

# 鑄鐵軋輥的制造

上海机修总厂 合編  
李济王 宋福林 陈上池



上海科学技术出版社

## 內 容 提 要

本书专门叙述鑄鉄軋輥的制造。内容包括冷硬鑄鉄的原理，化学成分对軋輥性能和組織的影响，和板鋼軋輥、型鋼軋輥、无限冷硬軋輥、空心軋輥及球墨軋輥的鑄造方法及其操作的原理。

本书以理論与实际相结合的方式，較全面地、系統地介绍了各种軋輥的制造过程和操作經驗，全文力求通俗易懂，不引用高深理論，但对每一操作都詳述其理由，对工厂实际操作同志将容易閱讀并了解其原理；对鑄造工程技术人员，亦有参考的价值。

## 鑄 鉄 軋 輥 的 制 造

上 海 机 修 总 厂 合 編  
李 济 玉 朱 福 林 陈 上 池

\*

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总經售

\*

开本 850×1168 毫米 1/32 印張 4 1/16 插頁 4 字數 102,000

1959年3月第1版 1959年3月第1版第1次印刷

印數 1—3,000

統一書号：15119·1183

定价：(十) 0.62 元

## 代 序

通过了伟大的全民整风运动以及党的社会主义建设总路线的贯彻，不仅在工农业生产以及各个方面出现了前所未有的全面跃进的新局面，而且人们的思想也有了极大的提高和解放。迷信洋人、迷信书本知识、迷信专家权威的人越来越少了；敢想、敢说、敢做，有共产主义风格的人越来越多了。这本书的写成就是一个最有力的证明。

这本书的作者是普通的工人和经过劳动锻炼的技术人员。他们并不是什么名人专家，但是在党的总路线照耀下他们的政治觉悟有了很大的提高，解放了思想，破除了迷信，他们确信书本上知识是劳动者创造的，自己也是劳动者，为什么不能把自己的实际生产经验写出来贡献给国家呢？

他们知道随着去年全民大搞钢铁运动的结果，轧钢机的生产愈来愈显得重要了。因此他们写这本书的目的就是要把几年来自己在轧钢制造方面积累下来的一些知识和实际经验总结起来，贡献给从事于这一工作的同志。使我们国家生产的轧钢质量都能大大提高一步，从而保证完成今年 1800 万吨钢的光荣任务。

这本书的写成，又一次证明党的群众路线的正确，任何事情必须依靠群众，写书也是这样。广大群众在生产劳动中有着极其丰富宝贵的经验，只要我们很好地去发动和组织他们总结，就一定能写出好的书来。而且如果我们把群众都发动了起来，那又岂只是一本好书呢？

劳动者是国家的主人，是文化的主人，也是科学技术的主人，我们坚决相信工人能够著书立说。让我们进一步发扬共产主义思

想,破除迷信,保护真理,为跃登世界科学技术的最高峰而努力,为实现 1959 年更好、更大、更全面的跃进而努力。

中共上海机修总厂委员会副书记

朱瑞华

# 序 言

軋鋼車間的成就,無論在軋出鋼材的數量上,以及質量的優劣,都取決於軋輥的質量。

近幾年來,鑄鐵軋輥有了很大的發展,尤其是球墨軋輥、冷硬帶槽軋輥、無限冷硬軋輥的鑄造成功,基本上改變了鑄鐵軋輥的生產面貌,同時也為我國軋鋼生產高速度發展創造了有利的條件。

要獲得品質優良的軋輥,並不是輕而易舉的,軋輥的鑄造過程並不複雜,但它的控制技術比普通鑄鐵高得多。目前國內有關軋輥的專業書籍甚為缺乏,除翻譯蘇聯的“硬面軋輥製造過程”和“鑄鐵軋輥”兩本書以外,僅有數篇零星的資料刊登在各種雜誌上,比較完備的有關軋輥製造的書籍尚無一本。在技術革命運動中,為了更好的交流經驗,互相學習,共同提高,我們根據上海機修總廠多年來的生產經驗及我們在实际操作中的體會,經過一番的整理和研究,匯編成冊。儘管這些經驗在某些方面還不夠完備,但本着學習和理論與實際相結合的精神,寫成此書。

