

機械製造叢刊

冶煉與澆鑄

第一輯

機械製造雜誌社出版

機械製造叢刊

冶 煉 與 澆 鑄

第 一 輯

機械製造雜誌社出版

一九五二年十二月初版

第 一 輯

目 錄

	頁數
離心式澆鑄法.....	林汝鐸..... 1
鋼質中炭素捷便測定法.....	孫雲鸞..... 6
鑄造火車客貨車輪的經驗.....	鑄工組..... 8
關於鑄鋼車輪的幾點意見.....	孫開藩..... 13
如何改進鑄鋼輪.....	陳應星..... 19
鑄鋼砂模子的製造.....	袁太祥..... 22
鑄鋼件的高溫裂紋現象.....	陳慶輝..... 31
熔鐵爐操作的討論.....	裘錫侯..... 36
改良三節爐之管見.....	鑄工組..... 39
高效率熔鐵爐的設計.....	王蘇生..... 41
耐久磁鋼及其初步試製記錄.....	屈伯明..... 43
鑄品設計及經濟製型方法.....	蔣士和..... 47
冷鑄滾筒的澆鑄法.....	樊養源..... 53
鑄造硬面軋輥的總結報告.....	忻元鑑..... 56

讀 者 來 信 解 答

用離心法澆鑄汽車引擎汽缸套筒.....	62
關於化鐵爐幾個問題的解答.....	63
關於鑄造軋輥的問題.....	66
化鐵爐風口問題.....	67
圓滾輪胎的製造.....	69
關於火車客貨車輪的鑄造.....	69
關於高效率熔鐵爐的設計.....	70
用反射爐熔化熟鐵的問題.....	71



離心式澆鑄法

林汝鐸

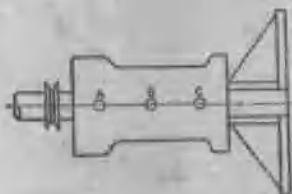
(一) 離心式澆鑄法的普通原理

一、離心式澆鑄法的式別

1. 離心壓鑄式 (Centrifugal) —— 模子放在旋轉的圓周上，鐵水自中心澆口澆入，利用離心力將其沿直徑方向壓流入模子中；這種方法應用很廣，鑄件不拘什麼形狀，例如引擎蓋，煞車脚，手榴彈壳等都可澆鑄。

2. 半離心式 (Semi-centrifugal Casting) —— 半離心式係應用於圓形的鑄件，例如齒輪，推進槳，飛輪等。模子繞着它自己的軸心旋轉，因離心力而產生自中心向外之壓力，這壓力將鐵水壓向四周，以故鑄件可避免縮孔，同時並可得向的凝結 (Directional Solidification)。

3. 真離心式 (True Centrifugal Casting) —— 模子繞着它自己的軸心旋轉，而至少它內面有用的一部份是用離心力做成，而不是用泥心做成。唯有



圖一

這種真離心式才能充份達到離心澆鑄法的各種好處——最大的出產量 (Yields)，分離非金屬 (Non-metallies)，去除縮孔及氣孔。例如水管，汽缸套筒，空心軸等，現都用此法鑄造。

二、離心式澆鑄法的優點和缺點：

I. 優點：

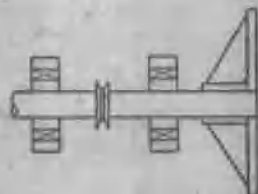
1. 增加厚度和清潔——消滅縮孔氣孔和分離非金屬。
2. 增加出產量——減少澆口和冒口。
3. 取消泥心——這僅是真離心式澆鑄法中的優點，前二種是沒有的。

II. 缺點：

1. 受大小和形狀的限制。
2. 裝設費用和旋轉設備維持費用較大。

三、旋轉機械的式樣 —— 旋轉機械有下面幾種式子：

1. 單軸承式 (Single Bearing Type) —— 如圖一所示。軸承外殼完全封閉，使灰屑不易侵入。又轉軸及其附件並可依 A、B 或 C 點轉動使其與水平成各種角度，傳動可用重力的，水力的，壓縮空氣的，或用皮帶連接或直接連接。如用此機械大量生產 (Production Work) 則只要有一個速度便可，如用以澆鑄各種鑄件 (Jobbing Work) 便要有幾個速



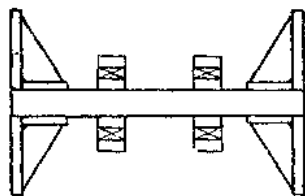
圖二

度。此式通常用以鑄造輕小的鑄件。

2. 雙軸承式 (Double Bearing Type) —— 如圖二所示。此式可用以澆鑄 1200 磅以下的鑄件，軸承

亦屬封閉式。惟須注意二軸承中面板(Face Plate)後軸承之負荷為尾端軸承之一倍。

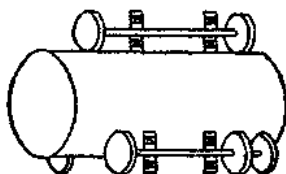
3.雙端式(Double Face Plate Type)——如圖三所示。在理論上說這種式子是效能很高的,因為



圖三

每端都可澆鑄鑄件。不過實際上震動很大。

4.搖籃式(Cradle Type)——如圖四所示。這種式子比較最安全,假如鑄件的長比直徑大得多,而速度也不太高的話,上面的滾子並可不用,通常轉軸為水平的,不過亦可為直垂的。



圖四

總括設計上面幾種機械時,應該注意的有下面幾點:

1.安全問題,要有保護設備。
2.離心式模型必須中心對準(Centered)並且要動的平衡(Dynamically Balanced),一個 100 磅重長 20 吋的鑄件,在 1500 rpm 旋轉速度時,若有 1/8 吋偏差(Off Center),它因為不平衡而發生的彎力(Bending Moment)可達 25,000 吋磅之高。因此軸的設計只要看可以抵抗它的彎力而無需計較它的扭力(Torque)。因為後者與前者相比可以不計,舉一個實例一部旋轉機械它的馬達軸直徑只有 3/4 吋而旋轉軸則有 4 吋之大。

3.封閉的滾子軸承或滾筒軸承比較合用因為滑潤和波準(Aligning)上比較簡單。

4.減少震動,臨界速度(Critical Speed)必須保持得較低,以免在臨界速度或其相近速度時運用,堅固的地基可使震動的作用減低。

5.避免轉軸受熱彎曲:軸必須用適當方法去冷卻,以避免受熱而彎曲。

6.用活動接頭(Flexible Coupling)連接馬達和轉軸以防馬達燒掉若用直流電機,則這種危險可以較少。

四、離心式澆鑄機之使用

1.模型(Mold) 模型可分砂模(Sand Mold)和硬模(Permanent Mold)二種:通常離心壓鑄式和半離心式多用烘乾泥心砂模,並繞垂直軸旋轉,如此許多模型可以重疊(Stacked),而由中心一個澆口澆入。砂模之優點在其不易導熱,其缺點為鑄件清理費用較大和澆鑄時間較長,硬模可分為石墨模和金屬模二種。石墨模係用電爐電極炭棒車成,其優點是:(1)車製易,(2)膨脹係數低,鑄件大小不因模型之溫度高低而起變化,(3)模型不因忽冷忽熱而變形。至其缺點則是:(1)易導熱,(2)易磨蝕。金屬模可用生鐵或鋼鑄成。生鐵模須為低砂高炭者。鋼模通常為中炭鋼(含炭素 0.35—0.45%)。金屬模之優點為不易磨蝕,故可澆鑄多數同形鑄件。各種硬模都要留有相當斜度(Draft)否則鑄件不易取出,同時模面要用一層塗料。塗料之作用有二:(1)使鑄件之熱不易傳于模子;(2)填補模內裂痕及腐蝕部份,使鉄水不易滲入。

