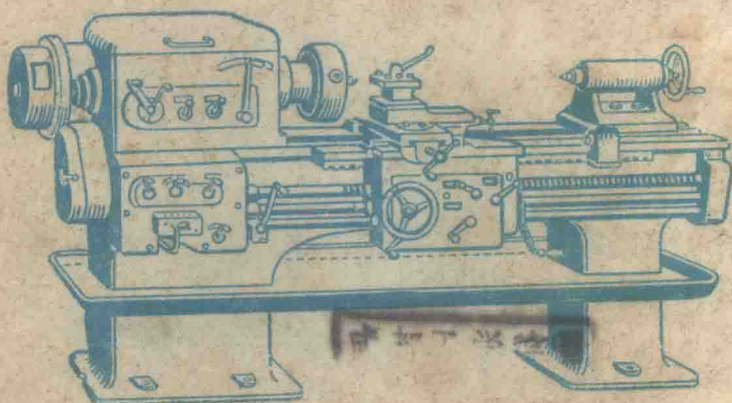


机器学入门

齐杰烈夫 尼基京等著



科学技术出版社

本書提要

本書通俗地敘述了有關機器製造方面的基本知識。通過本書可以使讀者對機器製造的材料，各種加工方法，零件的連接，機器的結構及其運轉等方面有一個比較具體的概念。同時本書還運用簡單的物理學及數學知識，對機器中的作用，機器中的摩擦，機器的效率、平衡等，作了比較詳細的敘述。此外，本書還簡要地介紹了有關金屬切削過程，機床，刀具，以及機器製造工藝的知識。

РУКОВОДСТВО ПО МАШИНОВЕДЕНИЮ

часть I

М. А. ЖИДЕЛЕВ

Б. П. НИКИТИН

В. П. БЕСПАЛЬКО

“УЧПЕДГИЗ”

1958

機器學入門

М. А. 齊杰列夫等著 黃梁譯

科學技術出版社出版

(北京市西直門外柳條胡同)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091號

北京五三五工廠印刷

新華書店科技發行所發行 各地新華書店經售

開本: $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印張: $7 \frac{5}{8}$ 字數: 145,000

1960年3月第1版 1960年3月第1次印刷

印數: (精裝) 15,060

總號: 1485 統一書號: 15051·310

定價: (9) 1元3角

目次

緒論	1
第一章 机械制造材料的一般知識	3
§ 1. 生鐵	4
§ 2. 鋼	6
§ 3. 鋼的牌号	10
§ 4. 有色金屬	11
§ 5. 有色金屬的合金	14
§ 6. 非金屬材料	16
第二章 金屬的性能及其測定的方法	20
§ 7. 金屬的基本性能	20
§ 8. 机械性能試驗	21
§ 9. 金屬的試驗	26
§ 10. 金屬的热处理	27
§ 11. 金屬的防腐	30
第三章 金屬的鑄造加工和压力加工	32
§ 12. 鑄型的制造	34
§ 13. 鑄件的获得	36
§ 14. 特种鑄造方法	38
§ 15. 鍛造	38
§ 16. 模鍛	41
§ 17. 軋制和拉絲	43
第四章 金屬的焊接和銲焊	48
§ 18. 电弧焊和金屬切割	48
§ 19. 接触电焊	51
§ 20. 气焊和气割	52
§ 21. 金屬的銲焊	55
第五章 机械零件及其連接	57
§ 22. 螺紋連接	58
§ 23. 鍵連接和多槽連接	65
§ 24. 鉚接和焊接	67
§ 25. 軸和心軸	69
§ 26. 軸承	72
§ 27. 联軸器	76
§ 28. 齿輪	79
第六章 机构的結構和运轉	86
§ 29. 运动构件、运动副 及运动鏈	86
§ 30. 机构的一般特性	89
§ 31. 作用在机构中的力	92
§ 32. 机构的有效系数	93

