

學 鋼 煉

B. M. ЗАМОПЫЕВ 著
黃 希 祐 譯

商 務 印 書 館

煉 鋼 學

B. M. 查莫魯葉夫著
黃 希 祐 譯

商 務 印 書 館

本書係根據蘇聯國立黑色與有色金屬冶煉科技書籍出版社（Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии）出版的查莫魯葉夫（В. М. Заморюев）著“煉鋼學”（Производство стали）1950年版譯出。

本書由重慶大學黃希祐同志翻譯，該校冶金系蔣導江主任校閱第一、三、九、十各章；羅冠英教授校閱第二章；劉景昌教授校閱第四章；林衍先副教授校閱第七章及第八章。

煉 鋼 學

黃 希 祐 譯

★版權所有★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

（上海市書刊出版業營業許可證出○二五號）

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 北 京 廠 印 刷

（69873）

1954年6月初版 版面字數265,000

印數1—3,000 定價¥18,500

原 序

由於實現了斯大林五年計劃，蘇聯的各主要工業部門內出現着不斷的發展，就中金屬的生產就是首要的一部。

在蘇聯不僅由於工廠之恢復、建設及新生產量的出現，而使煉鋼事業發展，並且在極大程度上，由於社會主義競賽及它的最高形式——在蘇聯冶金煉鋼工作者內的廣泛推廣斯達哈諾夫運動的結果，熔煉及鑄錠的技術不斷地得到改進，這樣也使煉鋼事業有發展。

社會主義競賽的形式逐年益臻完善。科學技術工作者——學者及工程師與生產者——斯達哈諾夫煉鋼工、熔煉工長的廣大及多種多樣的友誼合作有特別重大的作用。這種運動的意義是難以估價的。其顯明的特點為廣大工人羣衆的勞動積極性的顯著增長，這也就要求有更多的在形式上易懂，但有嚴格科學內容的技術文獻。

本書的目的就是在某種程度上滿足這個要求的。

我們工廠的熔煉工長、老煉鋼工作者、工人及中等技術人員技術文化水平的顯著增高，使著者除根據國家先進工廠的經驗來敘述煉鋼及鑄錠的實踐外，尚要在一定程度上涉及有關操作的物理化學原理。如讀者未具有自修必需的程度，可不必讀本書用小號字所述的較難懂的地方，但仍無損於本文主要內容的完整性。在敘述各操作時，爲了更好地掌握材料，也重提了已講的基本原理。

本參考書僅給熔煉工長及鑄錠工長介紹技術操作——沒有敘述設備及電能方面的操作。

煉鋼方面的敘述是根據俄羅斯及蘇聯冶金家捷爾諾夫 (Д. К. Чернов)，巴依科夫 (А. А. Бейков)，古德佐夫 (Н. Т. Гудцов)，格魯蒙-格爾日馬依洛 (Грум-Гржимайло)，卡爾拉烏荷夫 (М. М. Карнаухов)，斯達

爾克 (Б. В. Старк), 沙馬林 (А. М. Самарин) 等的著作。就中關於排除法脫氧的概念是著者研究蘇聯科學院通訊院士卡爾拉烏荷夫教授著作的直接結果, 著者對卡爾拉烏荷夫教授致以深厚的感謝, 他對本書之寫作幫助很大, 提出了許多意見。

著者對技術科學碩士梅爾雷莫夫 (А. Ф. Мырцымов), 可洛也夫 (М. Н. Королев) 工程師以及技術科學博士蒙洛諾夫 (А. Н. Морозов), 技術科學博士教授吳蒙里興 (П. В. Умрихин) 及工程師拉赫莫夫 (А. М. Нахимов) 的寶貴意見及指教致以感謝, 蒙洛諾夫幫助校閱原稿, 並對鋼中的氣體一章作了他的補充, 吳蒙里興及拉赫莫夫慇懃地將他們自己研究的資料供給著者。