軋輥的鑄造過程中,造型材料與塗料,造型、干燥和金箱、配料和熔化等對各種軋輥來說,幾乎是相同的,為了避免重複,僅將板鋼軋輥製造一章,敘述較為全面,而寫其他各種軋輥的製造時,對一般相同的問題不再重敘,這些問題可在適當的章節內引証之。

本書編寫方面,以用冲天爐熔制鐵水澆注中小型軋輥為重點,至於大型軋輥,它的控制技術基本上一致,故只作一般的敘述。

編寫此書甚為倉促,解說難免有不完備或錯誤之處,尚懇各位同志加以指正。

1958年11月7日

于上海

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 代 序                 |    |
| 序 言                 |    |
| 第一章 冷硬鑄鉄的原理         | 1  |
| 第二章 化学成分对軋輥性能和組織的影响 | 4  |
| 第三章 板鋼軋輥的制造         | 14 |
| 第一节 造型材料的選擇和配制      | 14 |
| 1. 造型材料的選擇          | 14 |
| 2. 型芯砂的配制及主要的物理性能   | 15 |
| 3. 涂料的準備            | 16 |
| 第二节 造型和造芯           | 18 |
| 1. 上軋頸和冒口砂型的制造      | 18 |
| 2. 冷型               | 19 |
| 3. 下軋頸              | 22 |
| 4. 軋頸泥芯的制造          | 25 |
| 5. 直澆口(澆注管)和漏斗澆口    | 26 |
| 第三节 砂型的干燥           | 28 |
| 第四节 合箱(配模)          | 28 |
| 第五节 配料              | 30 |
| 1. 炉料的選擇、準備和保存      | 30 |
| 2. 配料的計算            | 33 |
| 第六节 金屬的熔化和澆注        | 40 |
| 1. 化鉄炉的构造           | 41 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 2. 化铁炉的修理            | 42 |
| 3. 熔化过程的控制           | 43 |
| 4. 軋輥的澆注             | 53 |
| 5. 复合軋輥(冲洗和半冲洗方法)的澆注 | 54 |
| 第七节 軋輥的冷却、开箱和清理      | 56 |
| 第八节 主要缺陷及防止方法        | 58 |
| 1. 白口深度不足            | 58 |
| 2. 白口太深              | 58 |
| 3. 白口深度不均匀           | 59 |
| 4. 軋身表面气孔            | 60 |
| 5. 夹杂(夹砂、夹灰和夹渣)      | 61 |
| 6. 縱裂和橫裂             | 61 |
| 第四章 型鋼軋輥的制造          | 65 |
| 第一节 帶槽軋輥冷型的設計和制造     | 66 |
| 1. 冷型的設計             | 66 |
| 2. 冷型的制造             | 74 |
| 第二节 合箱和澆注            | 79 |
| 第三节 开箱               | 80 |
| 第四节 主要缺陷及防止方法        | 81 |
| 第五章 无限冷硬鑄鉄軋輥的制造      | 82 |
| 第一节 化学成分的选择          | 82 |
| 第二节 熔化的控制            | 83 |
| 1. 炉料配合              | 83 |
| 2. 炉前控制              | 84 |
| 第三节 物理性能与金相組織        | 84 |
| 第四节 使用情况             | 87 |
| 第六章 空心軋輥的制造          | 88 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第一节 下颚颚的制造        | 88  |
| 第二节 空心轧辊泥芯的制造     | 88  |
| 1. 泥芯砂的配制         | 88  |
| 2. 空心轧辊泥芯的括制      | 89  |
| 第三节 空心轧辊的合箱       | 91  |
| 第七章 球墨鑄鉄轧辊的制造     | 93  |
| 第一节 半冷硬球墨轧辊的制造    | 93  |
| 1. 半硬模(衬砂冷型)的准备   | 93  |
| 2. 球化剂和墨化剂        | 95  |
| 3. 处理设备           | 96  |
| 4. 处理过程           | 97  |
| 5. 化学成分、物理性能和金相組織 | 99  |
| 6. 使用情况           | 99  |
| 7. 主要缺陷及其防止方法     | 100 |
| 第二节 球墨复合轧辊的制造     | 103 |
| 附 录               | 105 |
| 主要参考文献            | 130 |