第七章 旋轉运动的传动机构	96
§ 33. 皮带传动	96
§ 34. 摩擦传动	101
§ 35. 齿輪传动	104
§ 36. 齿輪传动的应用	108
§ 37. 蝸輪传动	111
§ 38. 鏈传动	113
第八章 运动的变换机构	121
§ 39. 螺旋机构	121
§ 40. 曲柄-連杆机构	125
§ 41. 偏心机构和搖杆机构	126
§ 42. 凸輪机构	130
§ 43. 特殊机构	132
第九章 机器的结构和运转	138
§ 44. 机器的一般特性	138
§ 45. 作用在机器中的力	141
§ 46. 机器中的摩擦	142
§ 47. 机器的效率	147
§ 48. 应用在机器中的能量守恒 和交换定律	148
§ 49. 机器的平衡	150
§ 50. 机器的調节	152
§ 51. 机器稳定性的概念	154
第十章 机器的几种类型	158
§ 52. 鍛锤和压力机	158
§ 53. 起重-运输机器	162
§ 54. 运输的机器	167
§ 55. 筑路的机器	168
第十一章 金属切削机床	171
§ 56. 車床	171
§ 57. 銑床	182
§ 58. 其它类型的金属切削机床	186
第十二章 金属切削加工	195
§ 59. 切削过程与刀具的要素	195
§ 60. 切削刀具的性能	197
§ 61. 切削理論的要素	201
§ 62. 机床的工作夾具	205
§ 63. 車床上加工的实例	210
第十三章 金属制品的制造	218
§ 64. 工艺过程	218
§ 65. 互换性. 公差和配合	220
§ 66. 表面的加工光潔度	224
§ 67. 技术測量	224
§ 68. 設計的例子	230

緒論

机械制造是我們国家国民經济的一个主要部門，是我国工业化的基础；机械制造厂向許多工厂、农业和运输部門、陆軍和海軍供应机器、机床和工具。利用机器和工具可以制造汽車和海船、建造房屋和制造飞机，开采煤礦和石油，制做衣服和食品。

具有强大技术设备的現代工业是長時間历史發展过程的结果，这个历史过程早在人們开始建造劳动工具的时候就开始了。起初这些工具只是一些極簡單的石質工具：刀、矛、斧。这些工具后来就漸漸地复杂，漸漸地完善了。随着出現了一些金屬做成的工具和很簡單的机构：斧，鋤，輪子，杠杆。由于人們一發現新的金屬，就要使用它来为自己服务，所以整个人类的历史时期按照金屬的名称而被称为：“銅器时代”，“鉄器时代”。第一台机器——原动机的建成是一个很大的成就，它已經不是用人的手，而是用自然的力量来开动的。这类原动机有水磨和風磨。

蒸汽机的發明使人类的劳动生产率大大地提高了。建造了紡紗机和織布机，建造了木材和金屬加工用的机床。

在十九世紀末，出現了电机和內燃机，因而有可能制造强大的工作机器，机床和起重机，蒸汽機車和汽船。技术越来越高的速度的發展，人类掌握自然力量的越来越强大的力量，获得了二十世紀的巨大成就：建造强大的电力站，起初制造螺旋桨式飞机，然后又制造噴气式的飞机，最后終於导致了人类智慧的最偉大的發現——利用原子能。

在我們的国家里，技术的發展获得了特別广泛的可能性。社会主义制度保証国民經济的所有部門，特別是作为生产基础的重工业有計劃的發展和不断的迅速增長。

机器的应用給改善劳动人民的生活和減輕他們的劳动带来了最广泛的可能性。在我們国家里，不論在工业上，或在农业上都不斷地在增加机器的应用，以代替繁重的和沉重的工作。在矿工的劳动中，已經用联合采煤机来代替風鎬，拖拉机減輕了农民的繁重劳动，手工的体力劳动越来越广泛地向利用机器过渡。現在已經很少能碰到沒有应用机器的劳动过程。在任何工厂里，在建筑工地上和集体农庄中，在运输部門和日常生活里，我們到处都看得見电动机，机械和机器。因此不熟悉机器的结构原理，制造和应用，对苏联人来说是很难以想像的。

机器是用金屬、木材、塑料及其它材料制成的。金屬及其合金是制造机器的基本材料，因此懂得它們的性能和加工的方法是完全必要的。而对如何按照材料的加工来制造工具和机器，如何掌握它們的使用規程，都必須有所了解。

虽然机器的种类非常繁多，但是它們不过都是不很多的机构的不同組合，这些机构的基本元件为：主軸、心軸、輪子、杠杆、軸承等等，这些元件称为机械零件。

机器是机构的組合。研究机构和机器用途，結構和运轉的科学，叫做机器学。它是以数学、力学、物理学的定律作为基础的。研究机器学学理可以帮助中学畢業的学生很快地成为工厂的骨干工人，并参加生产过程的进一步改进工作，成为为工业技术进步而奋斗的積極战士。