2.旋轉軸角度(Inclination of Spindle Axis)——真離心式通常繞水平軸旋轉,如此則鑄件內部是完全圓柱形的,但亦可繞垂直軸或斜軸旋轉,惟鑄件內部係拋物體的(Paraboloidal),它的空心半徑(Cavity Radius)可用下面通過它的軸心的斷面上拋物線公式算出:

$$H = \left(\frac{0.0000142 N^2}{\sin B} \right) R^2$$

式中, H = 距拋物體頂之高度,以吋計。

N = 每分鐘數 RPM)

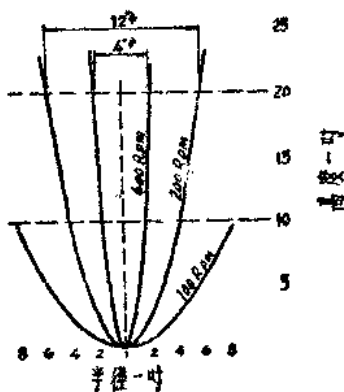
R = 該點空心半徑,以吋計。

B = 轉軸與水平所成之角度。

圖五示繞垂直軸旋轉,在各種速度澆鑄所形成之鑄件內部形狀。又不論所鑄的是鋼是鉛或是鋁,如果轉軸轉數和斜度相同,則所成鑄件之內部形狀都是相同的。

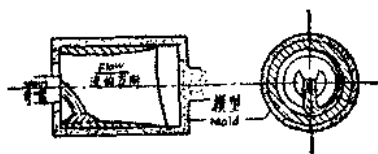
3.澆注方法(Methods of Pouring)

甲、端注法(Spout Pouring)——如圖六鉄水用彎嘴(Spout)自模型之一端澆入,通常如轉軸為水平的則自外端澆入,如轉軸為垂直或與水平成角度的則澆于模型底端。用此法澆注時務須注意鉄水須有模當速度沿轉軸之方向流動(Longitudinal



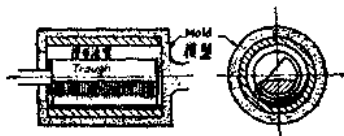
圖五

Rate of Flow) 否則鐵水有積於一端之虞。欲增加軸方向之流動速率，須將軸轉數提高，短小鑄件通常多用此法澆注。



圖六

乙、槽注法 (Trough Pouring) —— 如圖七所示鐵水用槽形澆嘴伸入模內澆注。用此法澆時，鐵水無須向軸之方向流動故旋轉速度亦可減低。長鑄件多用此法澆注。



圖七

丙、後退澆注法 (Retracting Pouring) —— 用長澆嘴伸入模內，當模子轉動時，澆嘴漸向外退，如此鐵水像螺絲一樣的分佈于模型內，長鑄件如自來水管可用此法澆注。

4. 旋轉速度 (Spinning Speed) —— 決定旋轉速度之因素有下列四端：

- (甲) 離心力和地心吸力。
- (乙) 鑄件的形狀。
- (丙) 旋轉機械的設計。
- (丁) 金屬的特性 —— 凝固的快慢。

如單從離心力和地心吸力這個因素來說，旋轉速度可從下列公式求得之：

$$\text{水平轉軸, } N_H = 187.7 / \sqrt{R}$$

$$\text{垂直轉軸, } N_V = 264.3 \sqrt{\frac{L}{R_T^2 - R_B^2}}$$

$$\text{傾斜轉軸, } N_S = 264.3 \sqrt{\frac{L \sin A}{R_T^2 - R_B^2}}$$

上各式中，所有長度以吋計。

N_H, N_V, N_S = 水平、垂直或傾斜轉軸時，每分鐘轉數；

R = 水平軸時，鑄件內半徑；

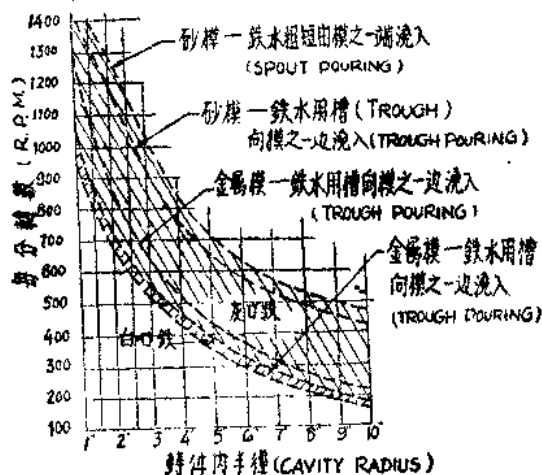
R_T = 垂直或傾斜軸時，鑄件上端內半徑；

R_B = 垂直或傾斜軸時，鑄件下端內半徑；

L = 鑄件長度；

A = 旋轉軸與水平所成之角度。

其次就鑄件的形狀來說，薄的鑄件需要向軸的方向迅速流動，以故需要高速度。較厚的鑄件為了



圖八

高的加速度，需要更快的速度。同樣長的鑄件因為需要較長的時間向軸的方向，需要較高速度，直徑小的鑄件因為加速度圓弧減短，需要較高的速度。

關於旋轉機械設計方面，影響旋轉速度最大的，便是震動，如果機械震動很大，便要增高速度，否則鐵水極易自模壁落下。至於金屬的凝固快慢，和澆鑄的溫度 (Pouring Temperature)，也能影響速度。在垂直而長的模型中，或者在水平模型而用端注法時，凝固快的金屬需要較高的速度反之在垂直而短的模型，或者是水平模型而用槽注法則所需速度較低。圖八示上述各因素對於旋轉速度之關係。

由上面可以知道決定旋轉速度因素很多而且關係相當複雜，最好還是用實際試驗方法來決定，比較最可靠。

(二) 汽缸套筒之澆鑄法

(一) 工場佈置

生產方式係採流水作業式 (Line Production)，廠房爲長方形，熔化部份在廠之一端，熱處理部份在他一端，中爲離心澆鑄部份，共有離心機一百二十部，分排爲六行，每行二十部，每兩行爲一系統，上有架空單軌軌道 (Overhead Monorail) 鉄水自熔爐經此軌道輸送至各離心機，此外尚有一鏈條輸送設備 (Chain Conveyor System) 用以運送鑄出之成品至熱處理部份。

(二) 離心澆鑄機

離心機爲水平水冷式如圖所示。(1) 爲旋轉軸 (Spindle)，前端鑲大爲圓桶形 (2)，內空，後端爲軸身，用二道滾珠軸承 (8) 支撐，軸身空心，後端有一固定進出水設備 (6) (Stuffing Box)，冷却水 (可用自來水) 自進出水設備之進水管通入，經空心軸內之鋼管通至前端，噴射於硬模上，熱水經空心軸由進出水設備之出水管導出，如是硬模及轉軸不致溫度過高。硬模 (3) 爲鑄鋼，前端用法藍及螺絲釘栓於轉軸前端的蓋頭 (5) 上，後端用星形片 (4) 托於圓桶內，故轉動時無彎曲現象 (Bending