## 第一章 冷硬鑄鐵的原理

鑄鐵中石墨的形成，取决于鑄鐵的化学成分（碳和矽的含量）和冷却速度。当鑄件在砂型內冷却时，石墨能比較均匀地在鑄件整个断面上形成，当把液体金属澆注在金属型內，快速冷却时，与金属型接触的表面形成白口鐵，較深部分为麻口鑄鐵的过渡层，中心部分为灰口鑄鐵（图 1.1）。后者就是我們需要研究的冷硬鑄鐵。

冷硬鑄鐵中，所以能出現三个主要部分，主要是因为鑄鐵在金属型中冷却时，各部的冷却速度不同而造成。

鑄件与金属型接触处最快冷却的表面层，由于液体共晶轉变过程过冷度很大，使液体成为奥氏体

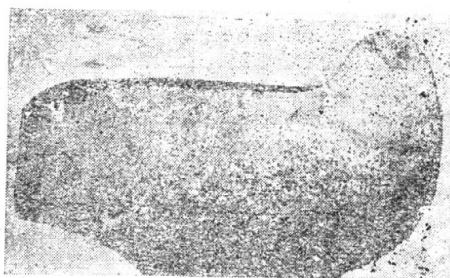


图 1.1 冷硬鑄件的断面  
未加矽和石墨的冷鑄車輪粗型組織  
純白口 12 公厘，麻口 43 公厘

——石墨的共晶轉变完全受到阻止，而代之生成奥氏体——渗碳体的共晶，这就得到白口层。

距金属型稍远的較緩冷却层中，冷却速度不能完全阻止石墨結晶的形成。当过冷液体发生共晶轉变时，最初形成奥氏体——渗碳体的共晶，不能进行到底，剩余未起轉变之液体，由于过冷度减少，就形成奥氏体——石墨共晶的結晶。这样就使同时获得白口和灰口組成的麻口层。

对于距鑄件表面层更远之部分，其冷却速度甚至不能部分地阻止石墨形成，在这种情况下，液体的共晶轉变就完全分解为奥氏

体——石墨的共晶，形成灰口鑄鐵組織。

冷硬鑄鐵各層的組織：白口層的組織為珠光體＋滲碳體；麻口層的組織：珠光體＋滲碳體＋石墨；灰口層的組織：珠光體＋石墨。白口層加麻口層稱為冷硬鑄鐵的冷硬層。冷硬層可分為三部分：純冷硬深度  $\alpha$ ；實用冷硬深度  $\beta$ ；和總冷硬深度  $\gamma$ 。如图 1.2 所示，图中的  $\alpha$ ——純白口深度，指冷硬部分表面到最先發現有石墨體嵌入處的深度； $\beta$ ——實用白口深度，指冷硬部分表面到能清晰的看出石墨析出處深度； $\gamma$ ——總的冷硬深度，指冷硬部分表面到灰口鐵最先發現白斑點處的總深度。

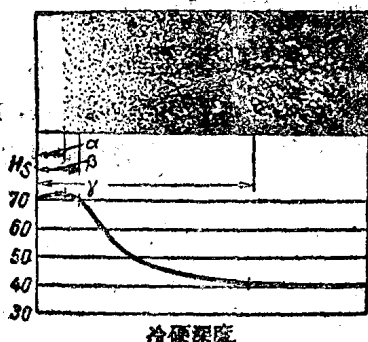


图 1.2 冷硬鑄鐵冷硬部分的結構(根據谷口光平的資料)

$\alpha$ ——純冷硬深度；  
 $\beta$ ——實用冷硬深度；  
 $\gamma$ ——總冷硬深度

鑄鐵表面的硬度隨着其中含碳(<6.7% 時)的增加而增加。含碳量與冷硬表面硬度的關係(參閱圖 1.3)，可用下列各公式求得。

(1) 樹瓷與波耳的公式：

$$H_s = 16.67x + 13$$

(2) 格連斯與容格布留特的公式：

$$H_s = 16.4x + 17.3$$

(3) 谷口平的公式：

冷硬鑄鐵的白口層中，碳全部或幾乎全部都是以滲碳體( $Fe_3C$ )的形態存在着。滲碳體硬度很高( $H_B = 800$ )，是組織結構中最硬的組成部分。冷硬