第一章 机械制造材料的一般知識

所有的物質都是由化学元素組成。元素总共有一百多种，其中有几十种叫做金屬，它們具有某些共同的性能。金屬的性能中最突出的是金屬的光澤，导电性和导热性，較大的比重。有一些金屬具有高的强度，可鍛性，彈性和硬度。

純金屬在工程技术方面很少应用，因為它們所具有的性能不能滿足生产的需要，此外，純金屬也不容易得到。在生产中經常应用各种金屬的合金，这些合金在目前已有一千多种。

合金具有各种所需的綜合性能。有一些具有很高的强度（鋼）——用这样合金制造机械零件，另一种具有很高的硬度（硬質合金）——通常用来制造切削刀具（車刀、銑刀、鑽），还有一种除了大的强度外，同时还具有較小的比重（鋁和鎂的合金），因此在航空、电动机制造和日常生活等方面得到广泛的应用。

所有的金屬可以分为两大类：黑色金屬和有色金屬。

鉄（Fe）和碳（C）的合金——鑄鉄和各种牌号的鋼称为黑色金屬。其中含鉄量为 95—99.8%，含碳量为 0.2—4.3%。在黑色金屬的成分中还含有一些其它的元素：硅、磷、硫。黑色金屬是用来制造机器的最普遍，最便宜的材料。黑色金屬的生产水平是一个国家的国民經济的發展，国家的經济和国防力量的重要标志。在 1960 年，第六个五年計劃的末期，我国每年将煉出近七千万吨鋼，即差不多是革命前的俄国的二十倍。按黑色金屬的生产水平，苏联占世界第二位，并且接近于資本主义首席国家——美国。

鋁、銅、鉛、錫、鋅、鎂、鉻、鎳、鎢等都是屬於有色金屬。有色金屬在自然界是很少碰到的，开采它們也比較困难，因此它們比黑色金屬昂貴。但是它們具有一系列黑色金屬所沒有的优越性

能。例如銅和鋁具有良好的导电导热性，因而成为电气工业中制造导线的几乎唯一的材料。鉻和鎳在空气中差不多不被氧化因而可以作为可靠的防腐蚀（生銹）材料。在鋼和其它金屬的制品上面鍍上了这些金屬（鍍鉻、鍍鎳），或者在鋼的成分中加一点这种金屬，它就可以不受腐蚀了。

§1. 生 鉄

生鉄是含有大量碳（3—4%）的鉄碳合金，其中还含有硅、錳、磷、硫等杂质。和鉄（ $1,540^{\circ}\text{C}$ ）比較，生鉄可以在較低的温度（ $1,100—1,200^{\circ}\text{C}$ ）下熔化，而且由于它本身具有流动性，它还可以很好地在模型中鑄造。

生鉄是用鉄矿在煉鉄爐中熔煉而成的。生产生鉄的原料是鉄矿，焦炭（燃料）和熔剂（促进熔煉过程和分离不含鉄矿的岩層用的材料）。

純粹的鉄在自然界中是碰不到的。鉄矿是一种其中混有其它元素的鉄和氧的化合物（氧化物）。冶煉生鉄是利用含鉄30—70%的富矿——磁鉄矿，赤鉄矿和褐鉄矿。

在熔煉前，把鉄矿在磨碎机中磨成細小的碎塊。然后用水把它洗淨，使不含鉄矿的岩層分离出来。为了除去矿中的水分、硫磺和二氧化碳，可以把它燒一下。細小的碎塊鉄矿燒結成長方形的条料（矿团）。这些熔煉准备过程称为选矿，也就是提高鉄的含量和排除廢石。有时候应用磁选矿，这时含鉄的微粒可用强力的电磁鉄把它們从廢石中分离出来。

焦炭是煉鉄的燃料。焦炭是石煤在空气不足下燒煉而成的。在燒煉时，从煤中把有机化合物分离出来，而剩下的几乎是多孔而帶灰色的純粹的炭塊。焦炭具有很高的热值（近7,000仟卡/公斤）；在燃燒时能發生很高的温度（ $1,750^{\circ}\text{C}$ ）。

