095g	損失量	0.2049g
		損失百分比	0.3374%	損失百分比	0.6534%
200 回火	3000	實驗前	17.1224g	實驗前	17.0533g
		實驗後	17.0533g	實驗後	16.9663g
		損失量	0.0691g	損失量	0.087g
		損失百分比	0.4052%	損失百分比	0.5128%
550 回火	3000	實驗前	32.8662g	實驗前	32.7378g
		實驗後	32.6778g	實驗後	32.4484g
		損失量	0.1884g	損失量	0.2894g
		損失百分比	0.5765%	損失百分比	0.8919%
650 回火	3000	實驗前	32.2389g	實驗前	32.0238g
		實驗後	32.0238g	實驗後	31.6737g
		損失量	0.2151g	損失量	0.3501g
		損失百分比	0.6717%	損失百分比	1.1053%

表 5 S45C 鋼料 Tabor 磨耗實驗機之磨耗數據表

(迴轉 5000 次)

荷重		250g		750g	
熱處理條件	圈數	重量		重量	
正常化	5000	實驗前	9.9658g	實驗前	9.7698g
		實驗後	9.7849g	實驗後	9.5049g
		損失量	0.1809g	損失量	0.2649g
		損失百分比	1.8488%	損失百分比	2.787%
淬火	5000	實驗前	30.8822g	實驗前	30.7039g
		實驗後	30.7087g	實驗後	30.3888g
		損失量	0.1735g	損失量	0.3151g
		損失百分比	0.565%	損失百分比	1.0369%
200 回火	5000	實驗前	32.4823g	實驗前	32.2927g
		實驗後	32.303g	實驗後	32.0948g
		損失量	0.1793g	損失量	0.1979g
		損失百分比	0.555%	損失百分比	0.6166%
550 回火	5000	實驗前	34.5159g	實驗前	34.1586g
		實驗後	34.2039g	實驗後	33.5836g
		損失量	0.312g	損失量	0.575g
		損失百分比	0.9122%	損失百分比	1.7121%
650 回火	5000	實驗前	31.1531g	實驗前	30.8081g
		實驗後	30.8427g	實驗後	30.2862g
		損失量	0.3104g	損失量	0.5219g
		損失百分比	1.0064%	損失百分比	1.7232%

