

各種組織之碳鋼在砂中之磨損試驗

臺灣大學農業工程系助教

彭 珈 琍

省立宜蘭農校農機科主任

沈 桓

I 試驗目的及方法

整地農具消耗最大，使用亦最廣。本試驗之目的在於探究整地農具常用的碳鋼材料之磨損現象，以及工作中水份的有無，對於磨損的影響。希望能藉此等關係的明瞭而有助於對整地農具製造上材料之選取。

故此試驗取一定組成的砂作為磨槽中的填料，則磨損過程中之接觸物，壓力，鬆緊度均能保持一定值（裝有耙鬆用鐵桿一枝及拂平砂子用的白鐵皮翼四個，隨試片運轉）。又試片前進之速度為一定，再保持試片的表面粗糙度於一定不變之範圍內（參見圖1），以儘量較精確的求出不同組織和不同含碳量碳鋼的磨損量與磨損時水份有無的關係。

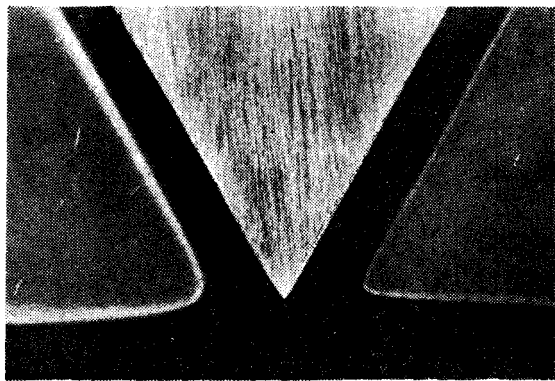


Fig. 1 Gradually changing shape of test pieces (x9).

II 試片之處理

1. 碳鋼含碳量的鑑定及試片之成形

各種碳鋼係以火花法對其含碳量作初步的估定。此法在小心的觀察與對標準碳鋼試棒的比較下，對決定碳鋼中的含碳量有相當的可靠性。

火花法鑑定後，將含碳量高低不同的碳鋼分別編組，待作完磨損的試驗之後，再切成供顯微鏡觀察用的平面，酸侵此平面一定時間後，其組織盡顯於顯微鏡下，乃將此組織拍成照片。根據照片，從肥粒鐵與

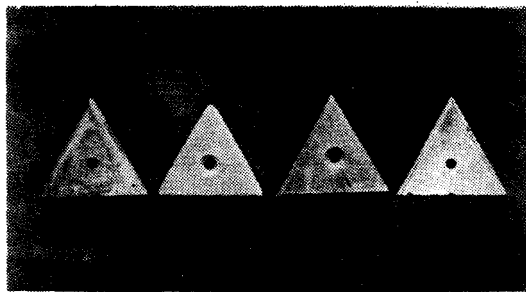


Fig. 2C Comparison of the 45° Edges before and after wearing

波來鐵組織的分佈及其所佔面積的比，找出其在平衡圖上之位置，以求得真正的含碳量。

供試材料作成正三角形之試片。試片之側面統一作成45°角的刀口，為使其磨損時，各種不同材料的試片，都能在同一情形下逐漸改變其外形，而得一較正確的比較。（參見Fig. 1, Fig. 2）

材料係先受熱煨加工，在空氣中徐冷之後鑿成三角形，而後以鉋床鉋成統一尺寸之試片（每邊3cm正三角形）。在此過程中，儘量不使材料脫碳或氧化，造成勻淨組織為原則（詳見淬火方法）。所作成之試片再以一砂輪磨光，且使磨痕由上而下有一定方向，並以特別設計之固定裝置磨出每一試片的側方角度。如此製出的試片，或再經過熱處理，或直接用於試驗，則其表面積，表面粗糙，皆可為一接近不變之值。

2. 試驗材料的熱處理

本實驗中，以中碳鋼(0.55% C)淬火之後，回火於不同溫度中，而獲得幾種不同組織的試片，其程序如下：

(一) 淬火：

(1) 將含碳量為0.55%的碳鋼試片，置於防止材料脫碳的炭粉盒中。將炭粉覆蓋全部試片，送入電爐（恆溫爐）中加熱。

(2) 使試片在800°C，即Ar''變態點的稍上方，保持20分鐘的時間。

(3) 將高熱的試片由爐中取出，劇冷於水中。試片由高溫降低到紅色消失時（約500°C左右），迅速移入油中，聽其徐徐冷卻。如此以避免500°C以下，

碳鋼劇冷時易破裂之性質。

淬火後可得C固溶於正方形鐵原子格子之組織，此組織即常所謂此麻田散鐵 (Martensite)，其晶粒極微細，硬度極高，所得組織較處理前(35 Shore Hardness) 高出一倍多 (72 Shore Hardness)。

(參見 F87)

(二)回火

將淬火後之試片分為四組：

第一組：放入定溫爐中，回火至 150°C 保持30分鐘後，取出使在空氣中緩冷。如此可得極其堅硬之麻田散鐵。其組織如下：

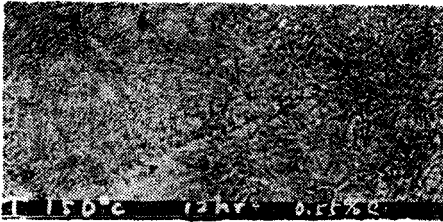


Fig. 3 Structure of 0.55 % C Steel Q. T. 150°C. The martensite structure has a Shore hardness of 76, ($\times 400$).

第二組：將淬火後的試片置定溫爐中，在 250°C 下，保持30分鐘，取出之後徐徐冷之可得如圖4所示的組織，常稱次生吐粒散鐵 (Secondary troosite)，其組織極細，Shore硬度為 65.5：

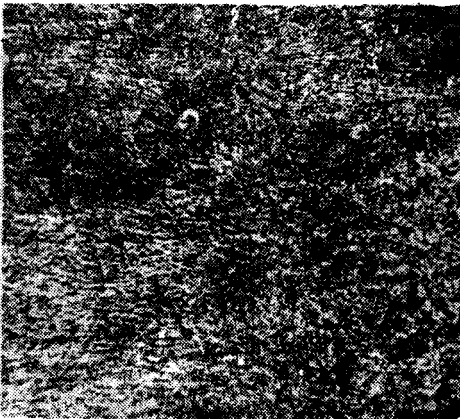


Fig. 4 Structure of 0.55% C Steel Q. T. at 250°C. This fine secondary troostite structure has a shore hardness of 65.5, ($\times 400$).