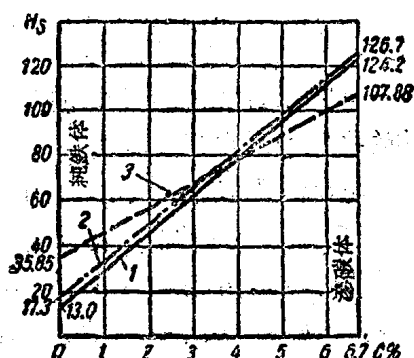


图 1.8 羅氏硬度( $H_s$ )和含碳量的關係

1——樹瓷與波耳公式所示；  
 2——格連斯及容格布留特公式所示；  
 3——谷口光平公式所示

$$H_v = 10.8x + 35.85$$

式中  $x$ —含碳量的百分数； $H_v$ —肖氏硬度。

上列公式只能用来计算在未使用之前的纯冷硬部分的铸铁硬度（普通铸铁）。如果要计算合金元素对硬度的影响，只要从合金铸件上直接量出硬度的数值，减去由公式计算出的硬度数值，就可以决定其影响。

改变铸件的化学成分和冷却速度，可以调节冷硬铸件中各层（白口、麻口和灰口）的厚度。对于一定化学成分的铸件，其冷硬层的厚度则取决于冷却速度。

为了获得白口组织的外层，冷却速度必须大于临界冷却速度。为了达到一定的白口深度，应选择对冷硬极为敏感的铸铁成分。对于冷硬铸铁可选用如下的化学成分：2.8~3.7% C；0.4~0.8% Si；0.2~0.8% Mn；0.2~0.55% P；0.08~0.14% S，在特殊情况下加入 Ni、Cr、Mo 等来增加冷硬层的硬度、耐磨和抗热性能。

冷硬铸铁的表面硬度很高（肖氏 65° 以上），耐磨性仅次于锰钢（图 1.4），是很好的抗磨材料。灰口组织的中心，则强度较大，保证在工作中有足够的强度；麻口层耐磨性亦强，并有平衡白口和灰口的作用，且保证白口和灰口层的紧密配合。

对于某些铸件，要求表面硬度很高，和中心有一定强度的灰口组织，选用冷硬铸铁为材料是最适合的。如轧辊、货车车轮、碎石辊等均用冷硬铸铁铸造。

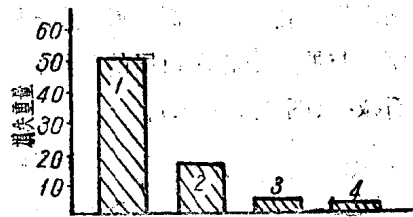


图 1.4 各种材料的耐磨性

1—灰口铸铁； 2—铸钢；  
3—冷硬铸铁； 4—锰钢 (14% Mn)

## 第二章 化学成分对轧辊性能和組織的影响

选择适当的化学成分,是获得品质优良轧辊的最重要因素。在鑄造条件完全相同的条件下,轧辊的性能和組織則取决于化学成分。

調整轧辊的化学成分和冷却速度,可使鑄鉄的結晶变成白口、麻口和灰口組織。

为了获得优良的轧辊,轧辊的鑄造工作者,必須明了各种元素对冷硬深度、硬度、强度、耐磨、耐热、抗热等性能的影响。

### 碳

鑄鉄轧辊內,碳的含量一般在 2.2~4% 之間的范圍內。在这范圍內增加含碳量能提高轧辊的硬度和耐磨性,且能縮短麻口层的厚度与扩大中心灰口层的作用,但是冷硬深度却随含碳量的增加而减少(图 2.1 所示)。

