

技工学校教材

·高小毕业程度适用

金属材料学

全国技工学校教材编审委员会编

科学技术出版社

金属材料学

44.6.12.20

80.65

第五版 第五版教材

金属材料工程

金属材料学

（第五版）

机械工业出版社

前 言

在社会主义建設总路綫的光輝照耀下，和党的教育方針的指導下，全国技工学校的工作已有了迅速的發展与提高。随着生产建設与文化技术的不断發展，必須进一步改进技工学校的教学工作，提高教学質量，为国家培养更多、更好的技术工人。

当前，改进技工学校教学工作的重要一环，是修改与統一教材。1959年4月全国技工学校工作会议曾明确提出：要爭取在二、三年內逐步完成各門課程的全套教材的編写工作。去年各地技工学校，在党委领导下，曾組織教师并采取师生相結合的方法，先后編写了許多教材，为进一步提高教材質量和逐步統一教材工作，提供了有利条件。

这次編写的統一教材共有24种，系由北京、上海、辽宁、湖南、湖北、河南、黑龙江、天津、西安、南昌等省、市的一些技工学校教师，分別在当地劳动厅（局）的組織下編写的，并且进行了第一次的审查工作。为了統一审訂这些教材，劳动部会同第一机械、冶金、煤炭、鉄道等部和第一机械工業部第四局等單位又組織了全国技工学校教材編审委员会，于今年8月在北京做了第二次的审查修改。

这些教材，是按照培养全面發展的技术工人，以中等技术水平和有助于学生畢業后的进一步提高的要求进行編审的。其中分为适用于招收初中畢業生在校學習二年与招收高小畢業生在校學習三年两种。目前，由于技工学校的教学計劃与教学大綱尚未統一，为了便于各校选用，这次編写的教材的內容較多、份量較重，因此各校在选用时，应根据主管部門批准的教学計劃与教学大綱，作必要的刪減或增添。

这次編审的教材，由于時間短促，缺乏經驗，錯誤之处在

所难免，希望有关同志提出意見，以便再作进一步修改。

最后，在这次編审教材过程中，由于参加編审工作的教师，以忘我的劳动热忱，發揮了冲天干勁，和有关的技工学校、劳动厅（局）、中央各工業部，特别是第一机械工業部第四局的同志的大力支持，因而能够較順利地完成編审工作。为此，我們特致以謝意。

本書由湖南株州机車車輛工厂工人技术学校叶学南、何蘊华和株州第一航空工業技工学校張越凡等同志主編。

全国技工学校教材編审委员会

1959年8月25日 北京

目 次

緒言	1
第一章 生鉄和鋼的冶煉	5
§ 1. 生鉄的冶煉	5
§ 2. 鋼的冶煉	8
§ 3. 耐火材料	15
第二章 金屬材料的基本性質	17
§ 1. 金屬材料的物理性質	17
§ 2. 金屬材料的化學性質	23
§ 3. 金屬材料的機械性質	25
§ 4. 金屬材料的工藝性	39
第三章 金屬和合金的內部結構	44
§ 1. 金屬的內部結構	44
§ 2. 結晶過程	46
§ 3. 合金的內部結構	48
§ 4. 鋼和生鉄的內部結構	50
§ 5. 鉄碳合金平衡圖	52
第四章 鉄碳合金及其熱處理	55
§ 1. 碳鋼及其熱處理	55
§ 2. 合金鋼及其熱處理	74
§ 3. 鋼的化學熱處理	89
§ 4. 高頻熱處理	92
§ 5. 鑄鉄及其熱處理	93
§ 6. 鋼鉄火花鑑別法	104
第五章 硬質合金	108
§ 1. 鑄造硬質合金	108
§ 2. 燒結硬質合金	109
§ 3. 瓷刀(陶瓷材料)	112
第六章 有色金屬及其合金	114
§ 1. 有色金屬元素	114
§ 2. 有色金屬的合金	117

