

474938

軌 導 機 具

—設計、製造、量測、保護—
(下 冊)

工具機手冊 第六冊

金屬工業發展中心 編譯

工 具 機 導 軌

—設計、製造、量測、保護—

(下 冊)

工具機手冊 第六冊

編 著 人：俞 行 宜

版 權 所 有
不 准 翻 印

中華民國六十八年十一月出版

工 具 機 手 冊 之 (六)

工具機導軌的設計製造量測與保護

(下 冊)

編 譯 者 金 屬 工 業 發 展 中 心

發 行 者 經 濟 部 國 際 貿 易 局

印 刷 富 進 印 書 有 限 公 司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外各廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；至於有關工具機書籍已刊載的內容，在本手冊中不再贅述，謹於篇首，簡介如上，至於編撰時間倉促，容有不週，尙祈不吝指正！

目 錄

(下 冊)

頁次

第三章：導軌材料的選用及加工	1
一、導軌材料.....	1
二、導軌材料應力消除處理.....	6
三、表面硬化處理.....	8
四、材料對導軌壽命的影響.....	9
五、表面加工狀況對摩擦係數的影響.....	12
六、表面加工狀況對磨耗的影響.....	16
七、導軌加工.....	17
八、鏟花及擦光.....	22
第四章：導軌的精度及量測	30
一、導軌的精度.....	30
二、導軌幾何關係對工件精度的影響.....	33
三、量測設備.....	35
四、V形導軌的量測.....	39
五、裝配時檢驗及校正.....	43
第五章：導軌軸承	51
一、導軌軸承性能.....	52
二、平面導軌軸承.....	55
三、平面導軌軸承組件的檢查和調整.....	59
四、圓桿導軌軸承.....	64
附錄一、工具機結構件尺寸——底座及工作枱.....	75
附錄二、工具機結構件尺寸——立柱.....	76
附錄三、參考書.....	77

第三章 導軌材料的選用及加工

導軌所選擇的材料、熱處理及表面加工狀況，對其磨擦、磨耗和其他使用情況，都有密切的關係。

一 導 軌 材 料

一般工具機所用導軌的材料（包含結構部份）為灰口鑄鐵，材質用GC20至30不等。高級機器使用GC35，品質低劣者使用GC10及GC15。使用灰口鑄鐵是因其具有下列各特性：

1. 價 廉。
2. 鐵水易於流動，可鑄出複雜的形狀。
3. 因鑄鐵中的石墨組織具有潤滑性，且潤滑油會積存在有石墨的部位，可減少磨擦，使其耐磨耗性良好。
4. 大的制震能，吸收震動能量而使震動減弱。
5. 鑄造後加以適當熱處理，本性穩定。
6. 加工性能較好，並可以銼花為最後配合加工。

灰口鑄鐵在CNS 2472 G49中分為六等，與JISG5501中六種完全相同（CNS以GC為其代號，JIS以FC為代號）。因鑄鐵的機械性質不能單就成份來決定，因此鑄鐵的規格通常不以成份而以最具代表性的抗拉強度來表示，表1中即為CNS 2472的灰口鑄鐵分類。由表可看出壁厚愈大則抗拉強度愈低，但在高級鑄鐵中，壁厚對於強度的影響比較低級鑄鐵的影響低，這可由圖75中顯示出，因此高級鑄鐵對肉厚不同的複雜鑄品可得較均一的組織。高級鑄鐵GC30的成份如表2，表中C及Si的含量以鑄件主要壁厚在10至30mm者為準。