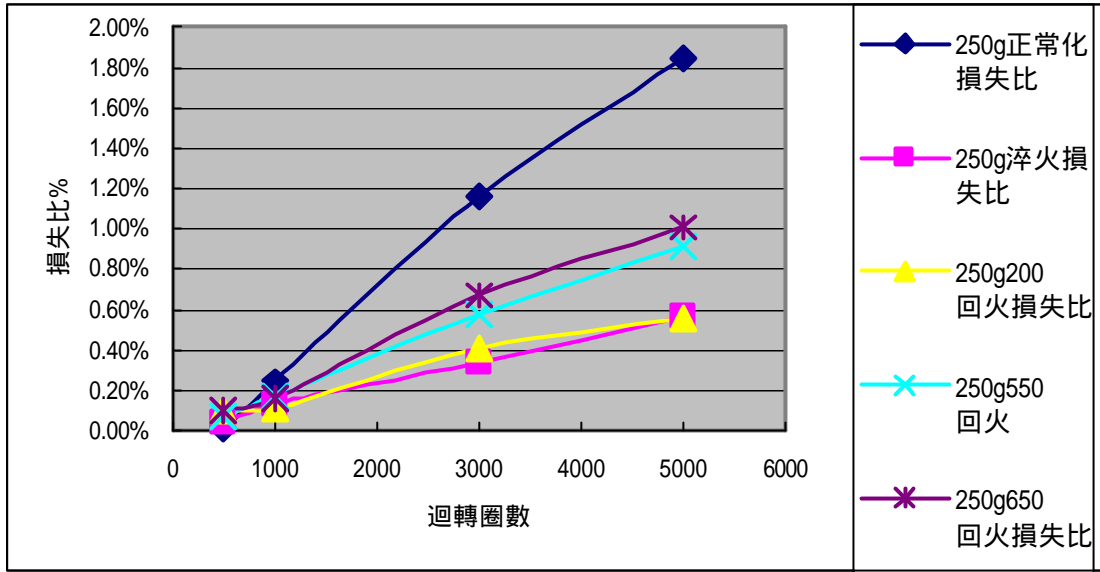


圖 2. 荷重 250g , 正常化、淬火、淬火後 200 回火、淬火後 550 回火、淬火後 650 回火、熱處理之試片磨耗重量損失百分比

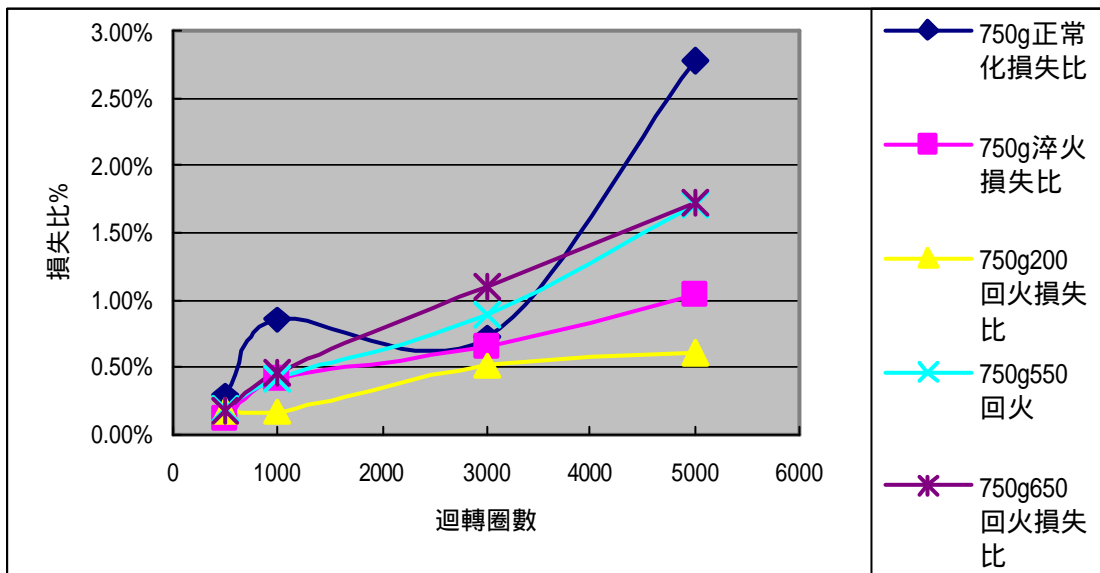


圖 3. 荷重 750g , 正常化、淬火、淬火後 200 回火、淬火後 550 回火、淬火後 650 回火、熱處理之試片磨耗重量損失百分比

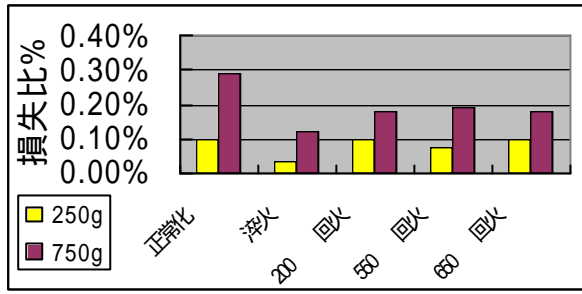


圖 4. 500 轉磨耗損失比

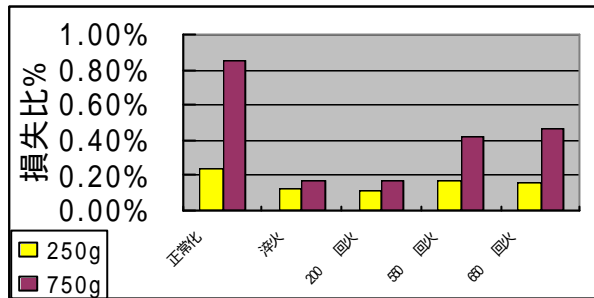


圖 5. 1000 轉磨耗損失比

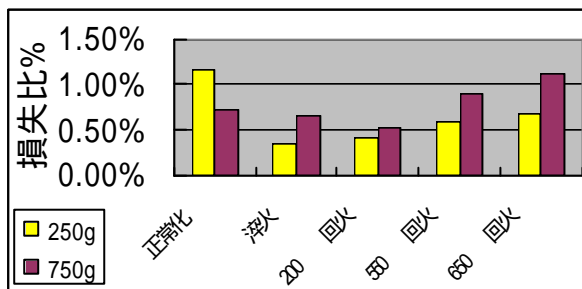


圖 6. 3000 轉磨耗損失比

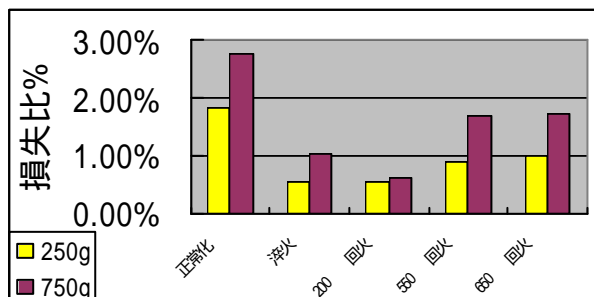


圖 7. 3000 轉磨耗損失比

(a)