● 著者對三次獲得勳章的克洛夫工廠的平爐煉鋼及電爐煉鋼工作的全體光榮人員致以深厚的感謝, 他們都是這個工廠的門徒。本書實質上是三次獲得勳章的克洛夫工廠冶金工作人員多年工作的成果。

著 者

目 錄

原序	1
緒言	1
第一章 鋼的化學成分及主要雜質對鋼性能的影響	5
A. 鋼的化學成分	5
B. 雜質對鋼性能的影響	6
第二章 煉鋼的原材料	31
A. 金屬原材料	31
B. 非金屬原材料	49
第三章 鋼中的非金屬夾雜物及氣體	57
A. 非金屬夾雜物	57
B. 鋼中的氣體	71
第四章 鹼性平爐煉鋼法	91
A. 鹼性平爐熔煉法的特點	91
B. 鹼性平爐熔煉的方法	97
B. 鹼性法的各時期	98
Г. 測定鋼水的溫度	165
Д. 出鋼時加於出鋼槽及盛鋼桶內的附加物	167
第五章 酸性平爐煉鋼法	171
A. 酸性平爐熔煉法的特點及其應用範圍	171
B. 酸性平爐熔煉的原材料	174
B. 爐料的組成	174
Г. 裝料的次序	176
Д. 熔煉期的爐底修補	177
E. 酸性平爐的燃料	177
Ж. 熔化	177
З. 酸性平爐內的積極法	178
И. 砂還原平爐熔煉法	188
第六章 平爐增碳廢鋼熔煉法	195

第七章 碱性电弧爐煉鋼法	200
A. 電爐煉鋼法的特點	200
B. 電爐煉鋼的方法	203
B. 電爐熔煉的原材料	204
Г. 氧化熔煉(第一個時期)	205
Д. 氧化熔煉的還原時期	213
第八章 酸性电弧爐煉鋼法	233
A. 電爐熔煉的砂還原法	235
B. 電爐熔煉的積極法	238
B. 酸性電爐熔煉的砂還原法及積極法的比較評價	244
第九章 聯合煉鋼法	246
A. 碱性及酸性平爐的組合作	246
B. 碱性平爐及碱性電爐的組合作 OMII-03II	248
B. 貝式麥迴轉爐與电弧爐的組合作	251
第十章 合金廢品的應用及合金材料的節省	253
A. 應用合金的廢品的方法	253
B. 在酸性电弧爐內重熔廢品	255
B. 在平爐內以及在氧化熔煉的電爐內含鉻廢品之利用	257
Г. 由於礦石內雜質的還原作用帶來鐵合金的經濟性	260
第十一章 鑄錠	263
A. 鋼的結晶	263
B. 鋼錠構造的不均勻性(化學的)	268
B. 縮孔及收縮疏鬆	271
Г. 澆鋼桶	276
Д. 鑄錠方法	278
E. 鋼錠模	281
Ж. 鋼錠的重量及形狀	283
3. 澆鋼的準備	285
II. 鑄錠的操作	293
K. 鋼錠的冷卻	302
Л. 鋼錠的鉋平及清理, 鋼坯的清理	303
第十二章 熔煉過程中加入物的計算	305
參考書目	323

煉 鋼 學

緒 言

在極接近於與液體鋼接觸的耐火磚層(爐襯)開始軟化的溫度下的高溫熔煉是鋼生產的特點。在這種情形下,必需的緊張觀察及細心工作使煉鋼成爲一個最困難的生產作業(在近年裏,由於自動化之利用,這方面已大有改進)。在煉鋼爐內,進行於爐氣——爐渣——金屬體系內的過程是極複雜而多樣的,這也使煉鋼成爲一個最複雜的生產,要求煉鋼者有高度的技能、經驗及理論的修養。

技術完善的煉鋼在國民經濟上是否有意義首先決定於它所煉出來的鋼的品質和性能,在很多情況下是否會限制着設計師及機械製造者創造新的及最完全類型機器的可能性。因此與金相學者一道創造品質較高的新鋼種的煉鋼家才是技術進步的真正創造者,因爲新型優質鋼之出產立刻有新型完美構造的機器出現。