第七章 非金属材料	129
§ 1. 塑料	129
§ 2. 砂輪	131
附录一 布氏、洛氏硬度对照表	135
附录二 甲类鋼的机械性能及工艺性能表	137
附录三 乙类鋼的化学成分表	138

緒 言

材料学是了解材料的成分、牌号，研究材料的結構、性能和使用范围的一門科学。

在国民經济的各个部門中，大量地需要和使用着各种各样的材料。所有的材料可以归納为金属材料和非金属材料两大类。在工業生产上所需要的材料，90%以上是金属材料。在农业机械、农具和交通运输業上，金属材料也同样是最重要的材料。就以各种型号的机床來說，从巨大的床身到細小的螺釘、銷子，沒有金屬就制不成；在交通运输設備上，縱橫全国的鐵路路軌，跨越江河的大桥，奔馳陆地海洋的機車、客貨車、汽車、輪船，以及飞行空中的飞机，和基本建設中使用的起重机、吊車等等，都是金屬制品；在农业生产上，从拖拉机、联合收割机到手上的鐮刀、鋤头，都离不开金屬；国防上的炮彈、坦克等需要各种質量优良的金屬材料。在人民生活方面，可以說也是一天离不开金屬的。因此，从經濟建設到日常生活，金属材料都占着十分重要的地位。說得更切实些，金属材料是现代生产和生活中不可缺少的物質基础。

金属材料也是現代工業的物質基础，沒有更多的金属材料就滿足不了高速度發展的工業的需要。我国在苏联的技术指导和大力援助下，几年来从金屬的开采到冶煉、加工，取得了十分巨大的成績。解放以后到1958年止，就勘探了71种矿产，是旧中国50年勘探矿种的4倍，这是任何資本主义国家不可能有的增長速度。在冶煉上，以鋼鉄为例，1949年解放前生鉄的年产量只有24.6万吨，鋼的年产量只有15.8万吨，解放后从鞍山被遣送回去的日本技术人員当时还惡毒地說：“高爐、平爐都归还你們中国了，你們拿去种高粱吧！”可是經過了短短兩三年

的恢复时期，到了1952年我国的生鉄年产量已經提高到190万吨（是1949年的7.68倍）；鋼年产量提高到135万吨（是1949年的8.5倍）。1957年鋼的计划产量是420万吨，而实际产量是535万吨。仅仅1958年一年，又比1957年增加了573万吨而达到了1,108万吨。即使除掉土鋼不計，近代設備生产的800万吨鋼，比1957年增長49.5%。这是任何資本主义国家不可能做到和不可能想像的事情。这一年我們所跨过的距离，在資本主义国家里，美国化了6年，英国化了11年，日本18年，德国5年。資本主义国家走了几年和几十年的路，我們不到一年的功夫就走完了，这是全国人民在党的正确领导下，貫徹了党的“鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义”的总路綫所取得的輝煌成績；同时也是我国社会主义制度無比优越性的具体体现。

冶金工業的發展，供应了机械制造的需要，向各經濟建設部門提供了更多的机器，因而就大大地提高了社会生产力。社会生产力的提高，反过来又对金屬制造提出更多更高的要求，要求生产出更多的優質金屬材料和生产具有性質十分优异的特种金屬材料，这又将促进金屬制造技术的更高度的發展。