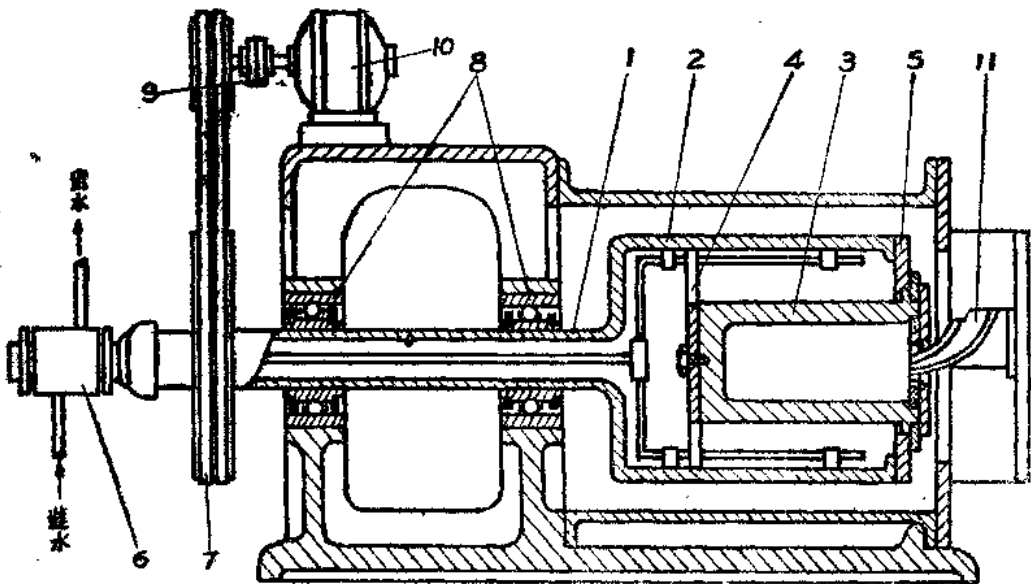
Action)，硬模之內徑與所鑄之套筒外徑相等，惟稍有斜度 (Draft)，以便鑄件容易抽出。馬達 (10) 裝於離心機之外殼上，用重力式接頭 (9) Gravity Friction Coupling) 與 V 形皮帶盤相連，以免開動時馬達燒毀，又二軸承之間裝有利車鼓，用撈桿連至機器前，俾澆鑄後可應用利車將轉軸迅速停止旋轉。(11) 爲彎曲澆嘴，裝於澆鑄機前門上，可以自由轉動，又硬模之前端有裝泥心圈之槽及蓋板，以便澆鑄時裝入泥心圈，防止鉄水飛出。

(三) 溶化方法 (Melting Practice)

溶化方法係用二重溶化法 (Duplex Melting)，即冲天爐熔出之鉄水再注入電爐內熔煉，冲天爐七十吋內徑，底焦高六十吋，風帶壓力卅吋水柱，風箱容量爲每分鐘一萬四千立方呎，並附有風量控制及空氣中之水份控制設備 (Kathabar Dry Blast System) 使一定重量之空氣進入爐內，並使每一立方呎空氣中含水分三粒。每十分鐘出鉄一次，每小時出鉄十噸，其每層配料如下：

焦炭四百五十磅，石灰石七十五磅，低錳生鉄四百二十五磅，高矽生鉄 (含矽 10.3%) 三百八十

水平離心澆鑄機



- | | | | |
|------------|------------|-------------|-----------|
| 1 — 軸身， | 2 — 轉軸前端， | 3 — 硬模， | 4 — 星形片， |
| 5 — 蓋頭， | 6 — 進出水設備， | 7 — V 形皮帶盤， | 8 — 滾珠軸承， |
| 9 — 重力式接頭， | 10 — 馬達， | 11 — 彎曲澆嘴， | 12 — 銅水管。 |

磅，四爐鐵九百四十磅，廢鋼料一千二百四十八磅，此外加鉛六磅，錫一磅。

冲天爐放出之鉄水用包子注入電爐，在電爐內鉄水溫度提高，同時每噸鉄水加含磷百分之廿三之磷化鉄(FeP)五磅，使鉄水凝固界線(Solidification Range)增長，即凝固溫度降低，故澆鑄時，鉄水能及時過流模內，不致過早凍結，電爐放出之鉄水，溫度在2700°F至2800°F之間，盛鉄水包子內加0.10—0.20%鉛及鈣化砂為孕育劑，使白口現象減少。

(四) 澆鑄方法(Pouring Practice)

開始使用澆鑄機時，硬模溫度甚低，必須用噴燈或其他適當方法將其預熱，惟澆鑄數次後，硬模溫度逐漸增高，此時須調節冷却水進考克，使出水溫度保持於100°F至140°F之間。硬模熱後，用噴霧器(Spraying Gun)在其表面噴射一層塗料(Wash)，塗料為石墨粉及泥漿(Bentonite)之混合物，加砂細少許，再加水調和，使其密度在廿度與廿五度之間(Baume Scale)。次裝上硬模外端之泥心圈，泥心圈通常為油砂泥心，其內徑之大小視所澆套筒之厚薄而定，要在使澆進之鉄水不致溢

模外，泥心圈裝妥後，再將彎曲澆嘴修正，使其下端伸入模內，然後開動馬達使模子旋轉。旋轉速度視所鑄套筒外徑之大小而異，通常41"套筒每分鐘一千一百五十轉，51"套筒每分鐘千轉。模子旋轉後再將一定量之鉄水自澆嘴澆入模內，因所澆鉄水之多少決定套筒內徑之大小，故由熔爐送來之鉄水先注入固定彎模之鉄杓內，再由鉄杓注入澆嘴，如此可免鉄水過多或過少之弊病。澆鑄溫度通常在2550°F與2600°F之間。澆鑄後約二分鐘，將馬達關閉，並用剎車將轉軸剎停，然後移開澆嘴，取去泥心圈，並將鑄件鉗出。計每澆鑄一套筒全部時間約需五分鐘，每日(八小時)每澆鑄機約可鑄套筒一百只。

(五) 熱處理方法

用硬模鑄出之套筒，因冷却過速，表面呈白口狀態，必須加適當熱處理，始能加工應用。惟因澆鑄時鉄水中已加孕育劑，故處理較易。方法先將其在1750°F高溫爐中加熱五小時，次轉入1380°F低溫爐中加熱五小時，再在600°之爐內冷却至室內溫度。熱處理後之套筒硬度在187至227度之間(Brinnell Scale)，割切甚易，磨損性亦佳。

上接38頁(煉鉄爐操作的討鉄)

三、鼓風機對於熔爐的工作，有極大關係，故其選擇甚為重要，通常鼓風機有二種，一種可不受壓力影響而有一定對稱的風量，如羅氏鼓風機(Roots blower)等適於熔爐較為適宜，但價較昂貴，另一種即離心式鼓風機(Fan type)，此種若壓力增加時，風量即受其影響，故在選擇時不僅應顧到其風量，尚須注意其風壓，必須超過爐內平時的壓力，方能達到增加風量的目的。

現在外間對於風量的控制，已有控制空氣重量的設備，而我國則一般自製的鼓風機，其風量尚無一定標準，更無從控制，甚望我國製造鼓風機的廠商，能注意及此，則對於熔爐工作，可大有裨益。

關於控制風量，除於鼓風機及其他設備應力求改進外，用眼力判斷，亦可有助於控制，常加料口在剛加焦炭時無火，略隔數秒鐘後着火，火色作紫紅而帶綠焰，表示風量適當，火焰如為淡黃色或橙包，則風量顯對方多，冲天爐爐面上的煙，宜如香烟的煙狀，如其着火，則風量亦必太多。