俄羅斯人民運用了許多勞動及智慧發展了煉鋼事業;值得提到的是十九世紀初葉的優秀冶金家阿洛索夫(П. П. Аносов),他不僅復興了俄羅斯原有的坩堝煉鋼的生產,而且獨自製定了完善的用以製刀劍的達馬斯鋼(булатная сталь)的生產方法,此種鋼的性質是比歐洲其他國家的刀劍鋼好;依日洛夫(А. А. Износков)早在1870年在索爾蒙夫工廠(歐洲第一批工廠中之一個)建造平爐;果那依洛夫(Ю. М. Горяинов)於1893年首創了廢鋼礦石法,並首先在卡吉里洛斯拉夫的亞歷山大洛夫工廠內實現了這個熔煉的方法。

俄羅斯的學者巴依科夫(А. А. Байков),格魯蒙-格爾日馬依洛

(В. Е. Грум-Гржимайло); 卡爾拉烏荷夫 (М. М. Карнаухов), 斯達爾克 (Б. В. Старк), 沙馬林 (А. М. Самарин) 等創立了近代最先進的煉鋼理論。

爲世界各國所知名的斯達漢諾夫煉鋼工: 別爾巴索夫 (М. В. Бербасов), 卜爾卡契克依 (М. В. Буркацкий), 俄吳靖尼可夫 (А. И. Овчинников), 塞爾基可夫 (И. И. Желтиков), 儒魯洛夫 (М. Зинуров), 伊斯馬格洛夫 (А. Исмагилов), 可洛瓦洛夫 (Ф. И. Коновалов), 可索拉甫夫 (В. И. Косолапов), 可且德可夫 (П. С. Кочетков), 馬沙伊 (М. Мазай), 米哈依洛夫 (В. К. Михайлов), 莫克林斯基 (В. С. Мокринский), 姆爾儒威 (М. К. Мурзич), 米恆 (Ф. Д. Михин), 波波夫 (И. Т. Попов), 甫達洛夫 (А. М. Пуганов), 何赫洛夫 (А. И. Хохлов), 捷斯洛夫兄弟 (Н. В. 及 С. В. Чесноков), 謝夫靖可 (И. К. Шевченко) 等在煉鋼技術操作的各環節內進行了革命式地改革, 並確定了增強脫碳過程的完全可能性及合理性, 在這種情形下, 證明了適宜地強化反應過程, 不僅鋼的品質沒有降低, 而且一般是顯著地提高了。

在偉大的衛國戰爭年間, 在煉鋼者的面前提出了許多重大的任務, 煉鋼的技術得到了非常的發展。在很短的時期內, 成功地解決了這些任務。就中, 首先是掌握了先前僅能在比較小的電爐內熔煉的許多貴重牌號的合金鋼已能在大容量 (150—200 噸) 的鹼性平爐內熔煉; 爲了節省煉鋼生鐵, 在鹼性及酸性平爐內應用了增碳廢鋼法, 但看不出降低了鋼的品質; 在鹼性電弧爐內熔煉合金鋼時, 用錳礦代替還缺乏的錳鐵; 利用最大量合金鋼的廢品進行熔煉及解決了其他許多任務等。

所有這些才可能成功地供給軍用工廠以高品質的金屬, 這些高品質的金屬是在前幾個五年計劃的歷史年代裏, 由斯大林同志發起創立的烏拉爾及東部地區的強有力冶金基地上熔煉出來的。

社會主義的工業化大大地改變了蘇聯的經濟地理情況, 特別是改變了冶金生產的分佈。當南部地區有一些縮減時, 中部地區, 特別是東

部地區則增長着。在鋼的總熔煉量中，東部地區的相對量在1913年為21%，而在1937年已為29%，生鐵方面在1913年為21%而在1937年為28%。

蘇聯的冶金工業光榮地受到了戰爭的嚴重考驗。雖然南部地區——規模最大冶金工廠地區——暫時為敵軍佔領過，但軍用工業金屬的供應仍年復一年地增長着，不停竭地供應了常勝的蘇軍以最優秀的及必需數量的軍器及裝備。