(b)

圖 8. H22 磨輪表面顆粒之型態

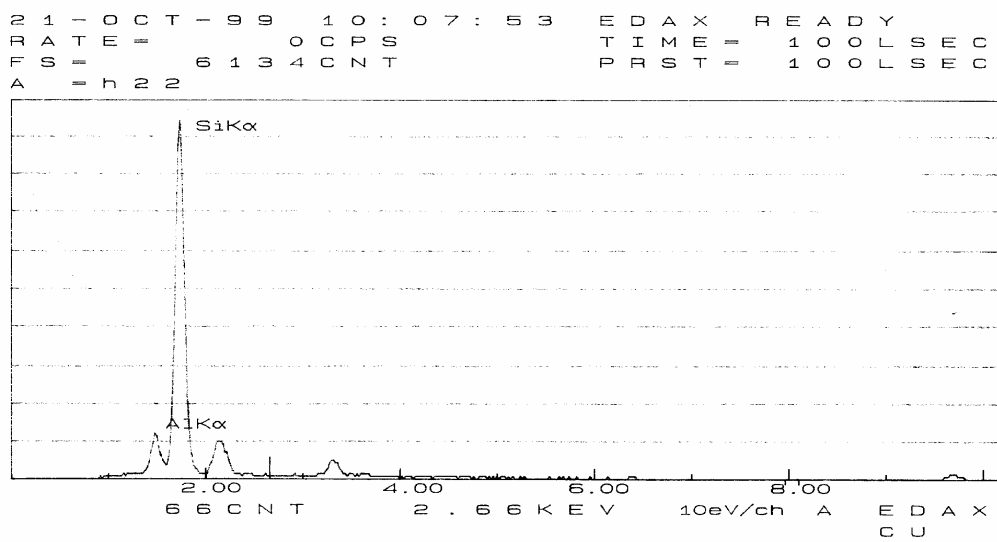


圖 9. H22 磨輪表面顆粒成份分析

圖 10.(a) S45C 正常化後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨耗
表面，具有明顯之犁溝及剝片

圖 10.(b) S45C 正常化後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨耗
表面，具有明顯之犁溝及少許剝片

圖 10.(c) S45C 正常化後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨耗
表面，剝片狀明顯

圖 11.(a) S45C 正常化後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨耗
表面，有磨料嵌入材料內，呈現犁溝及剝片狀