四、砂床至爐口之高度，只供容熔鉄之用，此高度可根據所需最大熔鉄量而定，但須注意此容積之60%為焦鉄，而僅40%則為熔鉄，普通此高度約為直徑之80%，此高度尚須顧及可容一批鉄量或數批鉄量，通常應大於一批鉄量，但亦不可太大，太大則有多耗底炭量，減低熔鉄溫度等弊，尤其使熔鉄與焦炭接觸太久，更為不利，故有時可在熔爐前裝一前爐(Forehearth)，使熔爐內之熔鉄，立即流入前爐。以乘與焦炭長久接觸，惟熔鉄存在前爐內，溫度不免略低，但對於澆鑄大型鑄件，並無多大影響。

*編者按：我國各小鑄鉄工廠，現下通用最廣之三節爐，在使用上困難情形很多，如鉄水溫度不足，焦炭消耗過巨等都是。機械鑄工組曾針對這一問題，根據上海目前使用的鑄鉄焦炭等原料，多次討論「改良三節」爐問題，已具體擬製了改良三節爐的設計。將在下一二期之水刊發表。

這裏告訴你在煉鋼時，怎樣可以很快的決定含炭量的多少

鋼質中炭素捷便測定法

孫雲鸞

炭素控制為電爐煉鋼中之主要問題，炭素可由於廢鋼原料中之氧化鐵銹，加入之鐵礦，或通入氧氣於鋼液中而減低，然亦由於炭精投入鋼液中，或由於加入爐中之合金，及增炭劑，而增加炭素，故電爐工友一部份之技術，端在於其炭素控制之能力。煉鋼中之炭素，有時變化甚速，故於爐前分析時，需求一迅速捷便之方法，以測定炭素，加拿大威廉堪乃第公司曾試驗用數種方法，其中證明為最有希望者，為在一淬火後之試樣上作羅克硬度試驗 (Rockwell Hardness test) 以測定炭素之方法。該硬度試驗方法經多次試驗，證明該法較其他常用者如斷面試驗 (Fracture Test)，磁力試驗 (Magnetic Test)，以及用氣體容量方法之化學分析 (Volumetric Method)，更為迅速而精確，且該法設備簡單，費用較低。近來大多數煉鋼廠中通常用之爐前測定炭素方法，計有下列四種：(1) 斷面測定法；(2) 用磁力試驗之炭素測定器 (Carbometer)；(3) 重量測定之炭素分析法 (Gravimetric Method)，以及(4) 體積測定之炭素分析法 (Volumetric Method)。謹略述如後：

(1) 斷面測定法——此為測定炭素最簡單之方法，斷面確可表示炭素高低之趨向，然非有經驗者，不能估計準確，且有時因剩餘合金金屬 (Residual Alloy) 之存在，從斷面估計炭素，時常發生困難。

(2) 磁力試驗之炭素分析法——此法原理，基於鋼之磁性性能，與其炭素有一定之關係，故該項儀器，必須按製造每一種類之鋼品而校正之，其所得之曲線，即製造該每一種類鋼品之參考曲線 (Reference Curve)。然於零星鑄件 (Jobbing) 之鋼廠中，常需接受客戶之特殊合同鋼之訂貨，彼等或無製造特殊鋼品之參考曲線，且因目前優良廢鋼缺少，故鋼液中常含有若干剩餘之合金金屬，此等

剩餘合金之金屬，對於參考曲線常有影響，故鋼廠能獲得大量品質一致之廢鋼，及僅出產一種或兩種之鋼品，此磁力試驗之炭素分析法應用甚佳。

(3) 重量測定炭素分析法——此法係利用鋼樣直接燃燒，其二氧化碳被吸收於 Ascarites，其結果甚為準確，然需時頗長。

(4) 體積測定炭素分析法——此法基於測定鋼樣直接燃燒後所發生二氧化碳之體積，以測定炭素，結果常常準確，且需時亦較重量測定炭素分析法為少，然後若干工廠中化學實驗室於熔爐甚速，因之往返需時較多。



圖一 電爐工友從鋼池中吸取試棒

硬度測定炭素法

此法係基於下列之原理即未配火前之麻頓密體 (Untempered Martensite) 之最大硬度，不論其含有小量之合金與否，與鋼質中之炭素成有一定之關係。克拉氏及谷瓦氏 (Clark & Kowall) 於一九四四年之 A.I.M.E. 年刊中曾論及之，然欲求此原理之應用，必先擇一適宜之鋼樣，期於淬火後能有最大之硬度，作者謹敘述該法如後：



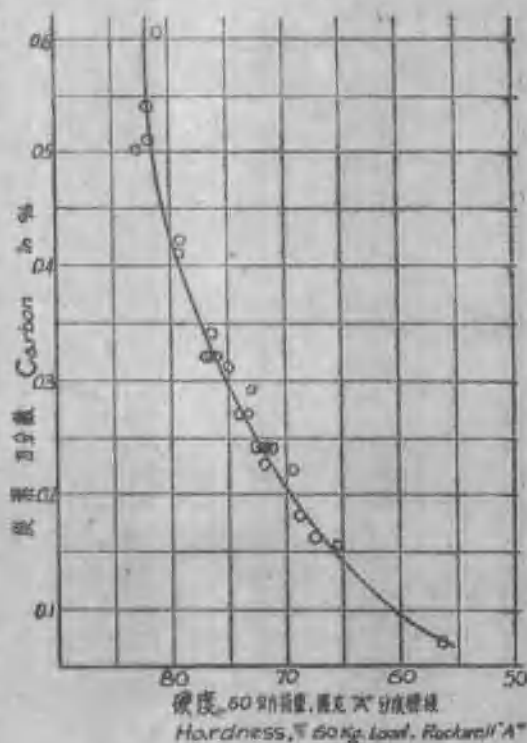
圖二 管狀電爐(右)及羅克硬度試驗器

用鐵匙在爐中取出鋼液，加以少量矽化鈣 (Calcium Silicide) 為脫氧劑，另一熔爐工友，將一內徑二、二五厘米之耐高溫玻璃管 (Pyrex glass)，其一端裝有橡皮球者，插入鐵匙中，以手緊壓橡皮球，鋼液吸入管中二三吋 (圖一)；搥去玻璃，將此試樣棒，置入一經常在 200°F 之管狀電爐內 (圖二)，約二三十秒鐘後，設法迅速取出，並立即在水中淬火，以淬火後之試樣棒，以制頭螺絲夾入一 (1"×1"×2½") 長方鐵塊中，將 1"×2½" 之平面安放於磨床之固定平板上 (圖三) (Steady-rest)，試樣棒緊靠砂輪之旁面，磨成一平面，然後將此長方鐵塊翻轉 180° ，再磨一平面，如是可得二近似平行之平面，惟必須注意者，磨平面時，不可發熱過甚，以致試棒退火，鬆去制頭螺絲，將試樣棒取出，置於羅克硬度器 (Rockwell Tester) 上試驗，試驗時，硬度器荷重為 60 公斤，並在羅克 A 分度標線上 (Rockwell A scale)，讀出結果，先用若干炭素不同之試棒，一方面用羅克試驗器，在同一試棒上至少作十次左右之試驗以其平均結果，同時送入化驗室正確分析其炭素，製成一硬度試驗與炭素相關之曲線 (圖四)，爐前分析時，在每一試棒作四