1946年二月九日斯大林同志在莫斯科的斯大林選區的選民大會上的演說內強調了冶金在粉碎野蠻德軍的作用：

“爲了打擊這樣的敵人——斯大林同志說——給敵人以反擊，然後使之遭受到完全的失敗……必需有足夠數量的這種基礎物質：金屬——用以生產軍器、軍需品及企業之設備……。”

滿足軍隊起碼需要的重要資源內（金屬、燃料、棉花、麵包），斯大林同志首先就提金屬。

斯大林同志繼續說：

“至於1940年，在我們國家裏要生產出一千五百萬噸生鐵，即差不多要比1913年大三倍，及一千八百三十萬噸鋼，即比1913年大三倍半。”

又說……“這就是蘇維埃能用來進行戰爭的經濟基礎。”

在戰後斯大林五年計劃的年代裏，蘇聯冶金事業的發展速度更快了。在三個新的五年計劃裏，蘇聯的冶金工作者將執行斯大林同志所提出的歷史任務“我們的工業每年能達到六千萬噸鋼”。



阿洛索夫 (П. П. АЛОСОВ)。

第一章 鋼的化學成分及主要雜質對鋼性能的影響

A. 鋼的化學成分

鋼是鐵和許多金屬及非金屬的合金。按照科學院士古德佐夫(Н. Т. Гудцов)的建議，所有鋼中的雜質可適當地分為下列四類：(1)固有的(常見的)；(2)潛藏的；(3)特殊的；(4)偶然的。

固有雜質在任何鋼的成分中都存在，在每次熔煉時都必需確定其化學分量。碳、矽、錳、磷及硫屬於此類雜質。

氧、氮及氫屬於潛藏雜質類，它們也是構成每種鋼的成分，但由於它們的化學分析很複雜，在尋常的鋼內，一般是不決定其化學分量的。

在近代的煉鋼法內，多於熔煉、出鋼或澆鑄的過程中，加入或多或少的鋁，而部分的鋁，即遺留的鋼中。由於鋁的化學分析很複雜，每次熔煉的鋼內都沒有進行鋁的分析。因此，這樣遺留的鋁一般是屬於潛藏雜質類。

在近代的機器製造，及其他工業部門內特殊鋼得到了廣大的應用，在這些鋼內除了固有的雜質與潛藏雜質之外，尚含有為了使鋼獲得特殊性能——很高的強度、韌性、抗腐性(生鏽)、耐熱性及特殊的電磁性等——而加入的特殊雜質。

在特殊雜質內，主要者為鉻、鎳、鉬、鎢、鈮、銅及鈷。最近開始在鋼中加入鈦、鋯、硼、鋁、鉍、銻、鉛及某些其他金屬。

假如鋼中的固有雜質量超過尋常量時，則它也有特殊雜質的作用。例如，矽量尋常不超過 0.40—0.45%，錳量不超過 1.0%，因此假如鋼中的矽及錳量大於上述值時，則應認為是特殊雜質。同樣，假如鋼中的磷及硫超過 0.1%，亦應認為是特殊雜質。

因此，在含錳為 12—14% 的錳鋼 Г13 內，錳是特殊雜質。在含矽 1.1—1.4% 及錳 1.1—1.4% 的矽錳鋼 27CT 內，矽及錳是特殊雜質。在含磷 0.08—0.15% 及硫 0.08—0.20%（有時達到 0.3—0.4%）的易削鋼內，磷及硫是特殊雜質。（易削鋼是用來製造可為自動機床加工的小零件，磷及硫量的升高增加了鋼的脆性及提高機床的切削能力。）