熔剂是煉鉄所用的第三种原料。熔剂跟不含鉄矿的岩層和从生鉄中分离出来并浮在上面的燃料灰（爐渣）結成一种易熔的化合物。

煉鐵多半是用石灰石作熔剂的。

高爐(圖1)是一种高为30—50米的垂直結構,其里面砌有耐火磚(耐火泥)。在爐里面充滿着爐料,即帶有一定比例的焦炭、鉄矿和熔剂,这些爐料是通过进料器(3)而进入爐子的頂部,这部分称为爐喉。

在开爐时,爐内产生了具有高热值約1,000仟卡/公斤的高爐煤气,用它来作燃料。气喉(2)是用来排出高爐煤气的。

爐膛具有圓錐形的截面,并向下面扩大,这样可使爐料在熔煉时容易落下来。温度达 800°C 的热空气在1.5个大气压力下,經過專門的孔道——風嘴吹入爐中。生鉄便在被称为爐腰(圖1)的爐子中部形成,并落到煉鉄爐的底部。生鉄随时可以經過出鉄口(1)从爐中放出,而注到專門的盛鉄桶中或倒注在澆鑄場上的模型中(生鉄塊)。浮在生鉄上面的爐渣是經過第二个出口(5)放出。它可以用来作为建筑材料。在高爐車間的布置圖(圖2)中已示出高爐工作过程中原料的配置和运送路綫。

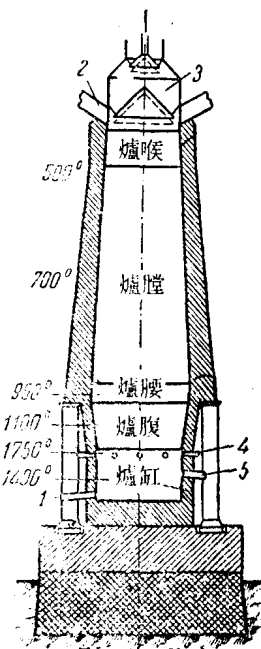


圖1 高爐的断面

生鉄分为灰生鉄(鑄造鑄鉄),白生鉄(煉鋼生鉄)和可鍛鑄鉄。

1—出鉄口; 2—气喉; 3—进料器; 4—風嘴; 5—出渣口

灰生鉄的断面具有深灰色粗粒的結構。它容易用切削刀具来加工。机床和机器的底座,管子和其它制品都可用灰生鉄。灰生鉄的主要缺点是太脆和焊接性差;它不适宜于制造受冲击,拉伸和弯曲的零件。

白生鉄的断面具有白色。因为它具有很高的硬度,所以很难用切削刀具来加工。白生鉄主要是用在鋼和可鍛鑄鉄的精煉方面。

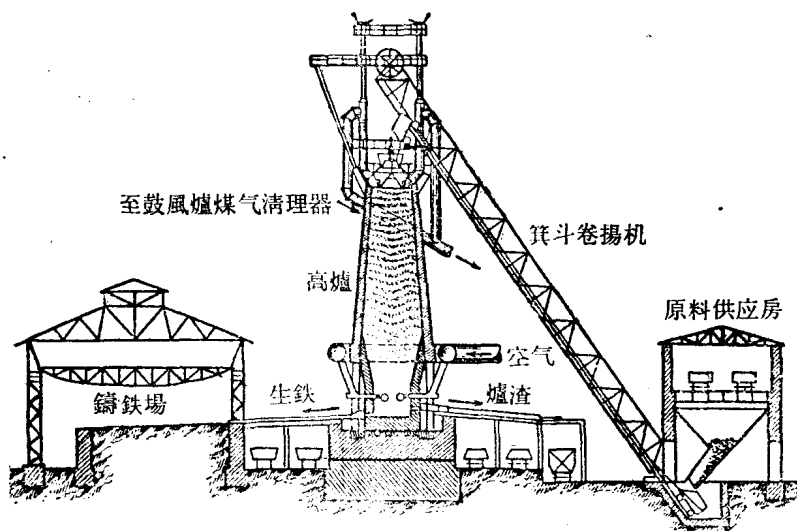


圖 2 高爐車間布置圖

可鍛鑄鐵是由白生鐵經過專門的退火而得到的，經過專門的退火可以改變它的結構和提高它的可塑性。和灰生鐵一樣，它也是不能鍛打的，而“可鍛”兩字只是表示：它在機械性能上是處在灰生鐵和鑄鋼之間的中間狀態。可鍛鑄鐵在機械製造和汽車拖拉機工業上（汽車、拖拉機的后橋）有着廣泛的應用。