次試驗，於兩分鐘內可得炭素結果。



圖三 電爐工友磨試棒平面



圖四

結論：由圖四中，在超過 0.5% 炭素時，其曲線幾乎成一直線，故此法於實用時，測定最高之炭素當為 0.5%，此法經實際使用結果，證明相當準確，其準確度為 $\pm 0.02\%$ 炭素。

鑄造火車客貨車輪的經驗

中國機械製造工作者協會
鑄工組

一 緒言

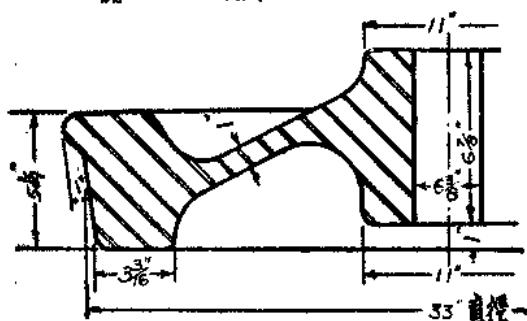
全國大陸基本上已獲得全部解放，因此對鐵路運輸上存在重大的要求，全國鐵路均逐漸地修復，客貨車的需要亦隨之增加，其中的客貨車輪，需要尤切。該種車輪，在國外有用水壓機沖壓而成者，有用冷鑄車輪者，然在我國，前者須要規模宏大的設備，後者雖有數廠鑄造，出品數量既少，技術上尚在試鑄階段，不能供應需要，因此上海鐵路局於去年向本市數鑄鋼廠訂購大批鑄鋼車輪（尺寸如圖一），訂定規範如次：

物理性質：

耐拉力	60000—80000	磅/平方吋。
降伏點	40000—50000	磅/平方吋。
伸延率	10—20%	
剖面收縮率	15—20%	

化學性質：

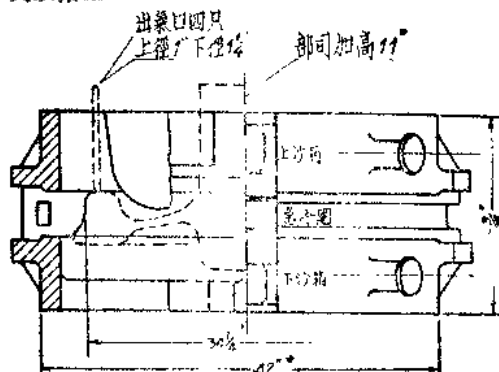
炭	0.55—0.70%
錳	0.5—0.8%
矽	最低0.15%
磷	最高0.05%
硫	最高0.05%



圖一

加工方面，踏面及輪緣部份絕對不許存有砂眼。各廠過去對於車輪均無鑄造經驗，故於試鑄初期，均有相當的損失，中國機械製造工作者協會鑄工組，乃邀請各廠專家集體討論，交換技術經驗，本文係將該討論會的記錄，由樊養源先生整理後寄

請上鋼孫德和亞細亞吳文祥、紡機王錦儒、大隆李榮堃諸先生校閱後發表，供諸讀者，希望讀者能給本文以指正。



圖二

二 工業部亞細亞鋼鐵公司 鑄造經驗

砂箱及中間鉄模設計：砂箱為圓形式，採用鑄鉄鉄模，中間加急冷圈（如圖二）。

型沙及塗料配合：襯型沙採用購來之石英沙。因限于儀器設備，無法完全分析，最近特請華東區工業部材料檢驗室化驗，含二氧化矽（ SiO_2 ）

97.70%，氧化鐵(Fe_2O_3)0.82%。其配合成份如下表：

種	類	一號石英砂	二號石英砂	三號石英砂	石英粉	白坭粉	糖漿	清水	鈣粉
襯型沙	坭心沙	20Kg	125Kg	125Kg	—	50Kg	25Kg	12	—
塗	料	—	—	—	100Kg	6Kg	8Kg	15	3

襯型沙及坭心沙拌和： 先將一二三號石英砂及白坭粉拌成混和沙，再以糖漿及水燒至約40°C，撒入混和沙內拌和，同入研砂機約5分鐘，以手握不散，為最上之襯型材料。

塗料沙依上法拌和，入研砂機3—4小時後，成粘性，方可為塗料；不然無粘性而失塗料之效。

製型過程中注意之點：

1. 外型沙水份不超過3.5%。
2. 容沙鬆硬合宜（因無儀器設備，未能將標準

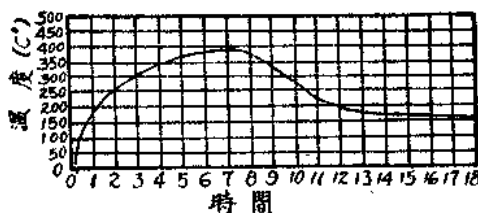
試條棒	屈服點 磅/平方吋	抗拉強度 磅/平方吋	收縮率 %	伸長率 %	C %	Si %	Mn %	S %	P %
13	44190	95640	15.5	15	0.51	0.38	0.58	0.034	0.089
18	39440	85010	17	16	0.52	0.38	0.58	0.045	0.092

數字說明）容得太緊，因沙膨脹之故，容易脫壳；並且減少透氣性。容得太鬆，當鋼水流過表面模型時，容易腐蝕而脫壳。

3. 蓋底箱多打1/4"氣孔，以利烘模時發散氣體，澆鑄時容易驅除鑄型內剩餘氣體。

4. 塗料以鑄物厚薄而塗上適當之表面，以造成均勻堅固之表面，鋼液流過不易腐蝕而脫壳，並能收輻射之效。

烘模： 烘模每次最多達18只。最初6小時，由低燒至400°C，再逐漸降低，至18小時（如圖三）出爐為避免新製模型速冷而易起開裂起見，通常沙模製成後隔日烘模。



圖三

澆鑄： 澆鑄溫度，通常模型溫度在20°C之間，中間鑄模在100°C左右，鋼液溫度在1500°C，澆鑄時間約30秒左右。若鋼液溫度高，在厚薄不均之處，易起開裂，並在沙模中易起氣孔。

澆鑄後須注意下列數點：

1. 澆鑄後在中間部司上，滿蓋稻草灰，使其

保溫，以達補縮之目的。

2. 20分鐘後，將緊箱螺絲鬆去，因中間鐵模膨脹約3/16"蓋箱上漲約1/8"，沙箱容易開裂。

3. 30分鐘後即開箱，將鋼輪埋于乾沙中，約20小時後取出，割澆冒口，否則易起熱裂之現象。

熱處理： 熱處理溫度約在650°C，2—3小時，在爐內冷卻。

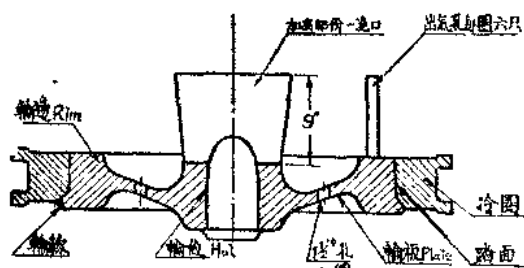
結果： 根據上海鐵路局分析物理性質及化學成份如下表：

三 中國紡織機械公司之鑄造經驗

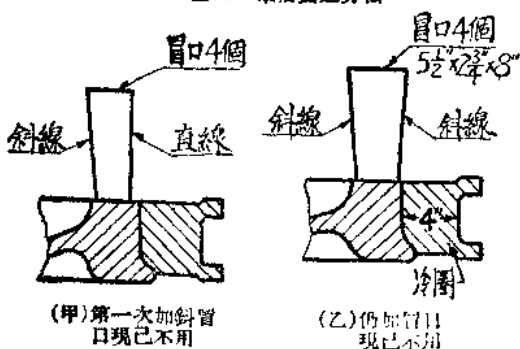
輪子裂得很兇 中機車輪體模時，踏面部份，開始就採用激冷鐵圈，做為造型的中型。輪緣在下型，輪轆(Hub)加高九吋，軸孔坭心加高二吋，上端為圓弧形。上型沿輪邊有冒口四個，因為冒口是長方形的柱體，上粗下細，所以第一次澆完後，冷圈拿不出來了，後來用氧氣把這冒口割掉，才把冷圈拿出，結果輪板都裂。以後把冒口的外面放直，澆完以後，過二小時，把冷圈拿出，退火後，結果又裂。一共四爐，裂得很兇，便停止了鑄造。