第三組：淬火後之試片 在定溫爐中以 400°C 保持 30 分鐘後，取出徐徐冷卻，得如下之組織。圖中白色者為新生成的微細肥粒鐵，黑色為微得細波來鐵，此種組織常稱糙斑鐵：

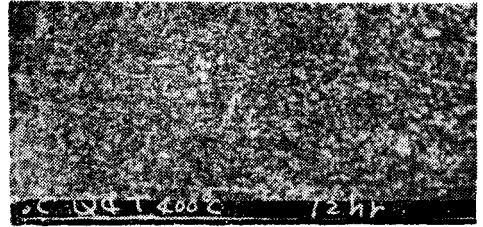


Fig. 5 Structure of 0.55 C Steel, Q. T. 400°C. Note the white area of newly formed ferrite and the dark area of fine pearlite structure, Shore hardness 60, ($\times 400$).

第四組：回火溫度為 600°C，使保持 30分鐘後，在空氣中徐徐冷之，得粒狀糙斑鐵組織。其硬度較低，Shore 硬度值為40。

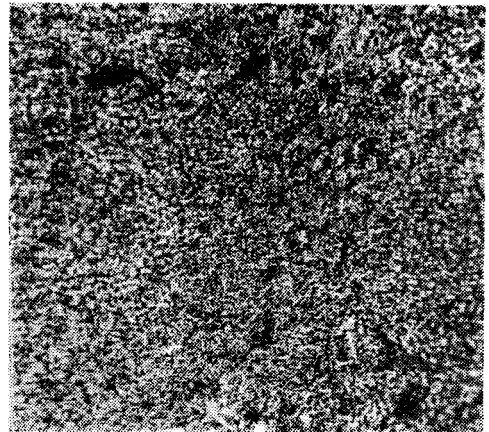


Fig. 6 Structure of 0.55% C steel Q. T. 600°C. The. Sorbite structure has a Shore hardness of 40, ($\times 400$).

(三)熱處理與硬度變化

未受處理之 0.55% 碳鋼，組織均勻，硬度皆為 Shore 硬度35。其經淬火處理後，硬度大增，為原硬度之二倍強，即 Shore 硬度為72。回火時間都是30分鐘，所得的組織因溫度不同而大為不同。其硬度變化亦隨回火溫度之增高而逐漸降低。見下圖 (Fig 7)

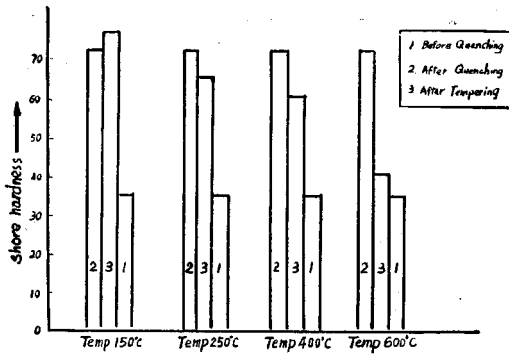


Fig. 7 Effects of Quenching and Tempering on Hardness of 0.55% C steels.

III 試 驗

1. 磨損實驗之裝置及其轉速

此實驗之裝置是中國農業機械公司設計製造者，以一部 1/2 馬力之電動機驅動試片以定速度在磨損槽



Fig. 8 the Wearing apparatus

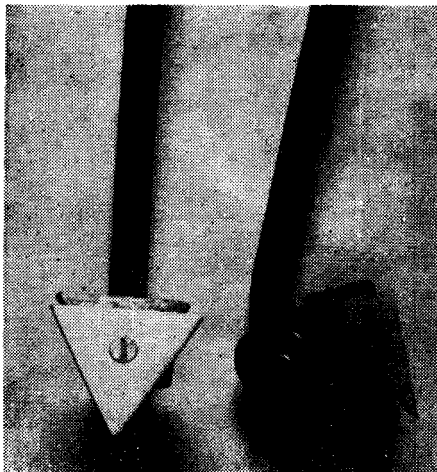


Fig. 9 The test pieces fixers

中前進。每次可裝四枚試片，成等角度互相分開。以白鐵皮製成的四翼，在運轉中將乾沙拂平。當用濕砂時另有一圓鐵棒，可在運轉中攪拌砂與水之混合物，以除去試片轉過後所留下的痕溝。試片的線速度每秒 1.7 公尺，相當於每小時 6 公里之前進速度。試片上鑽孔後，以平頭螺絲鎖於較小之三角形固定裝置上。其穩定情況甚為良好。磨槽之填充料有二種，即乾砂與濕砂，故磨槽之底又裝有一可供開啓以調節水或砂量的小門。

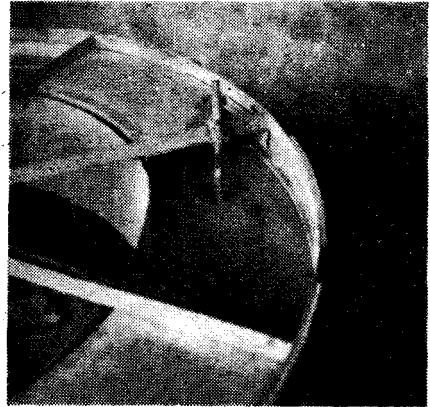


Fig. 10 Test piece wearing in sand

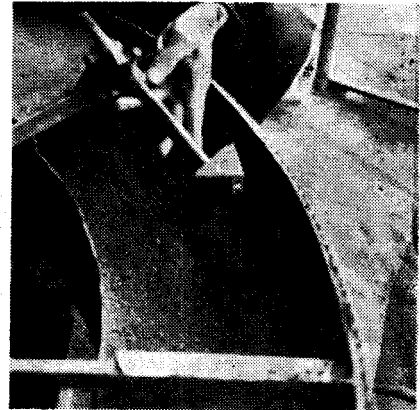


Fig. 11 Test piece Fixer

2. 試驗用砂的分析

試驗用砂的分析係取其樣品，以篩孔直徑不同的分級篩，將不同大小之顆粒，悉予分離。直徑小於 1mm 的砂粒，按史羅克定律，以顆粒在水中下沉速率與其粒子大小的關係式，用機械分析儀器，求出砂的黏土的成分。得數據如下：