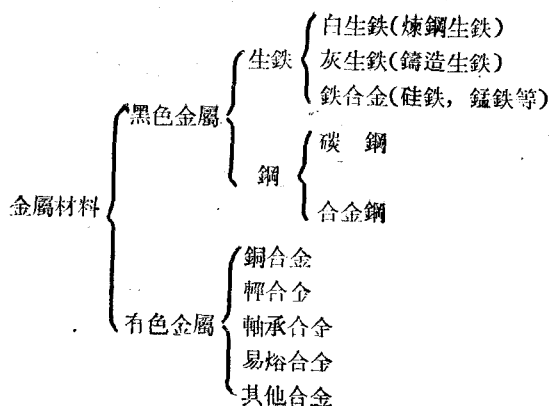
随着金屬制造技术的进步，我們經常使用的金屬材料也愈来愈丰富了。因此对于各种金屬材料到底是怎样制造的；含有什么成分；内部結構怎样；具备什么性質；为什么会具备这些性質；所具备的性質能否滿足生产上的需要；怎样才能改变这些性質；和如何正确地使用材料等等一系列的問題，是一个技术工人必需懂得和應該掌握的。这也是材料学的學習范围 and 我們的學習目的。

在我們探討这些問題之前，我們需要知道一下金屬材料为什么会这样重要，它得到广泛使用的原因在哪里，以及关于金屬的一些最基本的問題。

首先，金屬材料比非金屬材料重要和用途广泛的原因是，它能够粗負較大的重量而不易弯曲易断；当它受到突然冲击时不

过受震动或者弯一弯，而不容易破裂；它比較能够抵抗空气的腐蝕；它可以用熔鑄、鍛軋或焊接等方法来制造或修补，可以利用破損了的廢品重新制造成新的产品。这些特点是非金屬材料不可相比的。金屬与非金屬的其他不同地方是：金屬的新的断面都有光澤，而一般非金屬沒有光澤（个别情况例外）；金屬都是良好的导热导电体；金屬的比重比較大；有些金屬能够被磁化而非金屬不能。这些都是金屬与非金屬的根本区别。

其次，我們要了解金屬与合金的区别。在科学上，金屬是指由同种类的原子所構成的金屬元素，它是一种單質；而合金是指好几种金屬元素（或金屬元素与非金屬元素）按一定的比例所組合成的一种复杂物質。这种物質（合金）所具备的性質和原来的金屬元素是不相同的。举个例子來說，鐵和鎳都是能磁化的金屬元素，但是把25%的鎳和75%的鐵組成了合金以后就不能磁化了。又如錫的熔点232°C，鉛的熔点327°C，鎳的熔点321°C，鉍的熔点271°C，它們各自的熔点都在200°C以上，可是如果把把这四种元素的金屬組合在一起，成为某种合金（易熔合金）以后，熔点降低到60°C，这就和原来的熔点不一样了。單独用一种金屬元素来制成材料的情况是很少的，而用得最广的还是各种合金。



黑色金屬指的是鐵、錳、鎢和鐵的合金。各種生鐵和各種鋼材都屬於黑色金屬。所有的鋼鐵它們所含的主要元素是鐵和碳，因此稱它們為鐵碳合金。工業生產上所使用的金屬材料有90%以上是鐵碳合金。

有色金屬是指除了黑色金屬以外，其他的一切金屬。有色金屬材料雖然在用量上比黑色金屬材料少得多，但是在國民經濟的各個部門中都用得非常廣泛。有色金屬應用廣而產量又比較少，因此它們在工業上的應用只限於最必需的地方。在技術革新與技術革命中為有色金屬尋找代用品，不僅是當前的課題也是今后的任務。在目前來說，我們除了盡量以黑色金屬來代替有色金屬以外，為國家生產更多的有色金屬和節約地使用有色金屬，也是每一個技術工人的責任。

總之，通過材料學的學習，使我們獲得一定的材料知識，以便幫助我們了解和掌握材料的性能，達到在機械製造中正確地、合理地、節約地使用材料的目的。

第一章 生鉄和鋼的冶煉

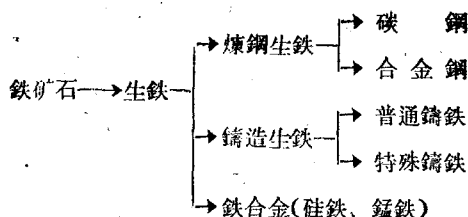
工業上最重要的合金是生鉄和鋼。因为生鉄和鋼是一切工業的基础。“沒有鋼鉄就沒有工業”，因此需要生产更多的鋼鉄来滿足工業生产的需要。