§2. 鋼

鋼是鐵和碳的合金，其中含碳約 1.7—2.0%。鋼的機械性能使它可以鍛打、軋制、淬火、焊接和切削加工。

鋼是在平爐、轉爐和電爐中將煉鋼生鐵溶化，并用熱空氣通過液態生鐵，把炭份加以燒煉而成的。同時在燃燒時，空氣中的氧氣還使碳和生鐵中的其它混合物氧化。

平爐（圖 3）是由爐底（1），爐拱（2），爐鏟（3）和爐頭（4 和 5）組成；煉鋼生鐵和黑色金屬的廢鋼是經裝料口（9）裝入爐底，而爐頭是用孔道（8）跟再生爐（6 和 7）連系起來。

在再生爐中把煤气和空气进行預热，使爐中得到 $1,700^{\circ}\text{C}$ 的温度。再生爐（6 和 7）是輪流地工作的。一个爐子（7）是用从爐中出来的煤气来加热，另一个（6）把热量轉遞給进入爐中的煤气和空气。每經 10—15 分鐘將汽門变动一次，使它們的作用对換过来。平爐煉鋼有两种方法：矿石法和廢料熔煉法。

矿石法应用在有高爐情况下。直接把从盛鉄桶中来的液态生鉄，廢鋼和矿石（10%）的混合物裝滿平爐，燃料可以用高爐煤气和煉焦煤气或石油的廢品的混合物。

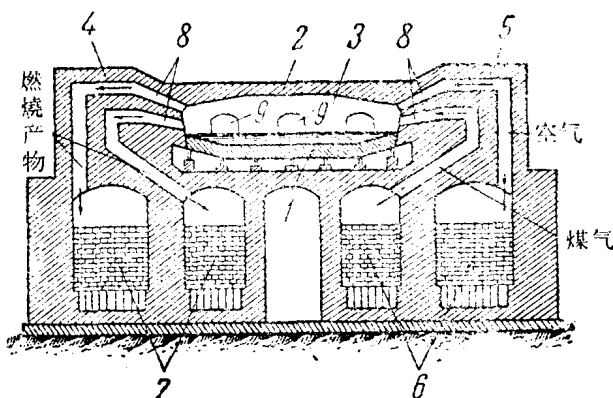


圖 3 平 爐

1—爐底；2—爐拱；3—爐牆；4 和 5—爐頭；
6 和 7—再生爐；8—孔道；9—裝料口

在被称为碎屑的金屬廢料(切屑、廢鋼等)重行熔化的情况下，可应用廢料熔煉法。它是在生鉄塊的爐料中添加大量廢料。

在平爐中可以冶煉普通鋼和优質鋼。冶煉時間要延續 6—8 小时。

轉爐法。轉爐（圖 4）是內部砌有耐火磚的鋼容器。容器在樞軸（1、2）上迴轉，并可靠齒輪（3）和由活塞（5）帶動的齒條（4）來使它傾斜。空气在約 2 个大气压的压力下被吹入容器的孔道內（6）。为了澆鑄已熔化的生鉄，可把轉爐傾斜过去，然后