Tab. 1 Sand Analysis

| 顆粒大小 (mm) | 所佔重量 (g) | 百分比 (%) |
|---------------|----------|---------|
| 7 — 8 | 0.58 | 0.23 |
| 6 — 7 | 0.87 | 0.28 |
| 5 — 6 | 1.53 | 0.60 |
| 4 — 5 | 3.15 | 1.23 |
| 3 — 4 | 5.18 | 2.10 |
| 2 — 3 | 14.58 | 5.60 |
| 1 — 2 | 83.89 | 32.50 |
| 1—0.05 細砂 | 134.20 | 52.50 |
| 0.05—0.005 粉粒 | 5.60 | 2.16 |
| 0.005 以下 黏土 | 7.42 | 2.80 |

(樣品全重257克)

實驗中，所用的砂本係河床所挖得者，在整個過程中，其 Angle of repose 有一定值，試片常在一定的壓力情況下磨損，對於求取理想之磨損條件下的磨損理論有甚大幫助。

2 實驗 I：定速度下，磨損量與時間之關係

(-) 試片組織：以四種不同含碳量之碳鋼，製成二組供磨損用的試片。其含碳量經定出為 0.15%、0.33%、0.55%、0.85% 放大 120 倍後之組織，如下各圖所示：



Fig. 12 Normal, Structure of 0.15% C Steel, (×120)

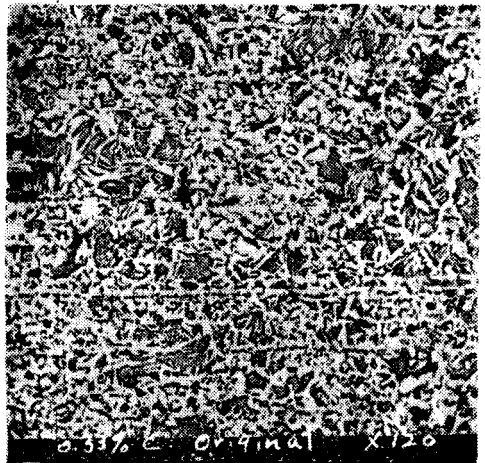


Fig 13. Structure of 0.33% C Steel (×120)

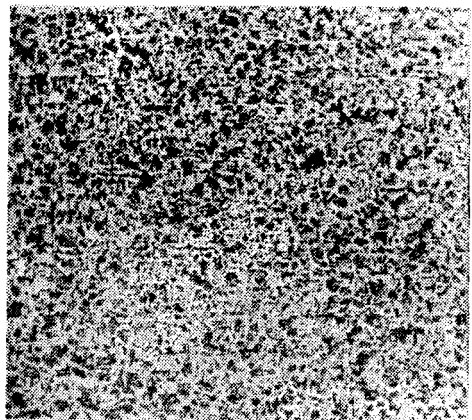


Fig 14 Structure Showing 0.55% Carbon Steel (×120)

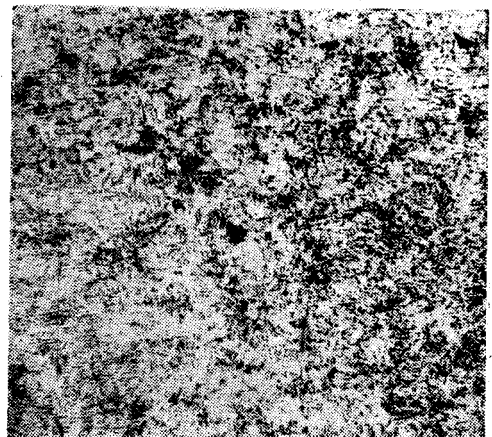


Fig 15. Structure Showing 0.85% C Steel (×120)

(-) 實驗方法及結果：

(1) 實驗一：磨槽填乾砂，轉速 32 rpm，線速度 1.7 m/sec 時得四種碳鋼試片裝於裝置上，共磨 72 小時，隔 6 小時、6 小時、12 小時、12 小時、18 小時、18 小時，用精密天平稱其磨損量，得磨損數據如下：

Table 2. Data from the Experiment No. 1.

| 時間 小時 (hour) | 0.15% | | 0.33% C | | 0.55% | | 0.85% | |
|--------------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | 重 (g) | 磨損量 (g) | 重 (g) | 磨損量 (g) | 重 (g) | 磨損量 (g) | 重 (g) | 磨損量 (g) |
| 0 | 34.9955 | 0 | 26.9575 | 0 | 28.8342 | 0 | 30.9405 | 0 |
| 6 | 34.5877 | 0.4078 | 26.7056 | 0.2519 | 28.7045 | 0.1397 | 30.7947 | 0.1458 |
| 6 | 34.3532 | 0.2345 | 26.5495 | 0.1561 | 28.6362 | 0.0687 | 30.7155 | 0.0712 |
| 12 | 34.1791 | 0.1741 | 26.4382 | 0.1113 | 28.5357 | 0.1005 | 30.6525 | 0.0630 |
| 12 | 34.0735 | 0.1056 | 26.3718 | 0.0664 | 28.4695 | 0.0662 | 30.5984 | 0.0541 |
| 18 | 33.9952 | 0.0783 | 26.3177 | 0.0341 | 28.4362 | 0.0337 | 30.5800 | 0.0184 |
| 18 | 33.9369 | 0.0583 | 26.2682 | 0.0695 | 28.3769 | 0.0593 | 30.5474 | 0.0326 |
| 小計 | | 1.0586(g) | | 0.6893(g) | | 0.4573(g) | | 0.3931 |