解決了輪子裂開的毛病 我們看了幾本參考書籍，知道高炭素鋼鑄件在紅熱以下時進行退火，和高炭素鋼鑄件澆固以後，冷圈隨即脫除，可以防止裂開，再開始去做時，於是在輪子澆完後十五分鐘，把上箱冷圈和輪子一同移開，放在砂坑裏。把上箱拿開，再拿開冷圈，輪子用砂蓋住，在砂中冷下。次日輪子從砂中取出尚有500°C左右，裝到退火爐爐車上，退火爐已經升火，預熱至500°C，輪子推入退火爐後，即加煤燃燒。一小時許，升至650°C，因為煙窗稍低，拔風不夠，此時開始打風，常時加煤，約一小時半後，即達到820°C。這樣的溫度保持四小時，然後讓車輪在爐子內慢慢自己冷

下來，這樣，結果輪子沒裂。但冒口下的縮孔很深，約二三英寸。

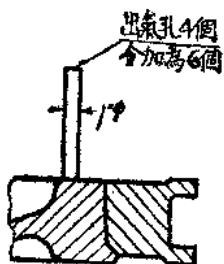


圖四 車輪鑄造方法



(甲)第一次加斜冒口現已不用

(乙)仍加冒口現已不用



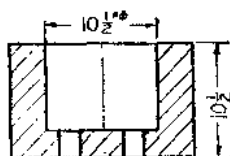
(丙)加出氣孔六個現仍應用

圖五 上型所加冒口及出氣孔

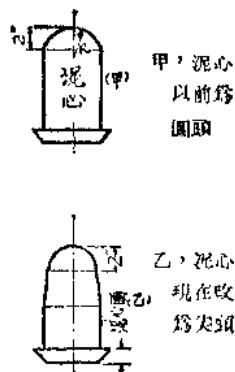
解決了冒口輪空和軸孔砂眼問題 我們把冒口砂為四個出氣孔，冷圈改為三十分鐘後移開，這樣輪孔已經減少。最近又改用六個出氣孔，軸孔泥心上端改為尖頭。軸孔起初發現有砂眼，因為泥心起初是和模子一起烘的，沒有乾，以後把泥心先烤一下，再下在模子裏一起烘，結果軸孔裏的砂眼也減少。

輪板上的疤斑和塗料 澆口箱 $9''\phi \times 9''$ ，底部有三個圓形的眼子，大徑 $2''$ ，小徑 $1\frac{1}{4}''$ ，做為通氣孔。冷圈厚 $4''$ ，冷圈如果太厚，或有砂眼，容易使輪子有裂紋。澆的時間自 24 秒至 28 秒，澆鑄溫度自 1500°C 至 1550°C ，如果在 1500°C 以下，輪緣部份常常澆不到，輪板起先發現有疤斑 (Scab)，後來把砂模上洋釘多插，塗料加厚，疤斑

也減少了，烘模的溫度在 300°C ，約烘 12 小時。車輪含炭量以 $0.5-0.65\%$ 為標準，在 0.5% 以下的很少， 0.65% 以上的也不多。輪殼上加高的部份——澆口，在車床上割掉。



圖六 澆口箱



圖七 輪殼泥心

蘇聯專家的意見 蘇聯專家曾到紡機廠參觀，他們提供了很多寶貴的意見。

1. 踏面不能有砂眼。
2. 輪轂軸孔內不能有砂眼。
3. 輪板上的兩個眼子可以不要，如果在加工時一定要用，可以在鑄完後鑽出來。
4. 應該做落砂試驗。

砂的配合和塗料 我們用的砂的配合如下：

1. 模砂

石英砂 #2	240 公斤
石英砂 #3	40 公斤
石英粉	20 公斤
白泥細粉	17.5 公斤
糖漿	2 加侖
加水研和十五分鐘。	
2. 泥心砂

石英砂 #2— $\frac{1}{2}$ ，#3— $\frac{1}{2}$	700 磅
石英粉	150 磅
糖漿	4 夸特
菱粉	5 夸特
桐油	1 夸特
白泥細粉	5 夸特
加水研和十五分鐘。	
3. 砂模塗料

石英粉	100 公斤
白泥細粉	5 公斤
糖漿	6 公斤
菱粉	2 公斤
加水研和 6 小時。	

附註：尚有上鋼及大陸兩廠施工經過待下期續完。



鑄造火車客貨車輪的經驗

(二)

中國機械製造工作者協會
鑄工組

四 上海鋼鐵公司的鑄造經驗

本廠鑄造鋼輪，最初是在一廠試鑄的，輪緣在上面，澆口開在中心輪轂部分，根據一般鑄鋼經驗，沿輪緣開四個冒口。鋼的成份炭素約0.15%，經去氣作用(Kill)澆出後，不論糖漿及水泥作膠合劑的砂模所鑄之鑄件，表面均很光，僅冒口下面略有小縮孔，是由於鋼水冒口處理不當之原因而生，於是用同樣方法在一廠製造，含炭量則按路局所定規格，澆了幾十個，但因模砂用水泥作膠合劑，結果輪面黏砂頗甚，而且泥心砂用普通火泥膠和，所以泥心在澆鑄後太硬，清除不易，加工車製後，鑄輪並表現針眼(Pinholes)很多，其深約1/4"，針眼如車深可以完全車淨，冒口下面常有縮孔，因為沒有避縮劑的關係(Antipiping Compound)縮孔較難避免。後來我們製模時，對模砂成份改變，並將輪緣放在下面，并把車製加大，同時在輪緣部分加用冷激鐵鐵，這樣做法較好，氣孔和針眼都很少，而且原有四個冒口省安，改用四小氣眼，(約7/8"粗)僅作排洩澆鑄時模內氣僅之用，這樣可以節省浪費在冒口上之鋼液，每輪約達150公斤，不過輪緣和踏面偶有小裂縫，這種小裂縫有時可以車去，現在我們每爐(十噸平爐)可以澆18—20個，因限於個別單獨澆鑄，所用底注(Bottom Pouring)法鋼桶開關鋼液出口易於冷卻，所以只有採用前十六個澆八次，每次澆二個，其餘則個別澆鑄。由於改變了模砂的配合，清砂和出泥心的時間已經減少，現在模砂及泥心砂的配合比例如下：

	模 砂	泥心砂
1 號石英砂	30.0%	—%
2 號石英砂	15.0	34.66
3 號石英砂	15.0	17.33
4 號石英砂	15.0	17.33
石英粉	11.0	20.18
糖漿	6.0	2.76
白泥	3.0	2.76
水份	5.0	5.00