鼓風，再把轉爐迴轉到垂直的位置。因为空气貫穿着所有的液态金屬，所以混合物的燃燒进行得很劇烈和很迅速。經過了 4—5 分鐘，

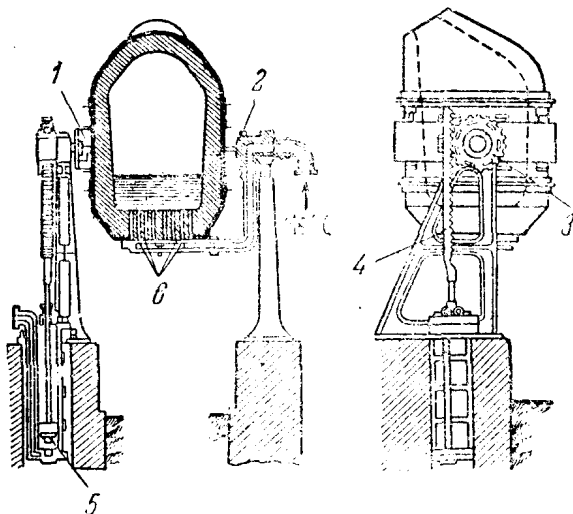


圖 4 轉 爐

1 和 2—軛軸；3—齒輪；4—齒條；5—活塞；6—容器孔道

被氧化的雜質就变成了爐渣，并且从轉爐中發出声响并开始冒出鮮艳的火焰，这就意味着碳已經开始燃燒了。然后火焰减小，声音也平息了，并从燃熾的生鉄中出現褐色的烟。这就意味着熔煉过程的結束。于是，可在鋼中加入鉄合金（帶有大量硅或錳的化合物的生鉄），并把它澆鑄到鑄錠模（模型）中去。整个冶煉周期要延續 30—40 分鐘。轉爐法成本低而效率高，但煉成的鋼的質量較平爐差，这是由于快速流程使冶煉过程不能十分完善地加以調节的緣故。

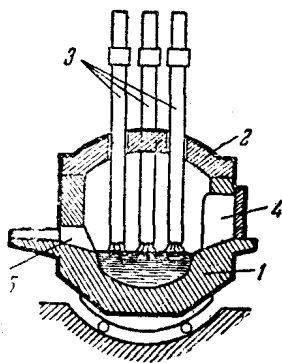


圖 5 电 弧 爐

电爐（电弧爐和电感爐）是用来冶煉優質鋼的。电弧爐（圖 5）是一个里面砌有

1—耐火材料；2—爐拱；3—碳精電極；4—裝料口；5—槽

耐火材料（1）的鋼的壳体。通过爐拱（2）穿入三根垂直調節电弧的碳精电極或石墨电極（3）。爐料是通过装料口（4）装入的，而煉好的鋼則由槽（5）放出。

在电極和金屬間形成的电弧的温度可达 $3,500^{\circ}\text{C}$ ，因此，可使冶煉进行得很快。电爐要耗費大量电能，但在冶煉过程中，金屬是不和热的煤气及热空气接触，因而可以获得很高的質量。

冶煉好的鋼用起重机吊到澆鑄的地方，注入鑄罐之中（圖6）。鋼水放出以后，用由手柄（3）移动的耐火栓（1）将生鉄口（2）关闭。

鋼水是注入生鉄制成的鑄錠模（圖7）中来鑄制鋼錠，这个模子具有圓錐的形状，以便于拔出鋼錠。

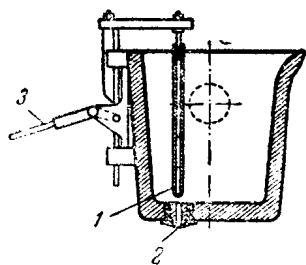


圖6 鑄 罐

1—耐火栓；2—出鉄口；3—手柄

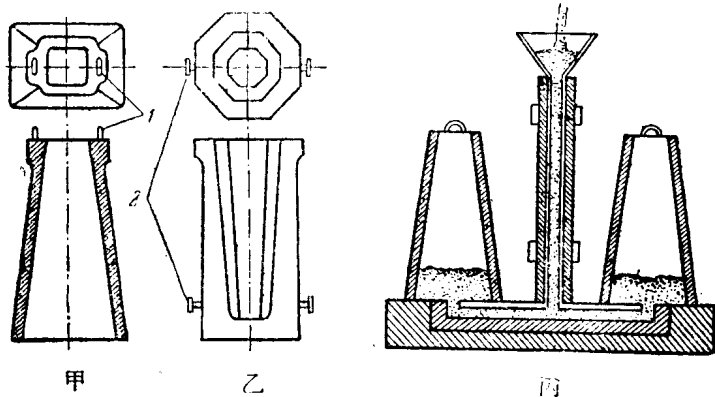


圖7 鑄 錠 模

甲—往下面澆鑄的鑄錠模；乙—往上面澆鑄的鑄錠模；丙—往下面澆鑄鑄錠模的圖解

鑄錠模的耳柄（1）或吊包軸（2）是作为鋼凝結后吊起模子用的。鋼錠往往还是在热的状态下被送到軋鋼車間，以軋制各种型钢。

§3. 鋼的牌号 ✓

鋼的种类决定于鋼中存在的碳和其它雜質的分量。鋼分为結構鋼(含0.7%C)和工具鋼(含C大于0.7%)。

結構鋼又分为碳鋼和合金鋼。碳鋼还分为普通碳鋼和优質碳鋼。

普通碳鋼是用牌号 CT.0, CT.1, CT.2,CT.6 来表示。这些鋼中含碳量很少,因而具有柔軟性,可塑性和低的强度。这类鋼可用来制造鎖、門的把手、小鉤、窗环和門环、鉚釘及其它不重要的零件。