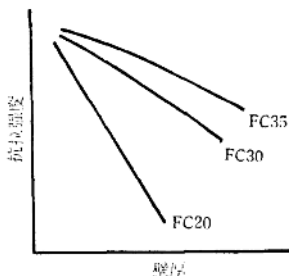


圖 75

表 1 CNS 2472灰口鑄鐵分類表

種類	記號	鑄件主要壁厚	試棒直徑	抗拉強度	彎曲試驗	硬度
		mm	mm	Kg/mm ²	裂斷負荷 Kg 撓度 mm	HB
灰口一號	GC 10	4~50	30	> 10	> 700	> 201
灰口二號	GC 15	4~8	13	> 19	> 180	> 241
		超過 8~15	20	> 17	> 400	> 223
		超過 15~30	30	> 15	> 800	> 212
		超過 30~50	45	> 13	> 1700	> 201
灰口三號	GC 20	4~8	13	> 24	> 200	> 255
		超過 8~15	20	> 22	> 450	> 235
		超過 15~30	30	> 20	> 900	> 223
		超過 30~50	45	> 17	> 2000	> 217
灰口四號	GC 25	4~8	13	> 28	> 220	> 269
		超過 8~15	20	> 26	> 500	< 248
		超過 15~30	30	> 25	> 1000	< 241
		超過 30~50	45	> 22	> 2300	< 229
灰口五號	GC 30	8~15	20	> 31	> 550	< 269
		超過 15~30	30	> 30	> 1100	< 262
		超過 30~50	45	> 27	> 2600	< 248
灰口六號	GC 35	15~30	30	> 35	> 1200	< 277
		超過 30~50	45	> 32	> 2900	< 269

表 2 CNS 2472 GC30化學成份表

元素	C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu	Mo	Ni	V
含量%	3.0-3.3	1.5-2.0	0.6-0.8	0.06-0.1	<0.12	0-0.15	0-1.00	0-0.30	0-1.00	0-0.10

普通鑄鐵在承受大負荷後發生的應變，在負荷除去後會留下少量的永久變形。高精度的工具機若用較差的材質時，承受壓力的導軌會向受力的方向彎曲造成永久變形，以致影響精度。這種現象在使用 GC30以上的材質且經過適當的熱處理後，就會減低到最少的程度。