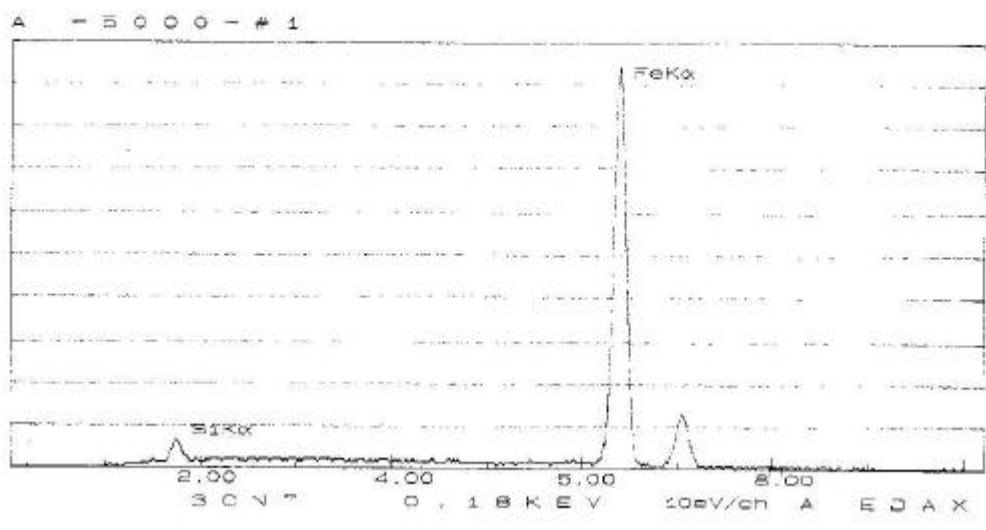


圖 11.(b) S45C 鋼料基材成份分析

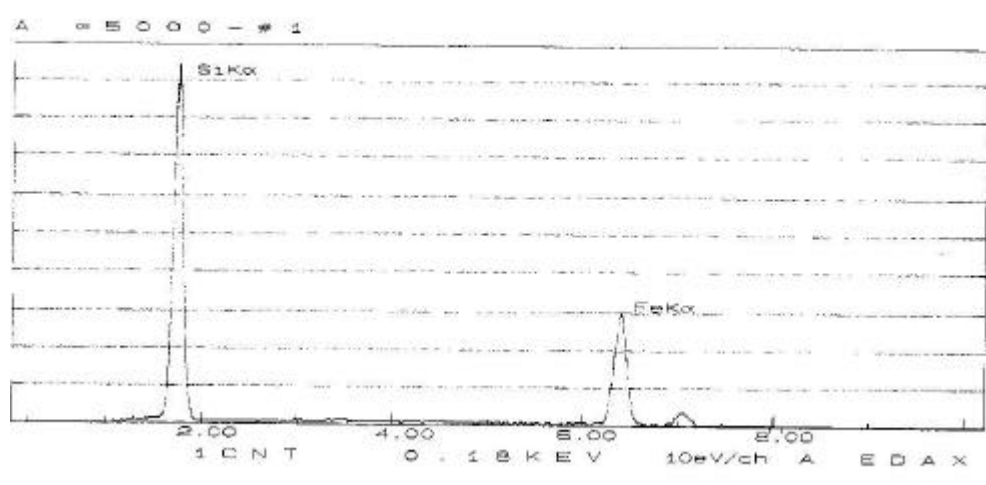


圖 11.(c) 經磨耗實驗後，表面嵌入之磨輪顆粒成份分析

圖 12.(a) S45C200 回火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨
耗表面，具有明顯之犁溝形態

圖 12.(b) S45C200 回火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨
耗表面，具有犁溝狀態

圖 12.(c) S45C200 回火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨
耗表面，具有犁溝及一些剝片

圖 12.(d) S45C200 回火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨
耗表面，具有犁溝狀態

圖 13.(a) S45C 淬火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨耗表面，清晰可見犁溝

圖 13.(b) S45C 淬火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨耗表面，具有犁溝

圖 13.(c) S45C 淬火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨耗表面，具有犁溝及少許之剝片

圖 13.(d) S45C650 回火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨耗表面，具有明顯之犁溝及剝片

圖 14.(a) S45C650 回火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨
耗表面，具有明顯之犁溝及剝片

圖 14(b). S45C550 回火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨
耗表面，具有犁溝及些許剝片

圖 14.(c) S45C550 回火後，荷重 750g，迴轉 5000 次之磨耗表面，具有犁溝及剝片，另外還有明顯的層狀組織是為材料受剪力作用之結果

五、討 論

(一)不同熱處理對磨耗的影響：

磨料磨耗係指硬的磨料在金屬表面上滑移或滾動所引起的磨損過程。磨料磨耗一硬力的大小區分為低硬力極高硬力磨料磨耗。依運動形態則可區分為二體及三體磨料磨耗。

磨料磨耗之磨損面，因應粒子的作用，會形成溝槽、凹坑。凹槽的形成係因材料為磨料粒子去除。其機構有三種不同的形態：

1. 犁溝(ploughing)
2. 微切削 (microcutting)
3. 剝片 (spalling)

本組在本次實驗中觀察到第 1 點和第 3 點,微切削並未看到。影響磨料磨損的因素可歸納為：

1. 材料的彈性係數。
2. 材料的微觀組織。
3. 磨料粒度的大小、形狀。
4. 磨料的硬度。
5. 潤滑程度。
6. 滑動距離。

7. 應力大小（負荷）及材料的硬度。

8. 磨耗的條件。

本次實驗中以相同的規格的砂輪及潤滑狀態，來改變應力大小及材料硬度，以測量出經過那些不同熱處理之材料對不同應力所產生的耐磨耗程度。

由圖 4 至圖 7 的磨耗重量損失比長條圖顯示正常化熱處理後的材料，其磨耗損失量最大，而淬火後 650 回火的磨耗損失量次之，然後淬火後 200 回火及直接淬火之試片具有較小的磨耗損失量；由圖 9 至圖 14 的各試片荷重 750g 迴轉 5000 次的磨耗表面形態照片來看，正常化及高溫回火(550