上面所列的砂料配好後，用人力拌和，存放(Season)一天左右，製模時在上下模的彎曲部分，插入洋釘以增強度。

最近我們會試做一個在輪上加六條筋的鋼輪，結果較其餘情形良好甚多，一些也沒有上模崩砂情形，且車輪強度可以因此加大，似有採用的價值，現在正在多量試製，研究其改進，因為加筋以後，鋼水流入輪緣部份有旋轉作用，且熱鋼水可以早期流入輪緣及踏面部份，輪緣及踏面部份便可減少缺陷。

泥心上部有斜度，成圓頭砲彈形，泥心砂用的白泥，因含 Al_2O_3 很高，再加以黏性很好，用量可以減少，所以鑄輪內泥心不再像以前那樣膠結難以清除，現在出清一個泥心平均約需二小時，泥心經過初次焙乾後，置於砂模內隨同再行焙乾一次，結果幾乎每個輪殼部份都無任何缺陷，無砂眼亦無縮孔現象。

鋼的物理性試驗，因為試樣澆法，初時不十分好，故所表現的物理性質數字隨夾入雜物等之多少時有變化，而且由於我們沒有小型的退火爐，只有把一時多平方的試樣與厚達數吋的車輪一同退火，結果因為時間太長，(在830°C左右維持四小時)顆粒太粗，物理性質較為低落，澆試樣的方法最初是橫澆的(如圖一)，這種方法除易使雜物滲入，并

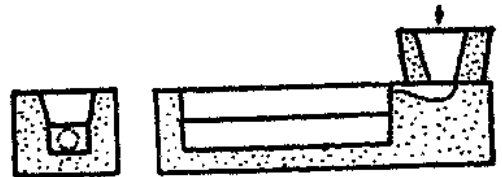
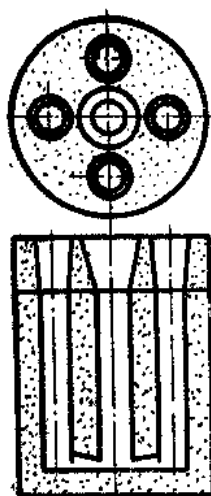
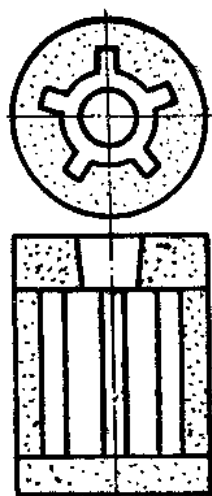


圖 一

且因為容受鋼液不多，故澆鑄時勢必關小開關，因此每澆鋼液不能連結澆入，點滴加入後乃予試樣性脆甚大之影響，後來改為圓柱形，採直立澆法(如圖二)，但亦因機棒太細，烘模或其他過程中混入



圖二



圖三

模中之雜質，不易清除，所以澆出鋼樣也不太好，現在我們改用的方法，是將每支試樣連接一較粗的圓柱體，成立式鑄出，澆成後再分別割取試樣，澆口及模底與試樣模型本身可以分析開，這樣做法，縮孔可保證不會伸入試樣，雜物因可清掃也不易夾入了，故試樣所表物理性已甚合理想(如圖三)。

按美國試樣澆法是橫澆的，但澆時兩支同澆如圖四所示。



圖四

試樣的物理性質列如下：(隨同鑄件一次退火結果)。

上鋼試樣分析物理性質及化學成份

試樣號	屈服點 磅/平方吋	抗拉強度 磅/平方吋	收縮率 %	伸長率 %	化 C %	學 S: %	成 Nm %	份 S %	份 P %
167	42,500	92,900	13.4	13.5	0.46	0.39	0.64	.043	.020
171	45,400	92,700	10.5	11.5	0.46	0.31	0.73	.053	.023
174	40,900	98,300	14.2	12.5	0.54	0.33	0.80	.057	.019

五 大隆機器廠的鑄造經過

大隆機器廠初循一般鑄鋼方法，用石英砂模澆鑄鋼車輪。經多月之改進，仍未見完善。冒口下時有小縮洞，且在生產量及經濟上，砂模方法亦較硬模為遜。現已向各友廠看齊，放棄砂模方法，改用硬模。四月十日以前即可用硬模澆鑄。茲將以前鑄鋼車輪之經過，陳述如左：

壓砂：石英砂來自無錫，為不透明體，石英砂及其配料經混砂機混軋兩小時後，始取出使用。黏性甚佳。其配合成份約為：

二號石英砂	30%	三號石英砂	30%
四號石英砂	30%	白泥	2.5%
焦炭	3.0%	水份	4.5%

做模：初用中心澆口，法蘭在上，法蘭上置冒口 $3\frac{1}{2}'' \times 8'' \times 9''$ 四只。澆鑄後，屢次發覺鋼車輪外邊緣夾有相當多砂眼。且在割去冒口後，鋼車輪上均有縮洞，最深者達兩吋有雜。乃將冒口放大，加

高至 $4'' \times 7'' \times 12''$ 。在冒口上面添用火泥木炭混合粉，以保持冒口溫度，但鋼車輪上仍間有淺縮洞存在(一分至二分深)，無法完全避免。在採取外邊緣切線澆口後，砂眼疵病即不復見。初尚疑慮切線澆口處，尚有熱縮洞存在，曾向下加工車至半吋，亦無疵病，可見切線澆口可使鋼液轉動，調和溫度熱縮洞可能不至發生。今年一月後，改放法蘭在下，其餘澆口冒口仍照舊。割去冒口後，車輪上仍間有小縮洞，惟比以前窄略小，此小縮洞疵病到目前仍無法全部避免。

塗料：將石英砂和水放在混砂機上軋兩日，即成水泥狀塗料，每只砂模要上塗料兩次。

澆鑄溫度：約在 1550°C 間。

退火方法：用煙煤燒火，溫度只能達到 720°C 。微嫌不足，已着手改建退火爐，日內即可完工。

(完)

關於鑄鋼車輪的幾點意見

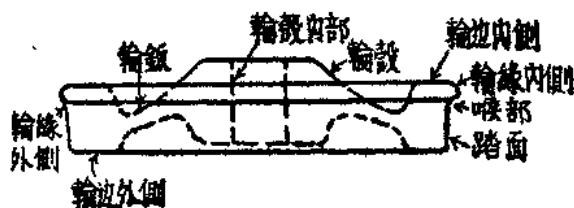
上海鐵路局
機務處 孫開藩

在新中國積極建設的初期，鐵路運輸是担负着極其艱巨的使命和任務，而車輪的功用，在整個車輛構造中又是負重致遠最主要的設備之一，無論在修復舊路或建設新路的過程中，它的需要量和重要性，必然與日俱增。然在我們工業設備的現狀下，鍛壓設備既難即時建立，冷鑄生鐵輪的產量又極有限，故對於鑄鋼車輪技術上的研究和改進，或可增強自力更生的基礎，進而解決當前車輪極度缺乏的困難，本人由於過去曾參加戚墅堰工廠實際鑄造工作，最近又代表我局驗收了在滬的一批鑄鋼車輪的定貨，業務經驗的鼓勵，對它發生極濃厚的興趣，根據此次二千個鑄鋼車輪的驗收結果，發現了設計上與鑄造上的一些問題，現在把它寫出來，極其總結，希望能引起廣泛的研討，庶有助於鑄鋼車輪技術的改進，品質的提高，以及產量的增加，而配合鐵路運輸的需要。