对一个金工來說，是必須要了解鋼鉄是怎样得来的，它們具备有哪些成分，如何分类，有哪些牌号，各有什么性質、用途等等一系列的知識，这也是本章的學習內容。

§ 1. 生鉄的冶煉

我国很早就掌握了冶煉生鉄的技术，是世界上使用鉄器的最早国家之一。早在二千多年前，我国已經进入了鉄器时代；而欧洲国家广泛使用鉄器比我国要晚 1,500 年左右。

到底生鉄是怎样煉制出来的，煉制出来的生鉄又用到什么地方去，可以簡單地表示如下：



从上面我們知道生鉄是从鉄矿石煉制出来的。鉄矿石是冶煉生鉄的主要原料，除了鉄矿石以外，还有其他各种必需的原料。下面我們要研究关于生鉄冶煉的原料和冶煉的方法以及冶煉的产品。

1. 原料

冶煉生鉄的原料有：鉄矿石、燃料和熔剂。

(1) 鐵矿石 鐵矿石是冶煉生鐵最主要的原料。如果要冶煉 100 万吨生鐵，大約需要 200 多万吨的鐵矿石。

主要的鐵矿有：磁鐵矿、赤鐵矿、褐鐵矿和菱鐵矿等。它們含鐵量高低不一样，通常含鐵量是 50—57%，含量高的有达到 70% 左右的。含鐵量在 50% 以上的鐵矿叫“富矿”，含鐵量低于 50% 的称为“貧矿”。一般都尽量采用富矿来冶煉生鐵，以更符合優質高产的要求。貧矿需要經過选矿的方法使它变成富矿。

鐵矿石里含有各种雜質，如氧化物（氧化錳、氧化鋁）、硫化物、石英、矾土、水分等。这些非鐵化合物叫做雜質，都是在冶煉过程中要去掉的。

(2) 燃料 燃料在生鐵的冶煉中起着非常重要的作用，它不仅仅是供給熔化时所需要的热量，而且还参加冶煉过程中的化学反应（它要起还原作用）。燃料質量的好坏可以直接影响生鐵的質量。焦炭是煉鐵的主要燃料，它是經過煉制而成的一种多孔疏松的固体燃料（孔隙度 45—55%）。焦炭可以分为高爐用焦炭和鑄造用焦炭。鑄造用焦炭在燃燒时要求应發出最大可能的热量，能完全燃燒生成二氧化碳；并且为了避免金屬中掺入雜質而要求焦炭中雜質的含量越少越好（尤其是含硫量）。高爐用焦不仅是用作燃料，而且是在高爐中还原二氧化碳的还原剂，因此焦炭在高爐中还要参加还原鐵矿的反应，这就要求焦炭还要具有足够的反应能力。同时为了保証冶煉过程的正常进行，要求焦炭有高的抵抗压碎的能力——抗压强度約等于 150 公斤/厘米^2 ，最低不低于 100 公斤/厘米^2 。因为需要这样大的抗压强度，才能支持爐料的重量，不被压碎，不阻塞爐内气体的流通。

(3) 熔剂 冶煉生鐵采用石灰石作为熔剂。它的主要作用是使矿石中的雜質和燃料燃燒后所余下的灰分变成液体熔渣，脫离生鐵，以减少生鐵中雜質的含量。

2. 高爐的構造

由鐵矿煉制生鐵是在專門煉鐵的高爐中進行的，這一冶煉過程叫高爐冶煉過程。第一批冶煉生鐵的高爐是1632年在俄國圖拉城附近的郭羅基仙工廠建成的。而世界上第一個煉鐵爐（土爐）是我們的勞動人民建成的。我國古代的煉鐵爐是用泥土和木材做成的，用人力拉動風箱送風，現代的鼓風爐便是從這種最初的形式發展起來的。