偶然或“被迫”落入爐料內，因而進入鋼中的元素屬於偶然雜質類。銅、鉻、鎳、鉬、及進入鋼中的其他元素的殘餘量均屬於此類，僅僅是因為它們存在於應用的爐料內，且在熔煉過程中，除去它們的方法或受到限制（鉻、鎢）或根本不可能除去它們（鎳、鉬及銅）。

如烏拉爾的某些礦石含有少量的銅、鎳及鉻。利用這些礦石熔煉的生鐵，我們可以獲得不同程度的含鉻、鎳及銅的鋼。大規模機械製造中心（列寧格勒，莫斯科，斯維爾德洛夫斯克等）所生產的鋼鐵廢料內差不多常常含有某些量的鎳、鉻，有時尚有鉬。當利用這種鋼的廢品熔煉時，鋼中將多少含有這些元素。

在許多情形下，鋼中這些殘餘鉻、鎳、銅及鉬量的最高範圍，應受嚴格地限制。一般殘留鉻的許可量為 0.4 或 0.3%；而間或有為 0.20 及 0.10% 者。殘留鎳的許可量為 0.30，間或有為 0.20% 者，殘留鉬的許可量為 0.08%。

有時在鋼中遇着的砷，應視為偶然雜質。它是由克爾琴礦石進入生鐵內的，然後存於鋼中。假如裝料內有有色合金（黃銅、青銅等）或鍍鋅或鍍錫鐵存在，則進入鋼中的鋅、錫及鉛也認為是偶然雜質。

煉鋼者應熟知固有的及最主要的特殊雜質對鋼性能的影響。這樣就可能按照鋼的成分近似地估計它的性能。

B. 雜質對鋼性能的影響

1. 碳的影響

在極大程度上，碳幾乎是決定鋼性能的主要雜質。在熔煉過程中

可能獲得碳量圍範很寬的鋼，從極低碳量的工業純鐵(0.02—0.03%)到1.3—1.4% C 的特殊工具鋼。

碳對鋼性能的主要影響是在於隨碳量之增加，鋼的硬度及強度增加，同時其可塑性顯著降低；因此，除使鋼具有強度及硬度外，同時碳又增加了鋼的脆性(圖1)。

爲了說明碳對鋼的這種影響，必需簡短地提到鐵本身的性質。

1868年著名的俄國冶金學者捷爾諾夫(Д. К. Чернов)首先證明，鐵加熱到900°C時，其性質發生變化——能接受淬火。鐵狀態的這種變化是由於它的結晶構造重新改變。此現象(其他元素亦遇着)稱爲多體化。

現在將下列的符號代表鐵的各種狀態(同素異形體)。

a) 在常溫下及加熱

至900°C左右時，鐵爲 α 狀態； α -鐵有磁性(α -鐵在770°C上者無磁性)，實際上它是不溶解碳的(比較正確的說，在720°C時可溶解小於0.03%的碳，在常溫下可溶解小於0.008%的碳)；由 α -鐵(其內尚有溶解的雜質)組成的鋼的構造成分稱爲肥粒鐵。