I. 關於設計方面

(1) 輪邊厚度問題：

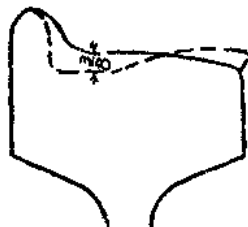
甲、車輪種類以及實際應用情形——為使易於明確瞭解起見，先將車輪大概情形約略介紹如下：



圖一 車輪各部名稱

圖(一)表示整鑄車輪各部份名稱，車輛上應用的車輪大致可以分為四種：

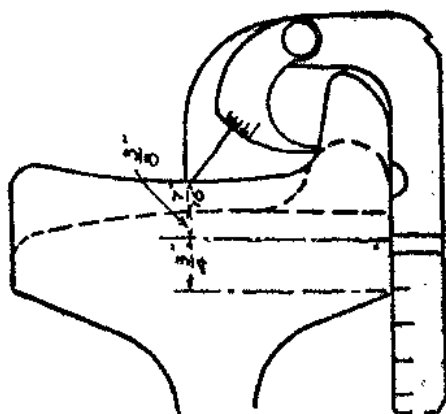
1. 輪箍或稱外輪；
2. 鍛壓鋼的整體輪；
3. 冷鑄生鐵輪；以及



圖二 車輪經磨耗以後的情形

4. 這裏所要談的“鑄鋼車輪”。

在設計方面，鑄鋼車輪又大致可以分為：1. 單磨 (Single wear) 2. 複磨 (Multiple wear) 兩種。所謂單磨車輪，即該輪經過一次磨損以後，便不能繼續再用，而必須重換新輪。依照鐵道部最近頒佈

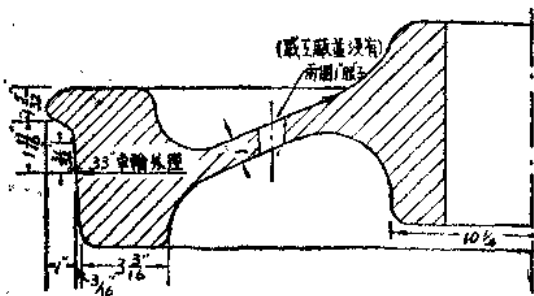


圖三 車輪經加工以後的情形

的車輪修理規則內的車輪檢修規定，貨車用車輪踏面磨損不得超過 10 公厘。(或 $\frac{3}{16}$ " 因我局鑄鋼係時，以資統一)，但複磨車輪則不然。當踏面磨耗超過限度時，該輪還可以加工重鑄，以恢復車輪外緣的標準尺寸，其大概情形可由圖(二)及圖(三)說明。

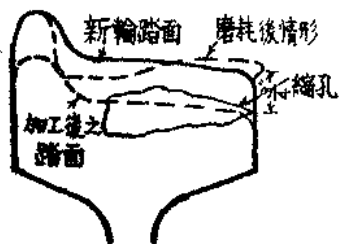
乙、威堅工廠試製鑄鋼車輪經過——反動派統治時代，車輪皆仰給於國外，所以國內對於製造車輪缺乏經驗。一九四六年，偽京滬路局因為車輛缺乏，曾將聯鐵 40 噸貨車改造客車，但美帝這批剩餘物資，已在伊朗用過幾年，大部份冷鑄生鐵輪都超越限度，無法應用，當時美帝因為戰後自己國內鐵路急需修復，對於車輪定貨一概拒絕，在這種情況之下，所以威堅工廠便開始了試製鑄鋼車輪的工作。

世界各工業先進國家，目前都採用鍛壓鋼輪或冷鑄生鐵輪，很少將鑄鋼車輪用在車輛上，所以關於鑄鋼車輪的製造方法，設計圖樣，以及規範，都難尋參攷，威工廠不得已乃採用美國鐵路協會關於鍛壓鋼的複磨車輪標準。依照該協會規定，輪邊厚度至少不得小於 $2\frac{3}{4}$ "，當時威工廠為了使車輪壽命能延長，可以多用幾年，便將輪邊厚度增加到了 $3\frac{1}{2}$ "，希望車輪經過一次磨耗以後，尚能繼續加工三次，圖(四)即表示威工廠原始圖樣的尺寸。



圖四 路局與各廠訂購之車輪圖樣

丙、輪邊內部縮孔的原因——依照翻砂的原理來說，這種設計並不相宜。從圖(四)的剖面，我們可以看出：輪軋祇有 1" 厚，到了輪邊部份，突然放大到 $5\frac{1}{2}$ " $\times$ $3\frac{1}{4}$ " 的面積，這樣鋼液澆入型內，勢必不能冷卻均勻，以致很有可能造成輪邊部份發生縮孔現象，這次檢驗結果：亞細亞的車輪有 80% 以上都有這種現象，當然造成這種現象的因素可能



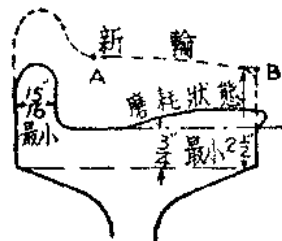
圖五 縮孔影響車輪壽命

很多，下面尚待詳細的討論，但設計上有問題，那是毫無疑問的，從圖(五)我們可以證明，假使輪邊內部有了縮孔，而距離車輪外緣不過 $\frac{3}{4}$ "，則車輪磨損以後，經第一次加工時，便會發生何等嚴重的與惡劣的結果，換句話說，祇要這個車輪有這樣一個深而且面積相當大的縮孔存在，這個車輪第二次便不能再應用了，依照原來設計，可以利用四次，可是現在因為縮孔，祇有用一次，那豈不是化了很高的代價而實際祇收穫了四分之一的功效，這是一種無謂的損失。

丁、最合理的輪邊厚度尺寸——根據鐵道部車輛修理規則內之車輪檢修規定：同一輛貨車上，車輪直徑之差，最大限度為 100 公厘（或 4"），所以車輪輪邊似乎更沒有需要加到 $3\frac{1}{4}$ " 的必要，由於車輪的規定磨耗限度，以及實際加工情形，我們不難推算輪邊的需要厚度，從圖(二)和圖(三)可以得知：

車輪第一次磨耗	$\frac{3}{8}$ "
經第一次加工損失	$\frac{1}{16}$ "
車輪第二次磨耗	$\frac{3}{8}$ "
經第二次加工損失	$\frac{1}{16}$ "
最後一次磨耗	$\frac{3}{8}$ "
共計	2"

所以車輪經過三次磨耗以及兩次加工損失，總共損耗 2"，剛好在鐵道部規定以內，再從圖(六)可以得知：車輪最後磨耗限度為 $\frac{3}{4}$ "，故輪邊厚度（最低限度）應該是 $2" + \frac{3}{4}" = 2\frac{3}{4}"$ ，但這樣的計算方法是以圖(六) A 點為標準的，假使從圖上 B 點算起，則 $2\frac{1}{2}"$ 已經够了。



圖六 車輪磨耗最後限度

根據上面各種理由，管見以為輪邊厚度應改為 $2\frac{1}{2}"$ ，或者最多也不必超過 $2\frac{3}{4}"$ 。這樣一方面可以克服許多技術上的困難，以及許多無謂的損失，同時又可以替國家節省很多的材料，因為輪邊減薄以