优質碳鋼是用牌号 CT.10, CT.15, CT.20, CT.60 来表示。在这些鋼中, 碳的含量是以百分之零点几来表示。例如牌号 CT.50 的鋼, 就表示鋼中碳的含量平均为 0.5%。优質碳鋼可用来制造机器的零件。

含碳从 0.7% 到 1.7% 的鋼称为工具鋼, 由于它本身的硬度很高, 这种鋼都是被用来制造工具的。工具鋼分为碳工具鋼: y7, y8, y9, y10, y12, y13 和优質工具鋼: y7A, y8A,y13A。在工具鋼的牌号中, 字母 y 表示碳, 数字表示百分之零点几的含碳量, 字母 A 表示优質鋼。

鉗工和鍛工工具都是用工具鋼来制造的。对承受冲击和碰撞的工具, 常用含碳量少的工具鋼, 因为它们們的韌性大而脆性較低。例如 y7A 鋼用来制造凿, 洋鉋, 冲子, 螺絲刀等。制造銼刀, 鑽, 絲錐, 刮刀則用 y12, y12A, y13, y13A 等鋼材。

增加碳鋼的含碳量不仅可增大它的强度和硬度, 而且还大大地减小它的可塑性和韌性, 使它变成很脆。用碳鋼制成的切削刀具, 在加热到 180° 以上时, 硬度便开始消失。因此, 机器和刀具的重要部分是用加热到很高的温度仍能保持它本身的硬度的合金鋼来制造。合金鋼除了鉄和碳以外, 还含有改善它的質量的其它化学元素。合金鋼的牌号跟其化学成分有关。例如牌号 30×H2 表示含碳 0.3%, 含鉻約 1% 和含鎳 2% 的鉻鎳鋼。两位数字表示百分之零

点零几的含碳量，字母表示合金元素：X——鉻，H——鎳，B——鎢，M——鉬，Γ——錳，C——矽。如果合金元素的含量超过1%，則在标志字母的后面注上一个数字，以表示这个元素量的百分数。

鉻可以改善鋼的耐磨性，而增加鋼中的含碳量，可使它的硬度增加。鉻鋼广泛地应用在航空和汽車工业上来制造齿輪，滾珠軸承，曲軸。

鎳可以提高鋼的强度，韧性和硬度，而同时不降低鋼的塑性。鎳鉻鋼可用来制造承受大負荷的零件（汽車发动机的連杆，活塞銷）。

鎢可使鋼的硬度增加，并使它在加热时的强度提高（刀具，絲錐）。

合金工具鋼主要是用来制造金屬压力加工用的模型和各种切削刀具。制造車刀和刨刀，鑽和銑刀則应用高速鋼，这种鋼含有大量的鎢（18%），因此，它在加热到 600°C 温度时也不会失去它本身的硬度。

§4. 有色金屬 ✓

在有色金屬中，最普遍的是鋁、銅、鉛、錫、鋅、鎳、鎂、鎢。有色金屬的应用正在不断地增長。

有色金屬的矿石，除鋁以外，所含的純金屬量都很貧乏，仅含1—5%左右。因此，必須对它們进行选矿，也就是說必須清除矿中的廢石，从而提高矿中金屬的濃度。

鋁是自然界中最普遍的金屬，在地壳中它的含量有7%之多。但純粹的鋁是碰不到的，它是从矾土、明矾石、瓷土等各种矿石中取得。首先从这些矿石中分离出鋁矾土，用电解的方法把它分解，最后可得到純粹的鋁。采鋁需要大量的电能，因此，鋁只有在建成强大的發電站之后才开始大量的生产。