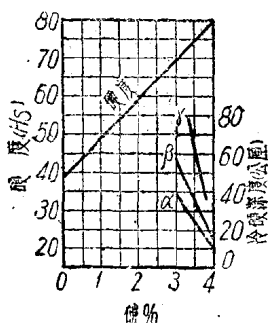


图 2.1 含碳量对冷硬深度和硬度的影响

板鋼轧辊中,最合适的含碳量 2.70~3.70%; 增加含碳量,将在轧辊中心造成大量石墨偏析,因而降低板鋼轧辊的强度和耐热性能。但在板鋼轧辊內碳的含量亦不能低于 2.70%, 否則除轧辊的硬度和耐磨性降低外,同时这种轧辊有很寬的麻口层,因而降低了轧辊的强度。此外,鉄液的流动性也将大大的降低,使为获得光洁而致密的鑄件造成困难。

用化鉄炉鑄造的冷硬軋輥，碳的含量控制在 3.2~3.7% 範圍內。根據我們的經驗，碳的含量最好不超過 3.70% 為宜。

碳對耐磨性能的影響如圖 2.2 所示。

## 矽

矽是一種強有力的石墨化元素，它對石墨化的影響，僅次於碳。一般冷硬軋輥中矽的含量均在 0.4~0.7% 範圍內，在這範圍內提高矽的含量能降低白口深度，縮短麻口層長度，並能增加軋輥中心強度；當降低矽的含量時，白口增加，麻口層急劇的增加，有時甚至使麻口層擴展到軋輥的中

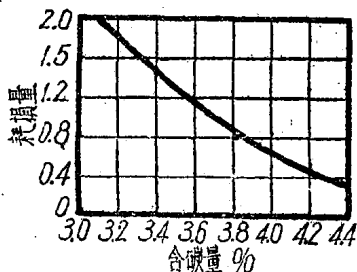


圖 2.2 碳對冷硬鑄鐵耐磨的影響

心。

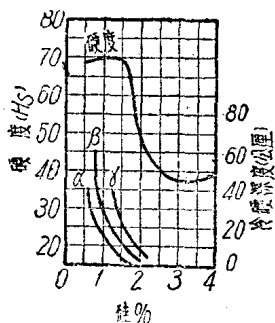


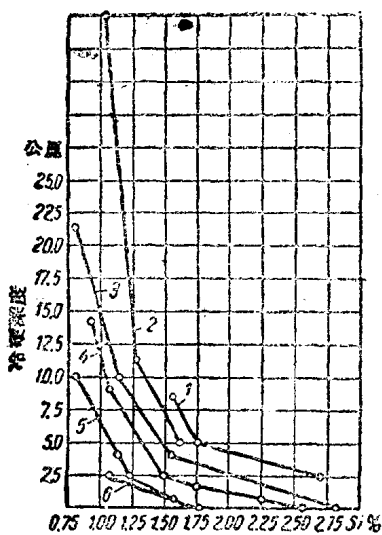
圖 2.3 含矽量對冷硬深度和硬度的影響

矽對軋輥冷硬深度和硬度的影響，如圖 2.3 所示。從圖中可以看出矽對軋輥的硬度沒有顯著的影響，變化矽的含量對調整白口深度和中心結構能起着顯著的作用。由此可知，變化矽的含量來控制軋輥白口深度是完全可能而且很有效的。

在考慮矽對白口影響時，不能忽視碳含量的關係，因為軋輥中含碳愈低，矽對白口的影響就愈顯著。圖 2.4 表示變化含矽量對各種鑄鐵白口深度的影響。

## 錳

錳是碳化物的形成元素，在軋輥中增加錳的含量，能增加白口深度、硬度和耐磨性，但由於錳對麻口層起着一種強有力的加深作



1.  $C=2.7\sim2.8\%$  2.  $C=3.0\sim3.1\%$   
 3.  $C=3.2\sim3.3\%$  4.  $C=3.4\sim3.5\%$   
 5.  $C=3.6\sim3.7\%$  6.  $C=3.8\sim3.9\%$