以時間為橫座標，磨損量為縱座標，以曲線關係來代表此實驗之結果，可作出右圖。

分析圖中四條曲線，就其斜率之變率極近定值，知其恰為

$$W = C_1 T + C_2 T^2$$

之二次拋物線圖形。以最自乘法原理求 C_1, C_2 則需

$$\frac{\partial}{\partial C_1} \sum_k^n [W_k - (C_1 T_k + C_2 T_k^2)]^2 = 0$$

$$\text{及 } \frac{\partial}{\partial C_2} \sum_k^n [W_k - (C_1 T_k + C_2 T_k^2)]^2 = 0$$

二式解聯立方程，求 C_1, C_2 則：

$$C_1 = \frac{\left(\sum_k^n T_k^2\right)\left(\sum_k^n W_k\right) - \left(\sum_k^n T_k W_k\right)\left(\sum_k^n T_k\right)}{\left(\sum_k^n T_k^4\right) - \left(\sum_k^n T_k^2\right)^2}$$

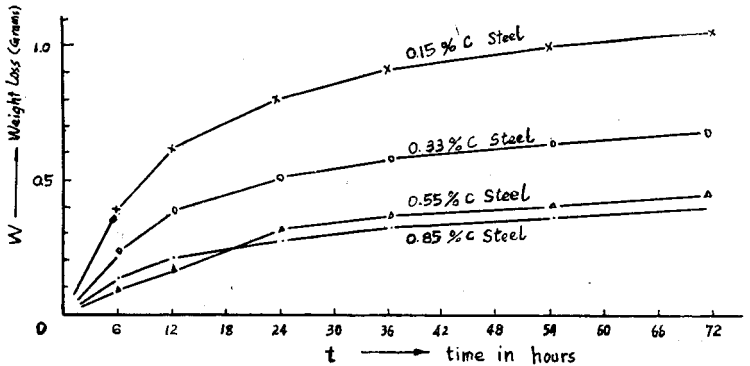


Fig. 16 Wearing of Carbon Steels in Dry Sand

$$C_2 = \frac{\left(\sum_k^n T_k^2 W_k\right)\left(\sum_k^n T_k^3\right) - \left(\sum_k^n T_k W_k\right)\left(\sum_k^n T_k^4\right)}{\left(\sum_k^n T_k^3\right)^2 - \left(\sum_k^n T_k^2\right)\left(\sum_k^n T_k^4\right)}$$

以實驗數據 T, W 之值代入上式可求出 C_1, C_2 之值。

(2)實驗二：磨槽中加水使成砂與水的混合物，轉速仍為32rpm，將另一組試片裝上之後亦磨72小時，隔6小時、6小時、12小時、12小時、18小時、18小時，用精密天平稱其磨損量，得如下之數據：

Table 3. Data from the Experiment No. 2.

| 時間 小時 (hour) | 0.15% | | 0.33% C | | 0.55% | | 0.85% | |
|--------------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| | 重 (g) | 磨損量 (g) | 重 (g) | 磨損量 (g) | 重 (g) | 磨損量 (g) | 重 (g) | 磨損量 (g) |
| 0 | 28.5964 | 0 | 24.0852 | 0 | 23.9228 | 0 | 27.6484 | 0 |
| 6 | 28.4889 | 0.1075 | 23.8910 | 0.1862 | 23.7362 | 0.1896 | 27.5253 | 0.1231 |
| 6 | 28.2434 | 0.2455 | 23.8224 | 0.0666 | 23.5073 | 0.2289 | 27.2356 | 0.2897 |
| 12 | 27.7800 | 0.4634 | 23.4840 | 0.3384 | 23.2970 | 0.2103 | 26.9015 | 0.3341 |
| 12 | 27.4406 | 0.3394 | 23.1345 | 0.3495 | 23.0168 | 0.2802 | 26.6952 | 0.2063 |
| 18 | 27.0190 | 0.3716 | 22.8190 | 0.3155 | 22.6785 | 0.3383 | 26.4090 | 0.2862 |
| 18 | 26.6240 | 0.4450 | 25.4400 | 0.3790 | 22.3700 | 0.3085 | 26.0400 | 0.3692 |
| 計 | | 1.9720 | | 1.6350 | | 1.6558 | | 1.6080 |
| | 百分比 | 6.9 | | 6.79 | | 6.82 | | 5.85 |