从鋁矾土中提制鋁是在电解槽（圖8）中进行的，电解槽是一个里面砌有耐火磚（3）的鋼壳。用碳精板（2）做为阴極，上面

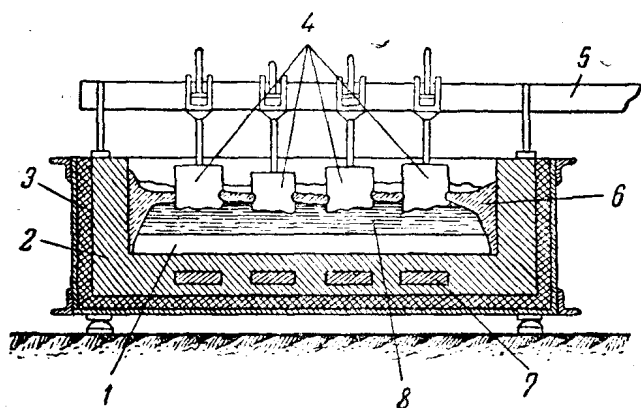


图 8 获得铝的电解槽

1—熔化的铝；2—碳精板；3—耐火砖；4—碳块；5—匯流排；6—外皮；
7—匯流排；8—电解液

接有匯流排（7）。阳極做成碳塊（4）形状，悬挂在匯流排（5）上。在温度为 950°C 的电解液（8）的上面布滿凝結的外皮（6）。熔化状态的铝（1）聚集在电解槽的底部——阴極上，而在阳極上有氧分离出来。

純鋁是軟柔的銀白色金屬，比重很輕（ 2.7 克/厘米^3 ），并且具有良好的导电性能。这个性能使它可以用来制造導綫，以代替近年来制造電綫的唯一材料的很重的金屬銅。

在鋁中熔入总含量不超过 6—8% 的銅，鎂，錳及其它金屬，便可以形成一种硬而堅固的合金，称为杜拉鋁。杜拉鋁由于它本身輕，常常在生产中用它来代替鋼。它广泛地应用在飞机制造和發動机制造上。

純銅是一种微紅色的重金屬（比重 8.9 克/厘米^3 ）。它具有良好的导热性和导电性。銅的熔点为 $1,083^{\circ}\text{C}$ 。銅可以用来制造導綫、發电机的繞組，电动机和电器的繞組，以及制造銅合金——黃銅和青銅。

从矿石中提煉銅是很复杂的。在銅矿中除含銅外，往往还含有

其它的金屬，因而需要在專門的磨中将它磨碎，并进行选矿，也就是除去廢石。再将所得到的銅精矿放在爐中焙燒，以除去雜質，然后在反射爐中冶煉。将中間产物——“冰銅”在熔化的情況下注入轉爐中，在那里吹以空气，以便将其中的鉄和硫除去。在轉爐中得到的粗銅約含2%的雜質，因此須加以电解处理。只有在处理之后，銅才成为純粹的而且具有可塑性，以使用来制造電綫。

鉛是淡灰色的重金屬（比重 11.94 克/厘米^3 ）。它很柔軟，易于切削，并且在新切开的断面上帶有精美的銀色光澤。經過一些时候，新切开的断面就布有一層深灰色的氧化層，可防止它繼續氧化。因此，電話電綫和電綫可装在鉛制的外壳中。鉛容易熔化（ $t_{\text{熔}} = 327^\circ\text{C}$ ），因此用它来制造保險器（易熔塞，保險絲，管狀保險器）。蓄電池的極板和猎彈也是由鉛制成的。在焊接制品和導綫的焊料中，制造軸承用的巴比合金和許多其它的合金中，鉛也是一种組成的部分。

錫是一种銀白色的軟金屬，在 231.9°C 的温度下便可熔化。当把錫折成塊时，它便發生一种特有的“碎裂声”。由于开采錫比較困难，所以它也是一种貴重的金屬，因此，純錫应用得很少，但由于它具有某些性能，因而成为許多合金中所不可缺少的材料。

在无綫电和电工工业上是用錫来作焊接的焊料的，制造抗磨合金——澆鑄滾珠軸承的巴比合金也用到錫。此外，錫还可用于鍍錫上，鍍錫就是在鉄或鋼的制品上鍍上一層錫，以防止腐蝕，例如作罐頭用的白口鉄。

鎂是一种淡灰色的金屬。在工业上所用的金屬中，以它为最輕。它的比重为 1.74 克/厘米^3 。熔点为 651°C 。純粹的鎂几乎是不用的，因为它所具有的机械性能很低，并且容易氧化（能够以閃耀夺目的鮮艳的白色火焰在空气中燃燒）。鎂只是同鋁、鋅和錳一起作成合金形式被用来作結構的材料。最普遍的是用来作型鑄件用的鑄造合金。鎂合金的主要优点是：在比較高的强度下，重量比較輕。在航空及仪器制造上应用鎂合金来制造无綫电仪器，打字机和計算