一些工具機導軌材料，使用 ASTM 標準，其鑄件標準如表 3 中所示。因為碳對鑄鐵的性質影響最大，故以含碳量來比較其性質。其

表3 ASTM灰鑄鐵的標準成份和物理性質

種 類	TC	成 份 (%)	P	S	Mn	平 均 斷面大小 (in ²)	Brinell 硬 度	橫向負荷 (lb)	橫向撓曲 (in)	抗拉強度 (Psi)
CLASS 20.....	3.50	2.40	0.20	0.08	0.50	4.56	高 達 160	900	0.10	22,000
小 斷 面 0.875in 試樣	至 3.80	至 2.60	至 0.80	至 0.13	至 0.70	.....	至 200	至 1200	至 0.15	至 26,000
CLASS 20.....	3.40	2.30	0.20	0.08	.....	4.34	1/2 高 達 160	1600	0.20	18,000
中 斷 面 1.2in 試樣	至 3.60	至 2.50	至 0.60	至 0.80	.....	.....	至 180	至 2200	至 0.27	至 24,000
CLASS 20.....	3.10	2.20	0.20	0.08	0.50	3.98	1 高 達 130	4500	.....	18,000
大 斷 面 2.0in 試樣	至 3.30	至 2.40	至 0.40	至 0.13	至 0.80	.....	至 180	至 6500	.....	至 22,000
CLASS 25.....	3.30	2.20	0.20	0.08	0.50	4.20	高 達 160	950	0.11	26,000
小 斷 面 0.875in 試樣	至 3.50	至 2.40	至 0.50	至 0.13	至 0.80	.....	至 180	至 1300	至 0.16	至 29,000
CLASS 25.....	3.20	2.20	0.15	0.08	0.50	4.08	1/2 高 達 172	1800	0.22	26,000
中 斷 面 1.2in 試樣	至 3.40	至 2.40	至 0.40	至 0.12	至 0.80	.....	至 207	至 2400	至 0.28	至 29,000
CLASS 25.....	3.00	1.90	0.15	0.08	0.50	3.82	1 高 達 179	6000	.....	26,000
大 斷 面 2.0in 試樣	至 3.30	至 2.20	至 0.25	至 0.12	至 0.80	.....	至 217	至 7800	.....	至 30,000
CLASS 30.....	3.20	2.10	0.15	0.08	0.50	4.03	1/2 高 達 179	1250	.....	30,000
小 斷 面 0.875in 試樣	至 3.40	至 2.30	至 0.30	至 0.12	至 0.80	.....	至 228	至 1500	.....	至 34,500
CLASS 30.....	3.10	2.10	0.15	.....	.....	3.92	.....	.....	.....	.....
中 斷 面 1.2in 試樣	至 3.30	至 2.30	至 0.25	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CLASS 30.....	2.90	1.70	0.15	0.08	0.45	3.68	1 高 達 207	6500	.....	30,000
大 斷 面 2in 試樣	至 3.20	至 2.10	至 0.25	至 0.12	至 0.70	.....	至 228	至 8200	.....	至 34,500
CLASS 35.....	3.10	2.00	0.15	0.08	0.45	3.90	.....	179	1150	.....
小 斷 面 0.875in 試樣	至 3.30	至 2.20	至 0.30	至 0.12	至 0.70	.....	至 228	至 1450	.....	至 40,000
CLASS 35.....	3.00	1.80	0.15	0.07	0.46	3.77	1/2 高 達 207	2300	0.25	35,000
中 斷 面 1.2in 試樣	至 3.25	至 2.10	至 0.25	至 0.12	至 0.70	.....	至 228	至 3000	至 0.35	至 39,000
CLASS 35.....	2.80	1.60	0.10	0.06	0.45	3.54	1 高 達 183	7500	0.32	35,000
大 斷 面 2in 試樣	至 3.10	至 2.00	至 0.20	至 0.12	至 0.70	.....	至 217	至 9000	至 0.38	至 38,000
CLASS 40.....	3.00	1.90	0.10	0.07	0.45	3.77	.....	212	1275	.....
小 斷 面 0.875in 試樣	至 3.20	至 2.20	至 0.25	至 0.12	至 0.65	.....	至 241	至 1550	.....	至 46,000
CLASS 40.....	2.95	1.70	0.10	0.06	0.45	3.65	1/2 高 達 207	2500	0.25	40,000
中 斷 面 1.2in 試樣	至 3.15	至 2.00	至 0.20	至 0.11	至 0.70	.....	至 241	至 3400	至 0.35	至 47,000
CLASS 40.....	2.75	1.50	0.07	0.05	0.50	3.42	1 高 達 180	8400	0.30	41,000
大 斷 面 2in 試樣	至 3.00	至 1.90	至 0.15	至 0.12	至 0.70	.....	至 217	至 9800	至 0.38	至 45,000
CLASS 50.....	2.90	1.70	0.10	0.06	0.50	3.62	.....	228	1600	.....
小 斷 面 0.875in 試樣	至 3.10	至 2.10	至 0.20	至 0.12	至 0.70	.....	至 269	至 1800	.....	至 55,000
CLASS 50.....	2.70	1.70	0.10	0.06	0.60	3.45	1/2 高 達 228	3000	0.28	50,000
中 斷 面 1.2in 試樣	至 3.00	至 2.00	至 0.20	至 0.11	至 0.80	.....	至 269	至 4000	至 0.34	至 57,000
CLASS 50.....	2.55	1.40	0.07	0.06	0.60	3.20	1 高 達 207	10,000	0.38	50,000
大 斷 面 2in 試樣	至 2.85	至 1.70	至 0.15	至 0.11	至 0.80	.....	至 241	至 12,500	至 0.48	至 54,000
CLASS 60.....	2.70	1.90	0.10	0.06	0.50	3.51	.....	228	1750	.....
小 斷 面 0.875in 試樣	至 3.00	至 2.20	至 0.20	至 0.12	至 0.70	.....	至 272	至 2000	.....	至 65,000
CLASS 60.....	2.50	1.90	0.05	0.05	0.70	3.37	.....	248	3400	0.25
中 斷 面 1.2in 試樣	至 2.85	至 2.10	至 0.15	至 0.10	至 1.00	.....	至 290	至 4500	至 0.40	至 65,000
CLASS 60.....	2.50	1.20	0.07	0.05	0.50	3.09	.....	212	11,500	0.35
大 斷 面 2in 試樣	至 2.80	至 1.50	至 0.15	至 0.12	至 0.80	.....	至 248	至 13,500	至 0.50	至 64,000