图 2.4 含矽量对各种铸铁冷硬深度的影响

用,因此,增加锰的含量急剧地增加麻口层的深度,同时也大大地降低轧辊的强度和热稳定性。

锰对冷硬深度的影响,斯毕尔曾进行过详细的研究,并得出如下结论:当锰的有效含量( $Mn-1.7S$ )%是负数时,冷硬深度急速的增加,当锰的有效含量的数值在  $0\sim0.35\%$  限度之内时,冷硬深度降低,但超过  $0.35\%$  之后,冷硬深度就大大的增加(如图 2.5 所示)。

锰能促使铸铁结晶致密,在特别沉重条件下工作的冷轧和平整机轧辊,增加含锰量,当

轧辊研磨时能获得镜面似的纯白口(因有较高的硬度)。

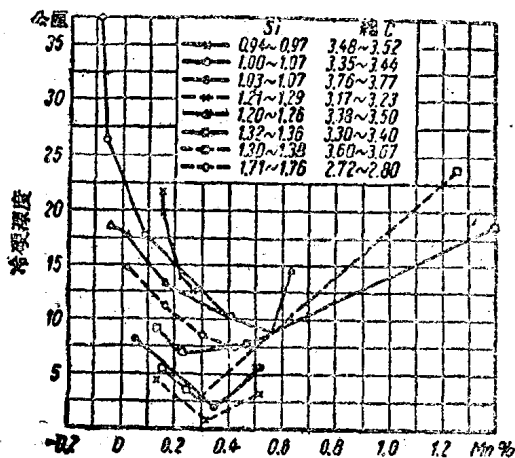


图 2.5 含锰量对冷硬深度的影响

錳之含量为 $(2S+0.3)$  时, 可以完全消除 S 的有害作用。根据我們的經驗, 軋輥中錳的含量应为 0.2~0.8% 範圍內。

錳对軋輥冷硬深度、硬度和耐磨的影响, 可参閱图 2.6、2.7。

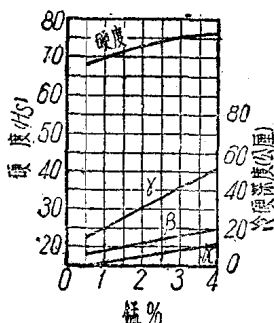


图 2.6 含錳量对冷硬深度和硬度的影响

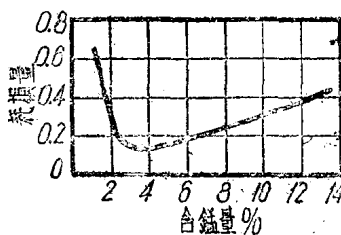


图 2.7 錳对冷硬铸铁耐磨的影响

## 磷

磷是促进石墨化的元素, 但是效力不显著。在軋輥含磷量的範圍內(0.35~0.55%), 磷对白口深度和硬度的影响是极微小的。

磷能增加铁液的流动性和脆性。我們要着重指出的是磷对消除軋輥表面白口层縱向热裂的有效作用。磷共晶熔点較低, 是軋輥中最后凝固的部分, 当軋輥中心石墨化时体积膨胀, 而造成內应力陡然增加时, 磷共晶能起到一定程度的緩冲作用, 液体磷共晶可以被压到气泡中或冒口中去, 从而减少了白口层上出現裂紋的危險。