將上表數據中，磨損量為縱座標，時間為橫座標，與前圖相同的比例，畫出其關係圖，則見四種碳鋼皆略成一直線而上升。磨損量約為乾砂中的二倍。

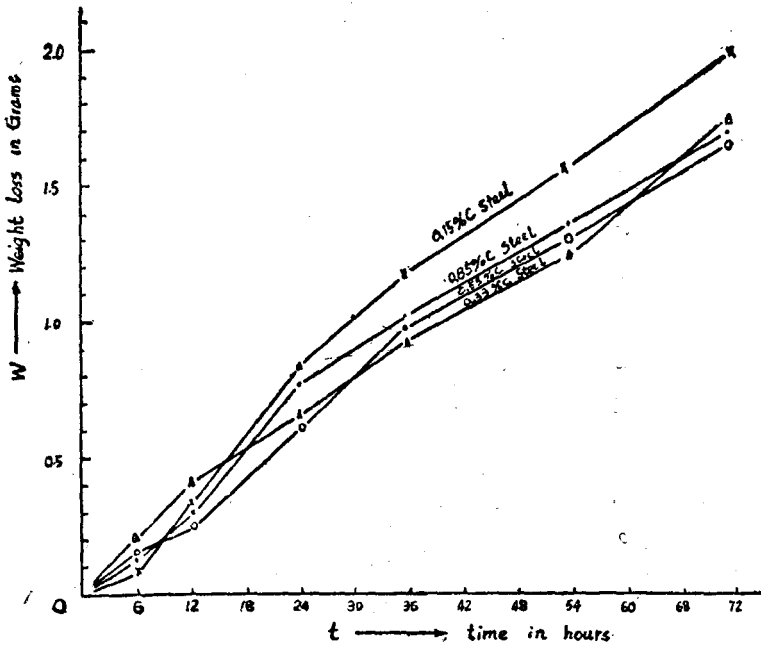


Fig 17 Wearing of Various Carbon Steels in sand & Water

圖中所表現者，大致上係一直線的趨勢，設其為

$$W = CT$$

C 是斜率，可由 $\tan\theta = \frac{W}{T}$ 決定之。

實 驗 分 析

在完全相同的二個實驗中，磨槽中置乾砂與磨槽中置砂與水，得到顯然不同的二種結果。前者不但磨損的總量少，而且磨損與時間的關係是一二次拋物曲

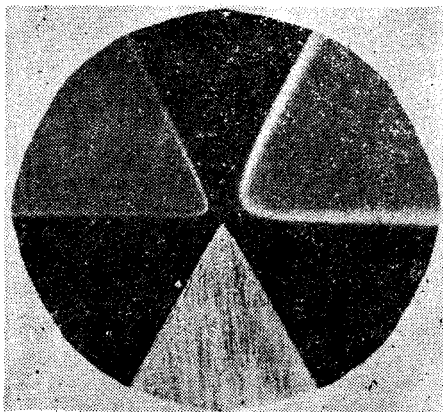


Fig 18 Testing pieces showing changing size, surface smoothness and shape during wearing

線。後者總磨損量幾為前者二倍，而呈直線關係。

吾人懷疑乾砂中之磨損係一單純的物理作用。磨損之初，以其表面形之粗糙，形狀不適合阻力下的運動，故最初單位時間內，磨損甚大。但磨損之過程使磨損物之表面狀況，逐漸向「理想」之形狀變化。即同時一方面由非流線形，變成為流線形；一方面由大變小。這種「形狀的變化」的時間率在一定的運動條件下，假設是不變的。又假設形狀直接影響磨損率。故當形狀變化與時間成正變，而磨損率本身又為磨損量的時間率，磨損量為時間之二次方程式，其理甚明矣。

W：磨損量；

V：磨損率；

a：磨損率之變率；

ψ ：磨損物形狀改變之時間率，假設它為常數。

t：時間。

若 $\psi \propto a$ 則 $\psi = Ka \dots \dots \dots ①$

$$又 a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad V = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$$即 V = \int a dt \dots \dots \dots ②$$

$$W = \int v dt \dots \dots \dots ③$$

$$② \text{ 代入 } ③ \quad W = \int \left[\int a dt \right] dt \dots \dots \dots ④$$

$$\text{以 } ① \text{ 式關係代入 } ④ \quad W = \int \left[\int \frac{\psi}{K} dt \right] dt$$

$$\text{設 } \psi \text{ 為定值 } \therefore W = \int_0^t C + \frac{\psi}{K} t dt$$

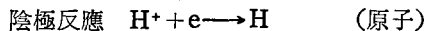
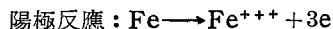
$$= Ct + \frac{\psi}{K} t^2$$

$$= C_1 t + C_2 t^2 \quad (C \text{ 為常數})$$

可見此假設與前述實驗之結果甚相吻合。以上 V 之最小值為 0，即 T 在 $\left[\frac{C_1}{C_2} \right]$ 之範圍內，此公式為有效。

又在磨損用的砂槽中，置以足夠量的水時，鐵之磨損，吾人假想其由二直線關係之和所決定，即一、充足潤滑情形下砂對鐵的打擊作用；二、金屬在不純水中之電離作用。關於後者的理論為：（參考

Referenc 8、9) 1. 鐵分子在不純水中，部份溶解成帶正電之陽離子，而在鐵表任意處形成一正極。2. 不純水中的氫離子，放出其所帶正電性，呈原子的氫而緊附在鐵表之任意其他部份，形成負極。即



正極所放出的電子經溶液（不純水）而達負極表，與氫離子中和。如此陽極之金屬鐵不斷溶解，就化學平衡的理論言，生成物 Fe^{+++} 被流動之砂與水迅速帶走為一單向的平衡關係。在試片的一定運動情況下，反應速率為定值，即直線的磨損關係。這種電離效用發生的特徵，在鐵離子不斷自正極落入水中，而原來正極的地方即生成明顯的蝕孔（Pitting）。

為證明此假設的可能性，本實驗更進一步，欲求取試片實驗前後的表面情況。茲以未經實驗的試片，其表面相當糙粗（見圖），及在乾砂槽中磨過72小時之試片，濕砂槽中磨過72小時之試片，以放大率為九倍之鏡頭，攝成照片。則濕磨後之表面，似有滿佈之小孔。

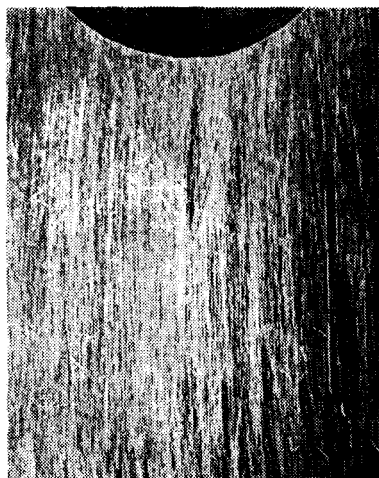


Fig 19 The test piece has a coarse surface before testing. The traces of surface finishing have been made in one direction for the purpose of keeping a more nearly identical wearing condition for all pieces. ($\times 9$)

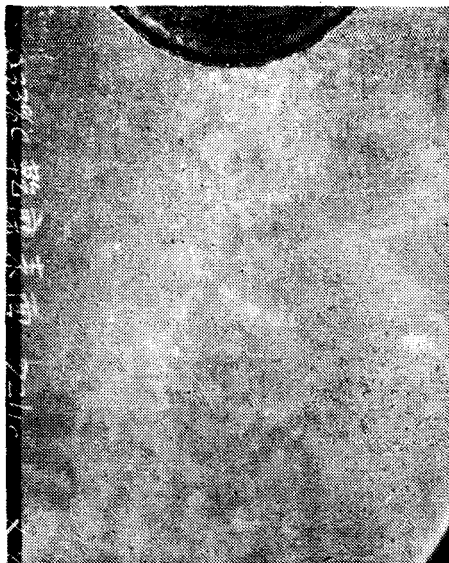


Fig. 20 經乾砂槽中，磨損 72 小時後之試片其表面平坦，無蝕孔。

Test piece, after 72 hrs' wearing in dry sand, showing a smooth surface ($\times 9$)