現代的高爐是用鋼板做成的高大爐筒，里面砌有耐火磚（耐火磚有酸性的、碱性的和中性的三種）。矿石、燃料、熔劑從爐頂上裝入。加料口叫做爐喉，形狀為圓筒形，它除了作進料用以外，還裝有排氣管，廢氣從這裡排除。爐喉下面是爐身，爐身是高爐組成部分中最長的一部分。爐身下面最寬的部分是爐腰，爐腰下面的截圓錐體是爐腹。最下面的圓柱體部分是爐缸。在爐缸部分有送風口、出渣口和出鐵口。

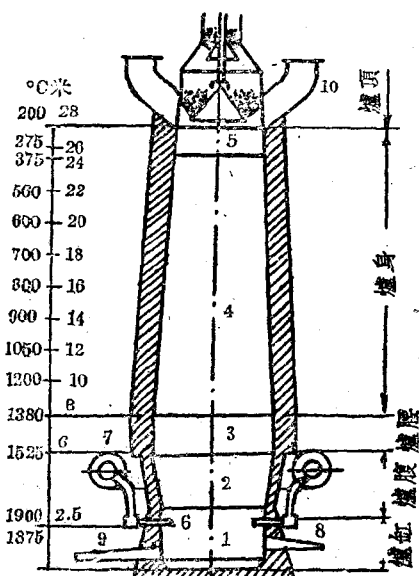


圖 1 高爐示意圖

1—爐缸；2—爐腹；3—爐腰；4—爐身；5—爐喉；
6—風口；7—鼓風機；8—出渣口；9—出鐵口

3. 高爐冶煉過程

先在高爐缸部分加入木柴，然後從爐頂加入底炭（焦炭），送風讓底炭點燃後再停風。從爐頂上一層層的加入焦炭、鐵矿和石灰石，爐子裝滿以後再送風。這時，熱空氣和燃料中燃燒着的气体從下往上升，爐料從爐頂逐漸向下移動，並且和上升着的热气体相遇，使爐料不斷地加熱。在爐中整個的過程是：

(1) 預熱 在溫度為 $100-350^{\circ}\text{C}$ 左右的爐頂部分，爐料中各種物質所含的水分受熱被蒸發，燃料中的揮發物也受熱變成氣體，於是爐料漸漸被烘乾。鐵礦石開始碎裂。這是一個預熱的過程。這個區域稱為預熱層。

(2) 還原 爐料繼續下降到溫度較高的區域 ($400-800^{\circ}\text{C}$)，鐵礦石(氧化鐵)開始被爐中由焦炭燃燒而產生的一氧化碳氣體所還原。氧化鐵中的氧被還原劑(一氧化碳)奪走了，氧化鐵就成為一種海綿狀的純鐵。——這個區域叫做還原層。

(3) 增碳 這種海綿狀態的固體純鐵再繼續往下降落，被加熱到 $900-1,100^{\circ}\text{C}$ 時，逐漸地從爐中的氣體和紅熱的焦炭中吸收碳素。鐵吸收碳素的現象稱為增碳或滲碳。增碳以後，純鐵吸收了 $1.7-6.7\%$ 的碳素，而成為生鐵。這個區域稱為滲碳層。

(4) 熔化 新生成的生鐵繼續向下降落，逐漸地被加熱到 $1,000-1,200^{\circ}\text{C}$ 而轉變成液體，流到爐缸中去了。使生鐵熔化的這個區域，稱為熔化層。

在鐵礦被還原和增碳的同時，熔劑(石灰石)分解，並與礦石、燃料以及熔劑本身中的雜質作用，造成熔渣，流到爐缸中去。鐵水和熔渣流到爐缸以後，到了一定的時候，再分別從出鐵口和出渣口放出去。整個的冶煉過程到此全部完畢。