如軋輥中含磷量超过 0.55% 时, 它会降低軋輥的强度、耐热和耐磨性能。图 2.8、2.9 表示磷对硬度、冷硬深度和耐磨的影响情况。

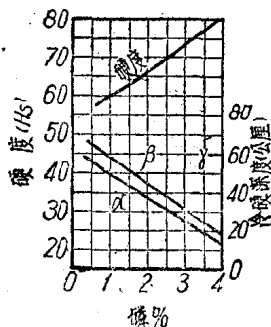


图 2.8 含磷量对冷硬深度和硬度的影响

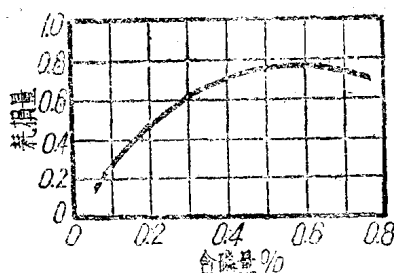


图 2.9 硫对冷硬鑄鉄耐磨的影响

性。

化鉄炉熔制中小型冷鑄軋輥的鉄液，其含硫量不应超过 0.14%，否则是有害的。

由于硫有增加白口、縮短麻口的功效，在苏联和美国，特别是美国，在鉄液中投加少許 (0.01~0.04%) 硫，来調整軋輥白口深度。硫只有在其以加入剂的形式加入时，才会达到增加白口、縮短麻口的作用。在加硫处理的鉄液中，硫和錳的平衡是有特殊意义的，为保証硫的中和，錳的含量可根据  $Mn\% = 1.7S + (0.25 \sim 0.35)$  关系确定。

正确的进行加硫处理，所获得金属的各种鑄造性能不会从而恶化，这是和一般見解相反的。

硫对冷硬深度、硬度和耐磨的影响，如图 2.10、2.11 所示。

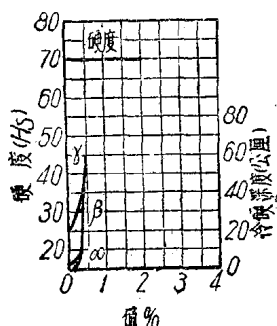


图 2.10 含硫量对冷硬深度和硬度的影响

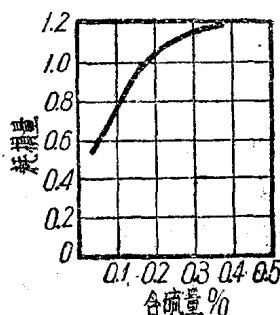


图 2.11 硫对冷硬鑄鉄耐磨的影响

## 鎳

鎳是促进石墨化的元素，它的功效相当于矽 1/3。鎳能使鑄鐵結晶致密，因而提高了軋輥的硬度、韌性、耐磨、耐熱和強度等。鎳加入量為 1.5% 時，它能使珠光體變得極為細致（索氏體組織），因而顯著地增加了基體組織的強度。當加入量達到 3.5% 以上時，基體就得到穩定的馬丁體組織。

滲碳體——馬丁體組織的軋輥，不論在硬度、耐磨、強度、韌性等方面都極為理想。

鎳很少單獨加入，一般都與鉻按一定比例加入，經驗證明：當鎳與鉻的比例為 3:1 時，可使軋輥獲得最優良的物理和機械性能。圖 2.12 是用來選擇 Ni、Cr 冷硬軋輥成分的圖解（有斜綫 abcd 區域，是 Ni、Cr 鑄鐵最合適的成分）。鎳對冷硬深度、硬度和耐磨性能的影響列於圖 2.13 及 2.14 中。

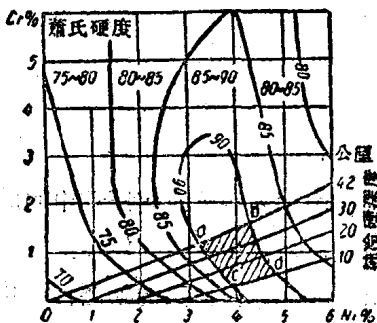


圖 2.12 選擇冷硬軋輥成分的圖解  
(根據谷口光平的資料)

| 點 | Ni%  | Cr% |
|---|------|-----|
| a | 8.39 | 1.2 |
| b | 4.8  | 1.6 |
| c | 3.9  | 0.2 |
| d | 4.8  | 0.5 |

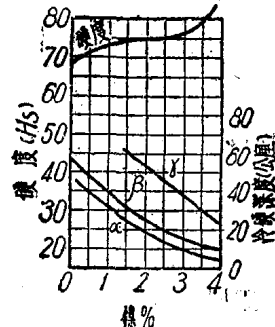


圖 2.13 含鎳量對冷硬深度和硬度的影響

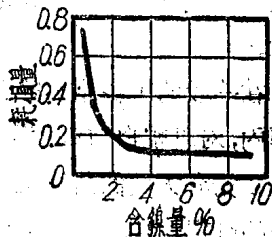


圖 2.14 鎳對冷硬鑄鐵耐磨的影響