Fig 21 試片在濕砂槽中，磨損 72 小時後，其表面顯出蝕孔。

Test piece with pittings on it. after 72 hrs' wearing in sand & water. ($\times 9$)

因此，又以 120 倍之放大倍率，攝二種試片的表面則乾磨後試片表面整齊；而濕磨後的試片，蝕孔累累，顯然可見了。參見下面 Fig. 22, Fig. 23

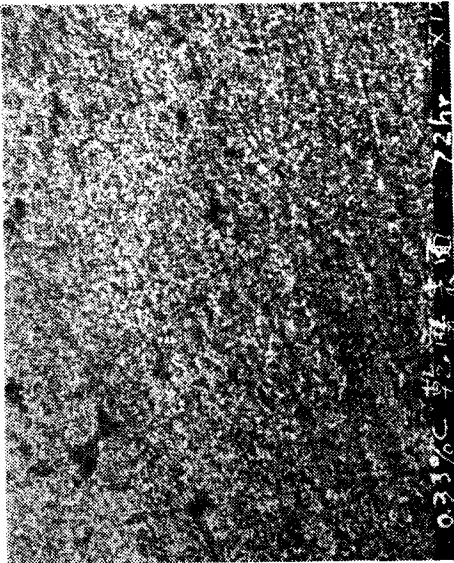


Fig 22 The same test pieces as showed before Magnification Cf 120, Showing its surface condition.

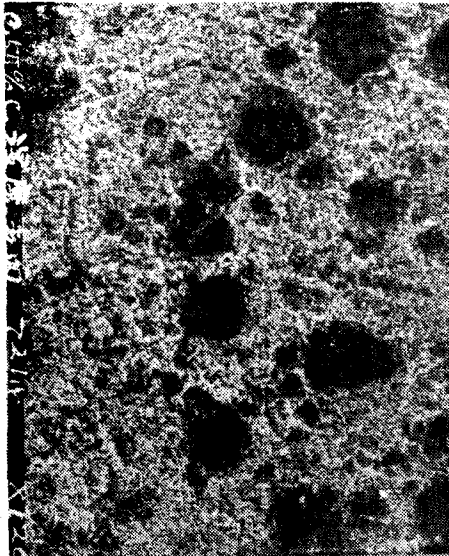


Fig 23 In sand & water, 72 hrs' wearing made an apparant sign of corrosion on the test piece The dark area are pittings.
砂槽中，有足量水時，磨損 72 小時後之試片表面黑暗部份之蝕孔推測為電離作用後陽極之痕跡。

由是可知電離作用，在有水存在的狀況下，對鐵材的磨損，有甚大的影響。此實驗所得的結果，推測當係二個磨損直線之和的直線。

(4)本實驗所得之其他磨損關係。

一、含碳量與磨損量

由 Fig. 24 似可看出磨損中若無水存在，則含碳量對磨損量影響甚大。高碳鋼遠較低碳鋼更耐磨損。然而，有水存在的磨損結果，碳含量對磨損量的影響就不大顯著了。

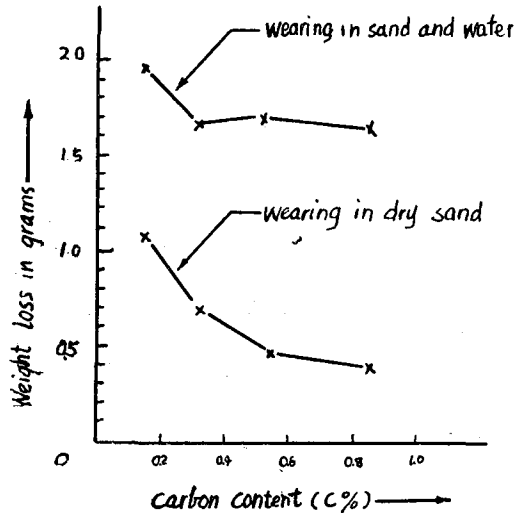


Fig 24 When Carbon steels are worn in dry sand, high carbon percentage appears to be a factor against being worn out.

二、硬度與磨損量

後頁 Fig. 25 中可以看出，正常組織的碳鋼，其磨損的程度係與其硬度成一曲線之關係。這同樣的實驗結果尚可見於福特公司所作之磨損試驗（美國農工手冊，1961）及日本鋼鐵材料協會所作之試驗。

3. 實驗 II，定速度，定時間下，磨損量與碳鋼組織之關係。

(-)試片材料：本實驗係以含碳量為 0.55% 的碳鋼，經淬火於水與油中，將所得的淬火碳鋼再回火於 150°C、250°C、400°C 以及 600°C 等不同的溫度後，得到不同粗細的晶粒及不同抗蝕能力的碳鋼組織。

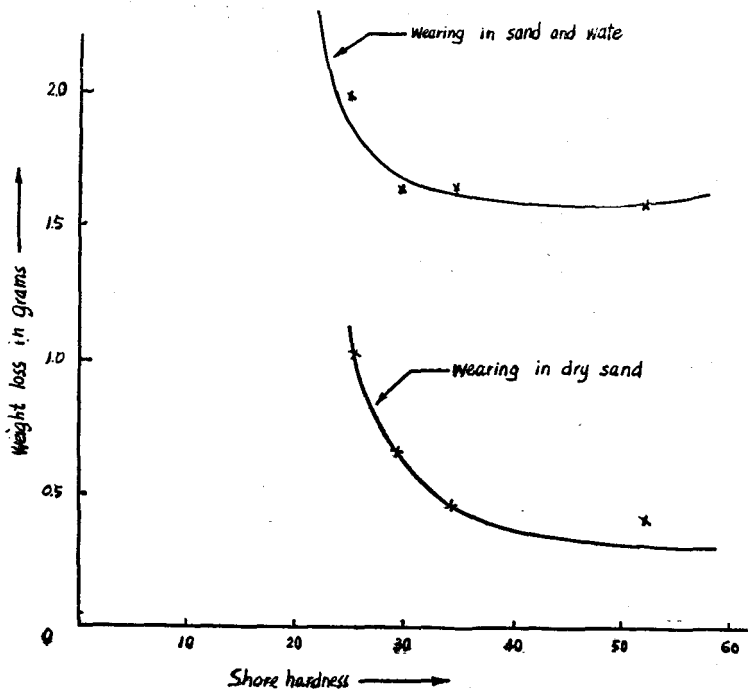


Fig. 25. Curves of the same kind which Ford Motor Co. and Japan Steel Association composed individually after they have accomplished their wearing experiments of carbon steels.