他元素中矽和磷對性質也有較大的影響，爲了一併考慮，將這些元素換算成碳和原來的碳量相加，其和稱爲碳當量 (C.E)，其計算公式爲 $C.E = C\% + \frac{1}{3} (Si\% + P\%)$ 。碳當量愈小者在共晶溫度時先析出初晶沃斯田鐵，使石墨較少，石墨會減低鑄鐵的強度，故石墨愈少者抗拉強度愈大，由表中可看出等級愈高者碳當量愈低，而抗拉強度愈大。

在熔融狀態下，石墨大部份或全部被熔解。待冷卻時，再析出的石墨數目，大小和形狀控制了鑄鐵物理性質。若在凝固過程中石墨出現太早，最後的石墨粗大，使強度降低，若出現太晚形成細小片狀夾在成長中的金屬顆粒間，產生連續的裂縫。對配料、過冷度及以矽爲主成份的接種劑的選擇，可得到大小適度分佈均勻的片狀石墨，米漢納鑄鐵即是利用此種方式生產具有較高抗拉強度的高級鑄鐵。

米漢納鑄鐵最適用於工具機導軌者爲 GC40，其成份如表 4 所列，碳及矽含量以鑄件主壁厚在 10 至 30mm 者爲準。

表 4 米漢納鑄鐵 GC40 化學成份表

元素	C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu	Mo	Ni	V
含量%	3.1-3.3	1.6-1.8	0.7-0.9	0.06-0.1	<0.15	0-0.15	0-1.00	0-0.30	0-1.00	0-0.10

米漢納 GC40 的金相組織如圖 76 所示，具有下列特性：

1. 石墨爲片狀。
2. 石墨分佈要彎曲、細小且無方向性。
3. 石墨尺寸在 No. 4 至 No. 6 之間 (ASTM A247-47 中規定)。
4. 基地：肥粒鐵—10% 以下；

雪明碳鐵—5% 以下；

細波來鐵 (400 倍始顯出波紋者) ——其餘。

GC40 的抗拉強度在 40,000 lb/in² (約 28kg/mm²) 以上，相當於 JIS 中 FC30，CNS 中 GC30 或 ASTM 中 Class40 規格的抗拉強度。