及 650) 的材料，其磨耗表面除了典型犁溝之外，另外也有許多剝片（在犁溝旁）形成，例如圖 14(c) 有明顯的層狀組織，就是因為較軟的材料被磨粒切削過程中，材料受剪力作用的結果；在圖 12(a) 至圖 12(d) 照片中，試片經過淬火或低溫回火（200 ）熱處理之後硬度較高，因此呈現明顯犁溝狀，犁溝邊緣並無擠壓現象。由上述結果可知，越軟的材料上所產生的凹槽犁溝越深、越寬、越硬的材料產生較淺之犁溝。在犁溝兩側，較軟的材料發生擠壓現象，有較多剝片形成，而較硬材料卻少有許現象發生。

因此熱處理對磨耗之影響有下列三點：

1. 為減低或消除摩擦面之殘留應力，須施行低溫退火或低溫回火處理。
2. 以硬化為目的之熱處理。
3. 在與對方材料間發生凝聚及燒焦等金屬轉移所伴生之磨耗損失為前提時，為抑制而在摩擦面形成非金屬物性表層表面熱處理。

由前面的圖表和數值中可知，耐磨耗的程度為淬火 > 回火（回火溫度越高的越不耐磨） > 正常化。所以由此可知：硬度值越高的鋼鐵材料越能抗磨耗，因而從圖表中可明確發現淬火過的材料，其磨耗量遠小於正常化的材料，而且越硬的材料其硬度高又強度大，亦適用於高磨耗或負載重之零件用途上。

(二) 荷重對磨耗的影響：

實驗荷重越重的材料，其磨耗量越大，如圖 12-15，例如荷重 750g 的實驗，相同熱處理之試片的磨耗量遠大於實驗荷重 250g 的磨耗量。由上可知，『磨耗量與其施加之物件上之正壓力成正比』，只要能夠改善這些影響磨耗的因素，減少及降低磨耗的產生，就能減少成本的耗費及增加機器的壽

命。

六、結 論

1. S45C Tabor 磨耗試驗機之磨耗實驗試片表面呈現犁溝狀形態，試片硬度越低，犁溝深度及寬度越大，並有許多剝片形成。S45C Tabor 磨耗試驗機之磨耗實驗磨輪迴轉次數越高試片需耗損失量越大。
2. S45C Tabor 磨耗試驗機之磨耗實驗荷重越大，則試片的磨耗損失量越大。
3. S45C Tabor 磨耗試驗機之磨耗實驗顯示 200 ，低溫淬火熱處理後之試片具有最佳之耐磨耗性，直接淬火的試片次之，正常化的試片具最差之耐磨耗結果，淬火後高溫回火的試片，其耐磨耗性亦不佳。

七、參考文獻

1. 機械工程實驗（一）材料試驗 王木琴、洪敏雄編著，復文書局。
2. 機械材料實驗 方治國等編著，新科技書局。
3. 材料試驗 黃振賢/校閱 蔡錫鏐/主編，溫炯亮等編著，文京圖書有限公司。
4. 材料科學與工程 劉國雄等著 84 年全華出版社出版。
4. 物理冶金 Sidney H.Avner 等著。

(附錄一) 工作進度表

月 份	進 度
2 月	資料蒐集、整理
3 月	資料蒐集、整理
4 月	資料蒐集、整理
5 月	購買實驗用材料及耗材
6 月	購買實驗用材料及耗材
7 月	材料熱處理及表面研磨
8 月	切割材料、磨耗測試並記錄
9 月	磨耗測試並記錄
10 月	磨耗測試並記錄
11 月	資料整理製作報告
12 月	檢討、修改

(附錄二) 工作分配表

姓名	工作
賴俊銘	實驗操作、電腦打字、排版、 購買材料、沖洗照片、圖表
曹盛賢	實驗操作、電腦打字、購買材 料、沖洗照片
張永進	實驗操作、購買材料、沖洗照 片、雜事
楊豐榮	實驗操作、電腦打字、購買材 料、圖表
梁晉璋	實驗操作、資料整理、剪裁照 片、雜事