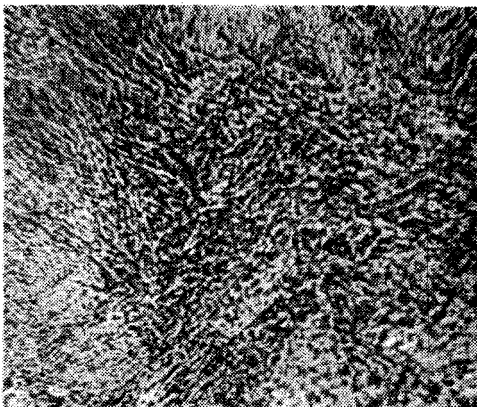


Fig. 26 Martensite structure of 0.55% Carbon Steel. Q. T. at 150°C ($\times 1200$)

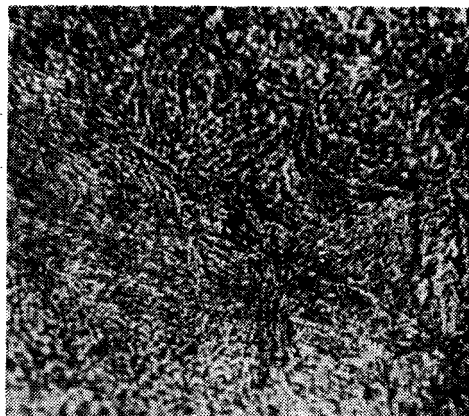


Fig. 27 Structure of 0.55% Carbon Steel Q. T. at 250° (1200)

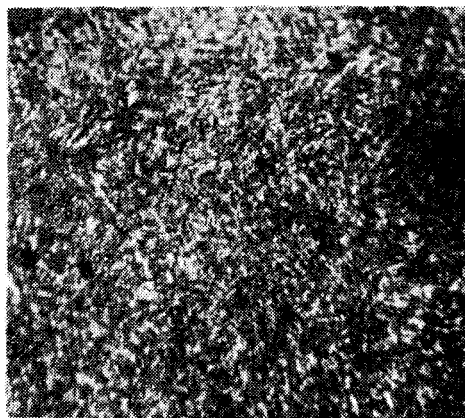


Fig. 28 Primary Sorbite Structure of 0.55% C Steel Q. T. 400°C (×1200)

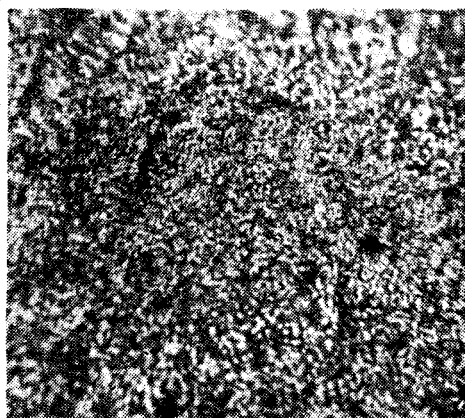


Fig. 29 Sorbite Structure of 0.55% C Steel Q. T. 600°C (×1200)

(二)方法與結果：

(1)磨槽中置乾沙，以不同組織的0.55%碳鋼試片，置於裝置上，以每秒1.7公尺之線速度，使其磨損六小時。並以精密天平測出其重量之減少，得如下之數據。

Table 4 Data from wearing experiments of 0.55% C Steels with various tempering temperatures for 6 hours in dry sand

| 時間 (hr.) | 0.55% 碳鋼 回火 150°C | | 0.55% 碳鋼 回火 250°C | | 0.55% 碳鋼 回火 400°C | | 0.55% 碳鋼 回火 600°C | |
|-------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| | 重 (g) | 磨 損 量 (g) | 重 (g) | 磨 損 量 (g) | 重 (g) | 磨 損 量 (g) | 重 (g) | 磨 損 量 (g) |
| 0 | 24.6356 | 0 | 24.8773 | 0 | 24.9912 | 0 | 24.0725 | 0 |
| 6 | 24.6146 | 0.0210 | 24.8345 | 0.0431 | 24.9556 | 0.0356 | 24.0341 | 0.0374 |

(2)磨槽中置沙與水，用另一組試片，作六小時之磨損。碳鋼含碳量為0.55% C，線速度為1.7m/sec，以精密天平稱其磨損量，得如下之數據：

Table 5 Data from 0.55% C steels with various tempering temperature wearing 6 hours in sand and water

| 時間 (hr.) | 0.55% 碳鋼 回火 150°C | | 0.55% 碳鋼 回火 250°C | | 0.55% 碳鋼 回火 400°C | | 0.55% 碳鋼 回火 600°C | |
|-------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|
| | 重 (g) | 磨 損 量 (g) | 重 (g) | 磨 損 量 (g) | 重 (g) | 磨 損 量 (g) | 重 (g) | 磨 損 量 (g) |
| 0 | 24.5647 | 0 | 23.7887 | 0 | 24.6525 | 0 | 18.7615 | 0 |
| 6 | 24.4785 | 0.0862 | 23.5345 | 0.2542 | 24.5186 | 0.1389 | 18.6251 | 0.1364 |