另外依據其他要求而使用各種不同材料作爲導軌：

1. 碳鋼：將中碳鋼或低碳鋼加工並研磨成導軌的狀，用螺栓鎖

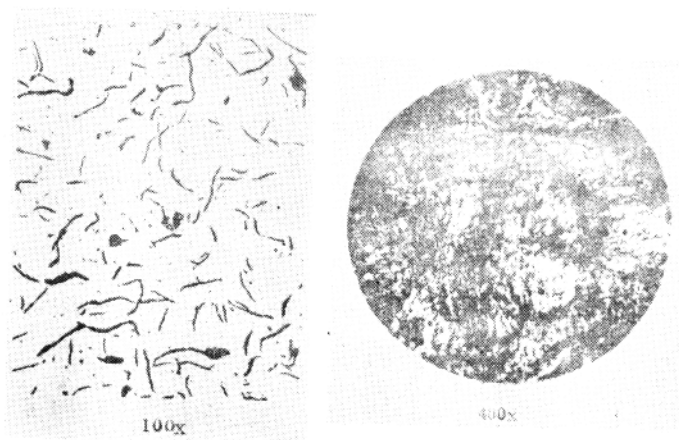


圖 76

在鑄鐵結構上（或焊於鋼板結構上）使用。

2. 合金鑄鐵或鑄鋼：有較好的耐磨特性，可以前述方法製作，因此種材料昂貴，僅在要求特別強度時才使用它。但它的減震性能本質上不如片狀石墨鑄鐵。

3. 其他鋼料：在滾珠或滾柱導軌時，導軌材料使用特殊鋼料。有用表面硬化的鉻鉬鋼 SCM21者，有用軸承鋼 SUJ者，亦有用工具鋼SK2，經淬火、回火、光加工後使用。

4. 工程用塑膠如鐵氟龍，由於具有乾磨擦特性，滑動磨擦係數低，且有抗滑動粘著的特性，故常用於輕負荷且需移動靈敏的地方。

使用鑄鐵為導軌材料時，由於其與結構一體鑄出，常在表面發生針孔、氣孔、凹縮、凸塊、粘砂等不良現象，並且由於質量效應影響，使組織不均，且因冷却速度的不同，造成各部收縮速度不同，迅速冷却的部份會妨礙較慢冷却部份的收縮，加上鑄模本身也會妨礙鑄物自由收縮，因而鑄物內乃有殘留應力及應變。若直接切削會造成鑄件變形甚至破裂，當使用時殘留應力加上負荷應力，強度會更降低，影響使用。故對於鑄造時澆口、冒口、澆道、流道等設計，造模、熔模

、澆注、配料等條件及鑄造後的熱處理均要詳細計劃。

二 導軌材料應力消除處理

導軌在鑄造後加工前最好施以應力消除處理以求穩定。最早採用時化 (Seasoning) 處理，將鑄件置於自然環境下日晒雨淋，經過六至十二個月後再加工，因此法需時太久且效果不著（消除應力約僅10%），現在應力消除的方法，係採用退火及機械震動消除應力的方式。

將鑄件加熱至高溫後，彈性限降低，殘留的內部應力因塑性變形或潛變而減少，溫度愈高應力消除愈為徹底。應力消除最重要的就是選擇適當的加熱溫度和保持的時間。

1. 退火溫度的選擇：

碳當量 (C.E.) 高者（較差之鑄鐵）鑄造時應力較小，潛變強度也小，可在較低溫度進行應力消除。

表5 CNS 2472 GC25.30.35鑄件退火溫度表

鑄件等級	退火溫度
GC25	510°C至565°C
GC30	565°C至595°C
GC35	595°C至620°C

米漢納鑄鐵GC40的應力消除退火溫度相當於CNS 2472 GC30。

2. 保持時間的選擇：

同一成份的各種鑄件，鑄造後的殘留應力或有不同，在加熱到相同退火溫度後保持一段時間，初期內部應力愈大者，應力消除速度愈快，但在一定退火溫度及一定保持時間下，初期內部應力大者殘留應力也大，圖77是用總碳量3.47%，

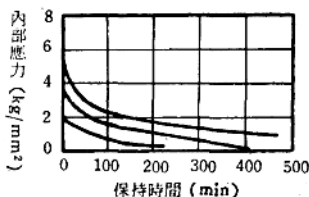


圖 77

Si 1.90%, Mn 0.89%, P 0.097%, S 0.089%的鑄鐵在566°C. 退火溫度時, 不同的初期應力消退的情況, 這曲線稱為應力弛緩曲線。保持時間愈久, 應力消除則愈為徹底, 一般保持時間可參考下表中所列時間:

表6 鑄件退火溫度參考資料

鑄件壁厚	形狀複雜者	形狀簡單者
1"	2 至 6 小時	1 至 5 小時
2"	3 至 7 小時	2 至 6 小時
3"	5 至 9 小時	4 至 8 小時
4"	7 至 11 小時	6 至 10 小時