4. 高爐產品

高爐的主要產品是生鐵。根據化學成分和用途的不同，高爐生鐵分為鑄造生鐵、煉鋼生鐵和特种生鐵(鐵合金如硅鐵、錳鐵等)。生鐵的成分中除含有碳元素以外，還有硅、錳、磷、硫等元素。

此外，高爐的廢氣可以作燃料用，通常稱為高爐煤氣；高爐的熔渣可用來製造渣磚、渣棉和水泥。這些都是高爐的副產品。

§ 2. 鋼的冶煉

鋼的成分也是含有碳、硅、錳、磷、硫等元素。在這些元

素中，碳对生鉄和鋼的性質影响最大，因此生鉄和鋼又叫做鉄碳合金。但是生鉄和鋼有很多根本上的区别，生鉄的含碳量在1.7%以上，鋼的含碳量在1.7%以下，其他元素在鋼中的含量也比在生鉄中低得多，因此煉鋼的过程实际上就是降低含碳量和杂质元素含量，制造質量較好的鉄碳合金的过程。

鋼的成分、性質和質量，与鋼的煉制方法有很密切的关系，現在把煉鋼的主要方法分述如下：

1. 轉爐煉鋼法

轉爐是一个象梨形（渦鼓形）一样的，可以迴轉的爐子。它的外壳用鋼板制成，里面襯有耐火材料。如果用的是酸性耐火材料，就叫酸性轉爐（貝司麦爐）；用碱性耐火材料就叫碱性轉爐（底吹的碱性轉爐又叫托馬斯爐）。轉爐煉鋼方法，主要是利用空气中的氧（也有用純氧的）把生鉄中的杂质如碳、硅、錳等氧化，减少生鉄中碳、硅、錳的含量（各种含量减低至碳0.12—0.50%，硅0.1—0.35%，錳0.3—0.9%）而煉制成鋼。

这种煉制方法是將熔化了的生鉄裝入爐中，然后从爐底或从爐側吹入高压空气或富氧、純氧，利用氧化作用，把生鉄中較多的碳燒掉（也就是氧化）一部分，把其他杂质也部分氧化成各种氧化物，制成浮渣，和鋼水分离，以达到提煉的目的。

过去多采用酸性轉爐底吹法煉鋼，但是用酸性轉爐煉鋼不能去磷，限制着鋼質量的提高。为了提高轉爐煉鋼質量，目前我国正在大力發展碱性轉爐煉鋼。

碱性轉爐根据空气或氧气鼓入位置的不同，又分为底吹式、頂吹式和側吹式三种。底吹和頂吹式在1950年吹送富氧或純氧来代替吹送空气的試驗成功以后，就大大提高了爐溫，縮短了吹煉時間，提高了鋼的質量。盧森堡、比利时、西德、法国和瑞士等国，用富氧和純氧轉爐煉鋼已相当發达。但利用富氧和純氧吹煉需要增添制氧設備，因此目前在我国的机器制造业中还不能普遍使用。

我国目前正在大力發展側吹鹼性轉爐（渦鼓型轉爐）。側吹和底吹相比較，优点是：

（1）熱量能充分利用。因為側吹法使爐內的鐵水主要在表面部分與空氣接觸，進行反應，當爐子直立時，風眼的位置略高出於熔池表面，這樣生鐵中的碳可以燃燒成二氧化碳，熱量得到充分的利用，對提高爐溫起了一定的作用。如果是用底吹，當空氣通過鐵水時，反應是在鐵水液體內進行，這樣鐵水中的碳只能氧化成一氧化碳，而不能燃燒成二氧化碳。因此碳燃燒的熱量只能發揮30%，影響爐溫的升高。