б) 當溫度在900°C以上時鐵轉變成 γ 狀態，它失去了磁性，能溶解達1.7%的C(碳在 γ -鐵內的非磁性固溶體稱爲沃斯田，它是許多種

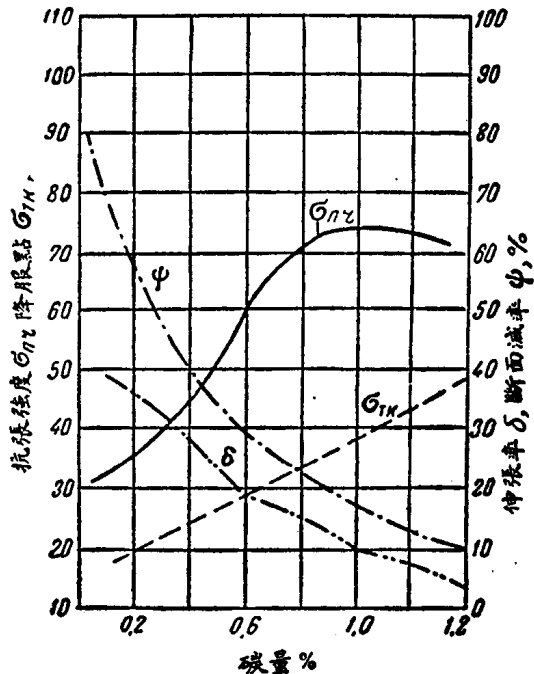


圖1 碳對軋製平爐鋼的機械性能的影響： $\sigma_{тн}$ —抗張強度； $\sigma_{н}$ —降伏點； δ —伸長率； ψ —斷面減率。

鋼的重要構造成分)。

B) 在溫度 $1401—1528^{\circ}\text{C}$ 時,鐵轉變為很少被研究過的 δ 狀態,按其性質,它接近於肥粒鐵。冷卻時, γ 鐵變為 α 鐵的相反轉變是在很低的溫度 $740—760^{\circ}\text{C}$ 下進行的。

當鋼內有特殊雜質存在時,鐵的轉變點能強烈地變動。

因為碳易溶於液體鐵及 γ 鐵中,但在 α 鐵中則幾不溶解,所以當鋼冷卻時(由 γ 鐵轉變為 α 鐵),碳以碳化鐵的形式自固溶體中析出。因此,常溫下鋼中的碳是以這種具有高硬度的碳化鐵 Fe_3C (所謂雪明碳)存在的。

在平爐及電爐內(所謂氧化熔煉)熔煉鋼時,碳的反應是決定熔煉的過程及鋼品質的主要元素。因此從煉鋼者的觀點而言,碳是鋼中的主要雜質。

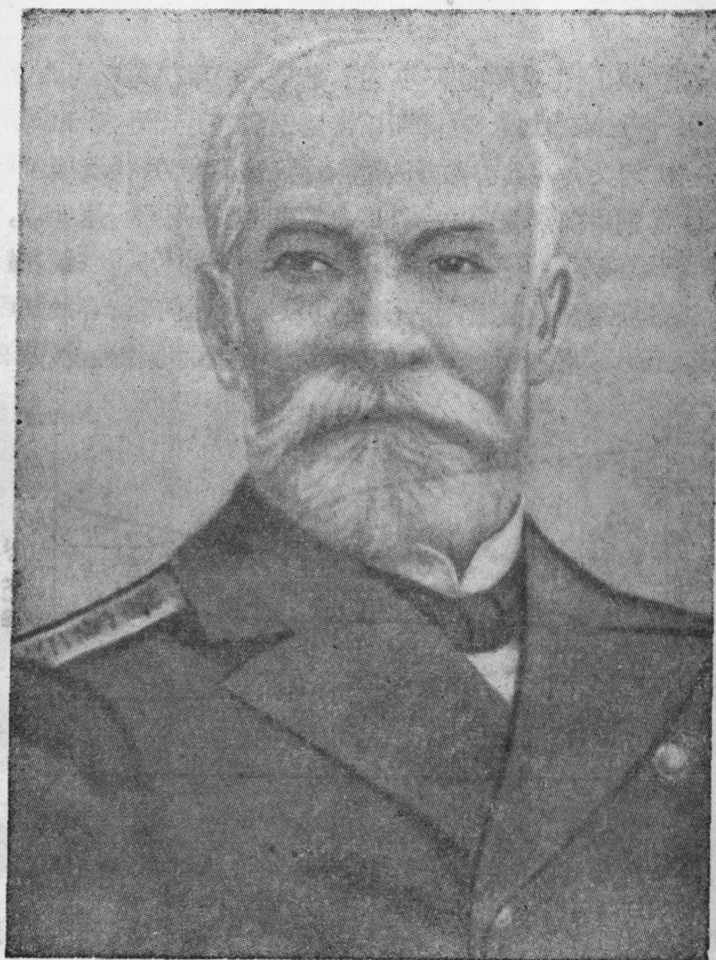
2. 錳的影響

錳是鋼中一個最重要的固有雜質。錳在脫氧方面有很大的作用,無論用什麼方法熔煉的鋼,經常是用錳做脫氧劑。並外,錳是生鐵中的固有雜質,因為高爐的配料內利用了它的化合物(錳礦、平爐渣)。因此錳在任何鋼中出現。