圖78為加熱溫度和保持時間的關係, 以普通鑄鐵 (T.C. 2.72%, Si 1.97%, Mn 0.51%, P 0.141%, S 0.080%) 加熱至各種溫度, 然後在各保持時間的殘留應力。由圖中可見應力消除的主因是加熱溫度, 因而降低加熱溫度, 雖然增加了保持時間, 也不能充份的消除應力。

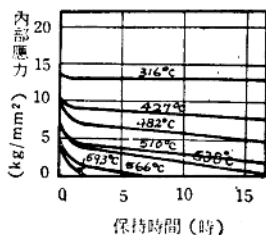


圖 78

3. 加熱和冷卻速度的選擇：

當應力消除, 加熱退火的時間太短及冷卻速度太快, 會使鑄件內部溫差增大, 產生新的內部應力。加熱過程生成的應力大半在保持時間內消失, 但冷卻過程產生的內部應力會殘留於鑄件中。加熱速度太快時變形增大有時也會造成龜裂。

- (1) 加熱速度：每小時100~150°C。
- (2) 冷卻速度：每小時50°C.以下。
- (3) 出爐溫度：通常冷至150~250°C., 形狀特別複雜者冷到100~150°C。

4. 消除應力退火有實施一次者亦有多次者, 與加工過程的關係有：

(1) 鑄件→應力消除退火→機器粗加工→機器光加工→鍍花→完成品。

(2) 鑄件→機器粗加工→應力消除退火→機器光加工→鍍花→完成品。

(3) 鑄件→應力消除退火→機器粗加工→應力消除退火→機器光加工→鍍花→完成品。

第(1)種方式常被採用，第(2)種方式可消除由於粗加工生成的應力。第(3)種是高精度機器所用，甚至有在鍍花前作第三次退火。

三 表面硬化處理

爲求得導軌面有較長的使用壽命，常將表面施以硬化處理來增加其耐磨耗性，一般要求硬度爲 HB500~520，硬化深度是在 1~2.5 mm 範圍內。因硬化後鍍花不容易，故通常只硬化較長的一件（如車床床座）並要求導軌表面硬度要均勻，硬化後以龍門磨床等磨光。而配合導軌的另件一般都不硬化，均以手工鍍花達到所需的精度要求。

工具機導軌面的硬化常用方式有二種，一是高週波淬火，另一是火焰淬火。

1. 高週波淬火是將導軌當作二次回路，將高週波電流輸入，一次磁化線圈中，利用感應原理產生磁束及渦流並集中於導軌表面，由於渦流損失及磁滯損失可將表面層加熱，切斷電流後對加熱層噴水急冷達到表面層淬火硬化效果。一般的加熱約在 850~900°C 範圍內。因高週波滲透的深度與電流頻率平方根成反比，故加熱層的厚度可自由控制，亦即可得到需要的硬化層。高頻率電流用來生成淺的硬化層，而中、低頻率用來產生較深的硬化層。在應用於中及輕負荷機器時，硬化層深度 0.25~1.5mm 即可得良好耐磨耗性，這時使用之電流頻率爲 10KC~2MC 範圍。在特別耐衝擊的部位，硬化深度 1.5~6 mm 時用 1~10KC 電流。至於使用一定頻率而延長加熱時間當然會使硬化深度加大，但因加熱過度，會引起表面的龜裂，甚至脫碳無法獲得良好效果。

最簡單的感應子，是以 5~10 ϕ mm 的銅管捲成所需要的形狀，

爲了防止管圈本身發熱熔化，管中通入循環的冷却水。淬火用的供水系統和冷却管圈的水的壓力都應保持在 30~85 psi 及溫度 60~105°F 間。感應子與導軌面要能够保持適當間隙，以免加熱不均勻或甚至因加熱膨脹而電氣短路，導致不必要的損害，感應子與導軌面的相對移動速度，約爲 3~6 mm/sec。