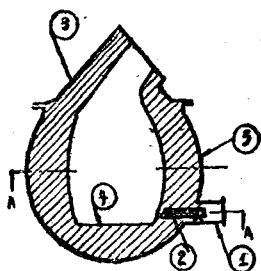


圖 2 側吹渦鼓型鹼性轉爐
1—風箱；2—風眼；3—爐帽；
4—爐襯；5—爐壳

（2）側吹時因為是在鐵水的表面部分發生強烈氧化，因此隨時能使磷氧化成浮渣（磷酸鐵和磷酸鈣）而達到去磷的目的。而底吹法不能去磷，因為在底吹的過程中，雖然有磷被氧化成為氧化磷，但是所生成的氧化磷馬上就被鐵水中的硅、錳、碳等還原。要去磷除非等到鐵水中所有的硅幾乎全部氧化完了，錳和碳也被氧化到很低量的時候，磷才被氧化。因此去磷的作用是不大的。而用側吹法能使磷、硫的含量去除到一定程度，合乎标准要求（根據上海鋼鐵公司1958年的生產質量，磷的含量平均為0.036%，硫的含量平均為0.03%，已達到平爐鋼的質量；在機械性質^①方面，強度極限^②一般達到40公斤/毫米²左右，冷彎性能和沖擊韌性^③等也達到了甲類鋼^④的標準）。

轉爐的容量，小的有3噸、5噸的，一般是15—25噸，最新式的有60噸的。因此轉爐煉鋼的优点是：生產率高，設備簡單，投資少，建廠快。鹼性轉爐鋼不但質量已經達到平爐

①②③ 見第二章。

④ 見第四章。

标准，而且可以煉制鑄鋼和低合金高强度鋼。目前我国黑色冶金設計院已完成典型标准設計。因此渦鼓型碱性轉爐煉鋼是一種合乎我国多快好省建設方針的煉鋼方法，它已成为我国煉鋼工業的發展方向。在我国新建的許多煉鋼厂中，絕大部分采用了側吹碱性轉爐煉鋼法。

側吹碱性轉爐的吹煉过程。先將爐子烘热到 $1,400^{\circ}\text{C}$ 左右，然后加入一定量的熔剂，再加入鉄水，开始送風吹煉。剛吹煉时，爐口出現短小紅亮的火焰和粗大的火花，并且噴出棕色濃烟；接着火焰漸漸变亮，火焰四周有紅色小圓球狀的爐渣噴出；最后火焰發青。这整个过程称为吹煉第一期。在这个过程里，主要是硅和錳被氧化。然后火焰变成閃閃發亮，而且爐口噴濺加多，这是吹煉的第二期，是碳的氧化阶段。最后火焰变得明亮發白，并且火焰漸漸消失，又再噴出棕色濃烟，当我们看見这个現象时，知道整个吹煉过程完畢，可以准备出鋼。在这个阶段里，除碳繼續氧化外，也是磷被氧化的阶段。

2. 平爐煉鋼法

随着鋼的使用范围的扩大，积累了許多廢鋼，当时的轉爐

又無法利用这些廢鋼，于是不得不另找一种能利用廢鋼的煉鋼法。

1864年，法国人馬丁發明了可以利用廢鋼作原料的平爐煉鋼方法（因此平爐又叫馬丁爐）。

馬丁爐煉鋼的过程也是一种氧化过程，不过它的氧化过程并不像轉爐煉鋼法那样使空气直接通入鉄液，而是利用爐渣来进行氧化作

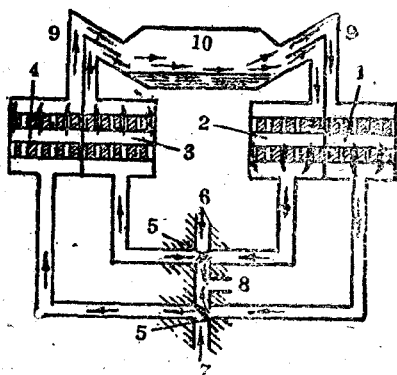


图 3 平爐示意图

1、2、3、4—蓄热室；5—换向阀；6—煤气通道；7—空气通道；8—廢气通道；9—爐头