鋼中錳量的變化範圍一般為 0.02 (工具鋼) 到 $0.8—1.0\%$ 。當其量高於 1.0% 時,錳變成特殊雜質,而鋼則稱為特殊鋼即錳鋼。

錳顯著地影響鋼的淬火能力,隨錳量的增加,鋼的淬火度提高。其次錳在顯著的程度上減少了硫對鋼的有害作用(參看第四章)。

錳對鋼的機械性能也有影響——硬度、抗張強度 σ_{HT} (公斤/平方公厘) 及降伏點 σ_{TK} (公斤/平方公厘) 增加; 鋼可塑性的指標——斷面減率 $\psi(\%)$ 、伸長率 $\delta(\%)$ 、衝擊值 α_K (公斤,公尺/平方公分) 降低,而且鋼中的碳量愈高。則此種性能之變化愈顯著。因此,含相當高碳量(工具鋼等)的鋼比含碳量更低的鋼只允許有較少的錳量(很少大於



捷爾諾夫 (Д.К. Чернов)

0.4—0.5%)。

當碳量低於 1.0% 時，錳對鋼的銲接性沒有顯著的影響。

3. 矽的影響

矽是鋼中比錳更重要的固有雜質，也是強的脫氧劑；因此，差不多在每種鋼的熔煉時均加入矽（除所謂沸騰鋼而外）。此外，矽和氮形成穩固的化合物，因此，矽具有結合液體鋼中氣體的能力（得着緻密無氣泡的鋼錠）。當鋼中的氣體和矽結合時（或相似此作用的其他元素，例如鋁或鈣），這種鋼稱為全脫氧鋼，它不同於沸騰鋼的是，沸騰鋼在鋼錠模內凝固時，部分氣體被放出，而一部分則以氣泡的形式留存於鋼中。

和錳相似，矽增加鋼的淬火感應性及影響鋼的機械性能（圖 2）。

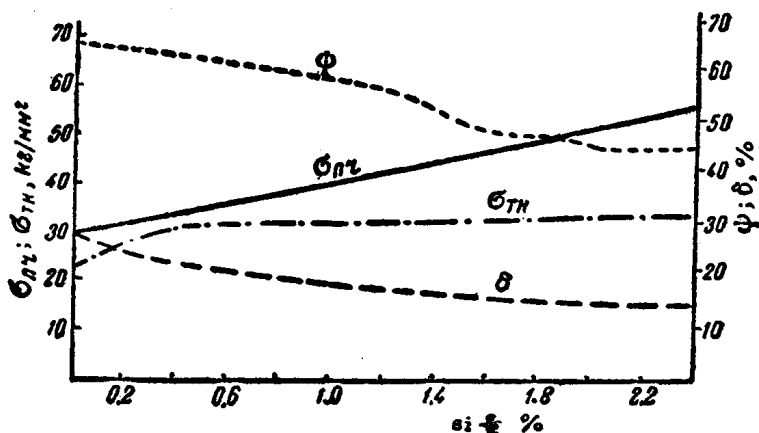


圖 2 矽對軟鋼機械性能的影響（軟鋼含碳 0.1%）（圖中符號參看圖 1）。

爲了脫氧（參看第四章），可於鋼中加入 0.25—0.35% 的矽，此足以結合正常熔煉鋼中的大量氣體。

因此，固有雜質的矽在全脫氧鋼中的存在量不大於 0.4%。假如鋼中的矽量大於 0.5%，則應視為特殊鋼，即矽鋼。

在尋常的含 Si 量下，對鋼的銲接性沒有顯著的影響。