2. 火焰淬火

火焰淬火是極原始的做法，但具有其裝置簡單，費用低廉。將鑄件加熱至變態溫度以上急冷後也可以獲得較硬的麻田散鐵組織。其唯一缺點，不能獲得均勻一致的表面硬度（因爲火焰噴嘴間是有距離的），火焰淬火一般是利用氧氣乙炔焰對準需要淬火的部份以強烈的火焰進行短時間的加熱，普通用的火焰爲中性。要注意不可過熱，火焰溫度最高處在距內焰表面約 3 mm 處，所以加熱表面相距內焰的距離大致爲 3 mm。當物體表面出現黑條紋時，表示內焰過於接近了物體。過高的溫度會使麻田散鐵組織粗大，甚至部份成爲白生鐵，使鑄件不耐衝擊負荷，並會因研磨加工而龜裂。火焰與鑄件表面成直角時效率最佳。一般導軌面均爲長形，以等速的移動火焰希冀能獲致比較均勻的加熱。但是當火焰前進時，已加熱到變態點以上的部份，應使用一銅板將其遮蓋，以免在繼續施工時火焰的影響。淬火時由於整個長面上的加熱冷却時間先後不一，易造成中央凹入的現象，這可在淬火前將中央加工成稍凸狀來預防，凸起程度視其長度、材質及淬火條件而由經驗決定。硬化層的深度由調整火焰移動的速度來調整，速度愈慢硬化層愈深。但硬化層愈深時愈有引起變形的程度愈大的顧慮，故硬化層厚度及硬度以能够滿足需要爲度。

3. 表面硬度視實際使用需要決定。一般硬度在 HS60 以上已足應用。若是要求較高的硬度，鎳鉻合金鑄鐵或 GC30 以上鑄鐵比較容易硬化至 HS70 以上。

四 材料對導軌壽命影響

1. 圖 79 a 是對硬化及未硬化的鑄鐵面作運轉試驗的結果。實驗的表面壓力是在 140 lb/in²，移動的速度是 23 ft/min 及，移動的總距

離是10,000呎。上件（通常是移動件）的磨耗為 f_1 ，下件（通常是固定件）磨耗為 f_2 ，總磨耗 $f_1 + f_2$ 是與滑動面成垂直。由圖中可看出，在上下件均未硬化時總磨耗最大，上下件均硬化時總磨耗最小，上件之磨耗均比下件大。但是由於製造上的困難（硬化件只適於研磨而不適於鍍花），通常只硬化一件。由圖上看出，上件硬化、下件未硬化