(3)實驗分析

由上述(1)、(2)二實驗之結果，作成曲線後(參見後頁 Fig. 30)，可看出四種含碳量相同的碳鋼，雖經不同處理，其在乾砂中有約模相同之磨損量，(但較未處理之試片，其磨損量只為1/3)。磨損量此時似於材料之硬度無關。

又在濕槽中之磨損，則又是磨損量大為增加，為乾磨後損失重量之二倍有餘。其磨損量亦與硬度無關，完全與組織的抗蝕性成反變，蓋依熱處理之理論初生麻田散抗蝕力強，吐粒散鐵則抗蝕力極弱，初生與次生造斑鐵抗蝕力中庸，其能完全與實驗所得結果及吾人所作的解釋相融合。

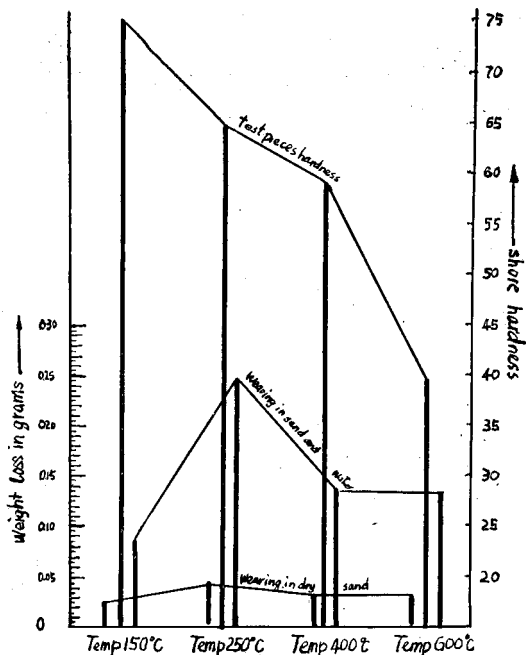


Fig 30 Wearing of Carbon steels is almost independent from their Hardness

IV 結 論

1. 在有水存在的磨損條件下，水對碳鋼的侵蝕是材料磨耗的最大因子。

2. 沒有水存在時，磨損量的多少或磨損的快慢，決定於磨損物大小，和其表面形狀的是否接近光滑和流線型。

3. 碳鋼組織，受到熱處理而改變之後，其磨損量大小與硬度無關。沒有水的存在時，含碳量為磨損量的主要決定因子；有水時，則抗蝕性為材料磨損量的主要決定因子。

V. A Brief Summary

1. If there is no water presence, the rate of wear of steel testing pieces is governed by their size, surface smoothness and shape (whether it is near a stream-lined condition). For a constant wearing speed, these governing factors will change in a constant rate, that is, the second derivative of W . weight-

loss, and T . time, will be a constant. Thus, the quantity of wear loss will follow an equation of $W = C_1T + C_2T^2$ wherein T should not exceed $\left| \frac{C_1}{C_2} \right|$.

2. When there is water in the wearing tests, it is seen that corrosion of water to Fe, independent of its carbon content, is the main factor of wear. This corrosion is so severe that other factors of wear are not seen. The relation between weight loss and time is but a simple equation of first order. $W = CT$ (approximately).

3. Carbon steel will change its microscopic structure when it is being heat-treated. However, it is found, these test pieces, after quenching and tempering, will be worn off in testing at a rate according to their structure's resistance toward corrosion, instead of their hardness, when water is present. But, in dry sand, only carbon percentage will affect its wearing rate.

4. The above experiments are all under a condition of the same composition of sand. Further study is suggested to change its composition, to find out what a part sand, even small stones, plays in influencing wearing.

5. The hypothesis, which is mentioned above, needs further research and development. Another Experiment of wearing of carbon steel in condition of sand and paraffin (or any other corrosiveless liquid of almost the same viscosity as water) will be very helpful to know whether it is the corrosion that is the factor, and the only factor, to influence the wearing of steel when water is present.

VI. 謝 詞

Our special gratitude will be delivered to Prof. T. Takasaka who is so earnest and helpful in direction of this article. To Dr. Shiu-Tang Chiu for his hearty and frequent instruction, and his technique aid has made possible this experiment to be accomplished. Thanks are also to Prof. H. F. Mc Colly, formerly, chief of Michigan State Univ. Advisory Group in the Republic of China, for his generously offering information that is very helpful to this experiment, and Cheu-Shang Chang, Associate professor and director of machine shop, A. E. Dept., National Taiwan University, Tien-Shun Pen, Lecturer, N.T.U. for their help in various ways, Mr. Wei-Chien Wu and Mr. Find-Bin You of China Agricultural Machinery Co., Ltd., for their kindly building and caring for the equipment which serves us so satisfactorily through out the experiment.

References

1. F. C. Lechnor and H. F. McColly, Abrasive Wear Resistance of Hard-facing Materials used on Agricultural Tillage Tools, Vol. 2, No. 1. PP. 55-57. Agricultural Engineering, 1959.
2. Nuri Mohsenin, H. L. Womochel, D.J. Harvey and W. M. Catleton, Wear Tests of Plow Material Vol. 37. No. 12, PP. 816-820 Agricultural Engineering, Dec. 1959.
3. 鋼材の性質と試験，第六章，日鐵鋼協會編，地人書館。
4. Earnest J. Teichent, Metallography and Heat-treatment of Steel. McGraw Hill, 1944.
5. Woldman, Physical Metallurgy, John Wiley and Sons, 1930.
6. 工程材料學，陸志鴻。第五章
7. Metal's Hand book, ASTM, 1948. PP. 397-399, PP. 216-222.
8. D. J. De Paul, Corrosion and Wear Hand-book. McGraw Hill, 1957. U.S. Atomic Energy Commission.
9. Theodore Baumeister, Marks' Mechanical Engineers' Handbook, PP. 6-121 to 6-138, McGraw Hill, 1958.
10. 實驗公式，高板知武摘譯自小倉金之助，圖計算及圖表。

三 榮 營 造 廠

黃 江 漢

地 址：雲林縣荊桐鄉四合村園子內8號

電 話：73

通訊現住址：雲林縣斗六鎮中和里城頂街74號