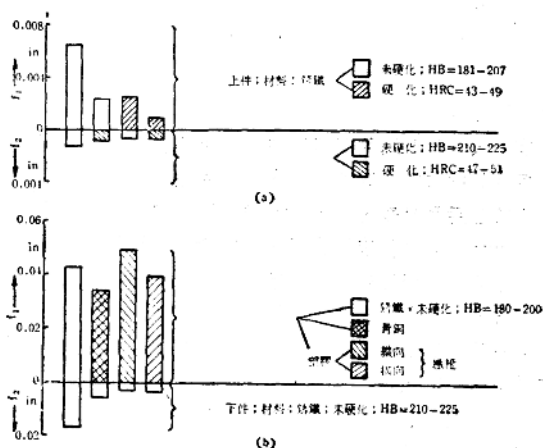


圖 79

之總磨耗量是較相反時為小。

圖79 b 中可看出，若上件改用青銅或塑膠材料時，下件（鑄鐵）的磨耗就減少。同時使用塑膠滑動面會減少膠著的現象。

爲了得到硬化的滑動面，鑄鐵床座或鞍座的導軌面常實施火焰或高週波硬化。若使用特殊鋼鑲條時，可於硬化及研磨後鑲定於架持的部份上。

2. 依據 Batelle Memorial 研究所，對一系列不同材料及處理的床座和床鞍所實驗的結果，其相對磨耗如表 5 所示。

將第 5 組的磨耗定爲 1，其餘各組與之比較列出磨耗指數。由表中可看出，硬度相同的鑄鐵床座床鞍，其磨耗幾乎達第 9 組配合的 56

表 7 床座和床鞍相對磨耗指數表

編號	使用材料	維克氏硬度	相對磨耗指數
1	床座：鑄鐵 床鞍：鑄鐵	200-300 217	44.6
2	床座：火焰硬化鑄鐵 床鞍：鑄鐵	450-610 198-217	8.9
3	床座：冷激硬面鑄鐵 床鞍：全硬化鋼	225-230 765-820	1.4
4	床座：肥粒鐵冷激硬面鑄鐵 床鞍：全硬化鋼	195 800	3.8
5	床座：合金鑄鐵 床鞍：全硬化鋼	205-280 765-820	1.0
6	床座：肥粒鐵合金鑄鐵 床鞍：全硬化鋼	140 800	4.3
7	床座：合金鑄鐵 床鞍：回火鋼	270 600	8.4
8	床座：合金鑄鐵 床鞍：回火鋼	270 435	22.5
9	床座：火焰精鍊鑄鐵 床鞍：全硬化鋼	230-300 765-820	0.8
10	床座：火焰精鍊肥粒鐵 床鞍：全硬化鋼	240-260 765-820	1.1

倍，火焰精鍊的鑄鐵的硬度沒有火焰硬化的鑄鐵高，但是它有一很均勻的表面。

3. 由於工程塑膠的發展，一種金屬加強的鐵氟龍材料亦用來作滑動面的嵌條，在嚴格的試驗下得到下列的結果：

A、鑄鐵與鐵氟龍配合滑動：

使用壓力是 30kgf/cm^2 ，鑄鐵的硬度為HB180。

B、鑄鐵與鋼滑動配合：

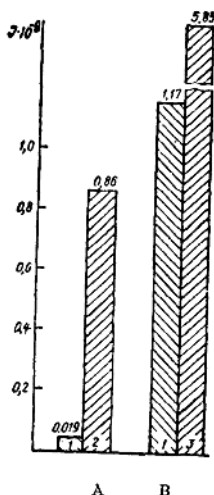
使用壓力是 10kgf/cm^2 （因用至 30kgf/cm^2 時滑動不穩定），鋼的硬度是HB183。

$$J = \Delta h / L$$

Δh ：磨耗厚度（1與2之接觸面積相同）

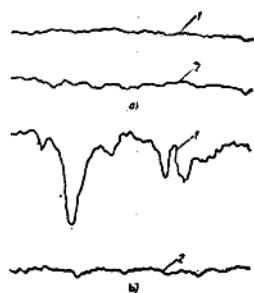
L：滑動路徑由圖80中顯示出，鑄鐵的磨耗量，狀況B為狀況A的62倍，鋼為金屬加強的鐵氟龍的6.7倍。

另外由圖81中顯示出，鑄鐵在磨耗試驗後，它與鋼接觸的表面粗度變得較壞，而與鐵氟龍接觸的表面粗度反而變得較好。臥式鏜孔機主軸頭上使用金屬加強的鐵氟龍炭條時，經過一年半的使用時間，在滑動面上仍看不出任何磨耗或刮痕，但若使用鋼炭條時在幾個月內磨耗痕跡就已出現。



1. 鑄鐵
2. 金屬加強鐵氟龍
3. 鋼

圖 80



1. 鑄鐵—鋼
2. 鑄鐵—鐵氟龍
a) 試驗前之表面狀況
b) 試驗後之表面狀況

圖 81

五 表面加工狀況對磨擦係數的影響

導軌表面最後加工通常有三種形式：