

- 288586

高等学校教学用书

铸造合金及其熔化

第一册 鑄 鉄

东北工学院鑄工教研室編著



中国工业出版社

高等学校教学用书



铸造合金及其熔化

第一册 鑄鐵

东北工学院鑄工教研室編著

中国工业出版社

本書內容共包括三篇，分三冊出版。第一冊是第一篇“鑄鐵”，計有灰鑄鐵、孕育鑄鐵、球墨鑄鐵、可鍛鑄鐵、特殊性質鑄鐵和鑄鐵的熔煉等六章。第二冊（已出版）是第二篇“鑄鋼”，計有鑄造碳鋼、石墨鋼、硅鋼、錳鋼、錳矽、鉻鋼、鉻錳鋼、錳鉻鋼及其他鋼種和鑄造用鋼的熔煉等十章。第三冊（暫緩出版）是第三篇“鑄造有色合金”，計有色合金的熔煉原理，鑄造鋁、鎂、銅、錫等合金等章。

本書經冶金工業部教育司推薦作為冶金類高等院校鑄工專業教學用書，亦可供其他高等及中等專業學校學生以及鑄造工程技術人員參考。

本冊是“鑄造合金及其熔煉”一書的第一冊。

鑄造合金及其熔煉

第一冊 鑄鐵

東北工學院鑄工教研室編著

中國工業出版社出版（北京修門隔路丙10號）

（北京市書刊出版事業許可證出字第110號）

· 地質印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行·各地新華書店經售

開本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印張 $17^{3/8}$ 字數400,000

1961年9月北京第一版 1961年9月北京第一次印刷

印數0001—1,737 定價（10—6）2.05元

統一書號：15185-837（44—206）

序 言

鑄造合金及其熔化是鑄造專業的一門重要的理論性和工藝性的課程，在這門課程中應講授如何獲得鑄造生產所應用的各種鑄造合金及其熔化的全部知識。

本書共分三篇，計廿四章，其分量大致相當於110—120小時的講授內容。本書根據59年擬定的冶金類高等院校鑄造專業的指導性教育計劃編寫而成。按照這個計劃是將原來這門課的鑄造原理部分提出作為獨立的一門課，在講完鑄造工藝課程之後講授。因為鑄造性能不僅決定於鑄造合金本身的特性，而更多地決定於鑄造生產的一系列的造型、澆注和金屬與鑄型相互之間起作用的工藝過程，所以這樣安排既便於講授和學習，也便於兩門專業課——鑄造工藝和鑄造合金的互相關聯。

考慮到冶金系統高等院校的鑄造專業性質而略偏重於鑄造合金某些理論方面，所以此次編寫時對於鑄鐵一篇的液態和固態石墨化理論、孕育理論、球化理論、冲天爐燃料燃燒和鑄鐵過熱理論闡述得比較詳細；而鑄鋼一篇則着重於鑄造合金鋼（高錳鋼、高鉻鉍合金的耐熱鋼和抗腐蝕鋼）的機械性能、物理化學性能和鑄造性能及影響因素的闡述）。至於鑄造有色合金則在有色合金的熔化原理，時效理論和耐熱鑄造有色合金方面則多占了些篇幅。

冶金類的鑄造專業的特點是在教育計劃中規定單獨開有一門“普通冶金”技術基礎課。因為在這門課里已詳細講授過煉鋼原理和工藝，所以在本書的第二篇里只是在普通冶金的基础上進一步闡述鑄鋼的熔煉特點，而不再討論鋼的一般熔煉問題。因此，應該說明，本書作為教科書使用時，有的章節可不必在課堂上講授，而有的章節可按照各院校的不同情況加以充實。

最後，由於我們整理和編寫的時間甚倉促，參閱的文獻不多，理論和實踐的基礎都不夠，本書的缺點和錯誤在所難免，所以熱誠地歡迎讀者批評指正。

一 目 录

序言
緒論

第一篇 鑄 鐵

引 言

第一章 灰鑄鐵

第一节 灰鑄鐵的規格及用途	15
第二节 鑄鐵基體的結晶	15
§1. 奧氏體結晶及共晶轉變	15
§2. 二次結晶	16
第三节 石墨的結晶 (石墨化)	17
§1. 概述	17
§2. 初生石墨的結晶	19
§3. 共晶石墨的結晶	20
§4. 石墨形狀與分布	22
第四节 影响灰鑄鐵組織形成的因素	23
§1. 化学成分对鑄鐵組織的影响	23
§2. 冷却速度对鑄鐵組織的影响	29
§3. 其他影响鑄鐵組織的因素	32
第五节 灰鑄鐵的机械性能	34
§1. 石墨对鑄鐵机械性能的影响	35
§2. 鑄鐵金属基体对机械性能的影响	38
§3. 鑄鐵机械性能与金属基体和石墨析出关系的分析	39
§4. 鑄鐵机械性能与化学成分和冷却速度的关系	40
第六节 灰鑄鐵的其他性能	43
§1. 灰鑄鐵的加工性能	43
§2. 灰鑄鐵的比重和致密性能	43
§3. 灰鑄鐵的热和电性能	43
第七节 灰鑄鐵的热处理	44
§1. 消除鑄造应力的热处理	46
§2. 降低硬度的热处理	47
§3. 提高硬度的热处理	47
第八节 灰鑄鐵的鑄造性能	51
§1. 灰鑄鐵的流动性	51
§2. 灰鑄鐵的收縮	52

本章主要參考資料

第二章 孕育鑄鐵

第一节 高质量鑄鐵概說	58
第二节 早期高质量鑄鐵的几种主要类型	59

§ 1. 珠光体鑄鉄	59
§ 2. 低碳 (鋼性) 鑄鉄	60
§ 3. 合金鑄鉄	60
第三节 孕育鑄鉄的規格、性能及应用	63
§ 1. 孕育鑄鉄的規格	63
§ 2. 孕育鑄鉄的机械性能	64
§ 3. 孕育鑄鉄的物理及化学性能	64
§ 4. 孕育鑄鉄的工艺性能	64
§ 5. 孕育鑄鉄的应用范围	65
第四节 孕育鑄鉄的生产	65
§ 1. 用固体孕育剂来处理鉄水的孕育鑄鉄生产	65
§ 2. 用液体孕育方法来处理鉄水的孕育鑄鉄生产	71
§ 3. 表面孕育处理	72
第五节 孕育鑄鉄的孕育理論	72
§ 1. 术语加制、变质、孕育的意义和孕育鑄鉄的本质	72
§ 2. 孕育鑄鉄的孕育理論	73
本章主要参考資料	77
第三章 球墨鑄鉄	
第一节 概說	78
§ 1. 球墨鑄鉄的产生及其特点	78
§ 2. 球墨鑄鉄在我国的应用及发展	79
第二节 球墨鑄鉄的生产	79
§ 1. 对鉄水的要求	79
§ 2. 球化剂	81
§ 3. 球化处理办法	84
§ 4. 球化剂 (鎂) 加入量的决定	94
§ 5. 孕育剂加入量的决定	95
§ 6. 加鎂后鑄鉄化学成分的变化	95
§ 7. 加鎂球化处理时温度的变化	96
§ 8. 球墨鑄鉄鑄件质量的控制	97
第三节 球墨鑄鉄的性能及規格	101
§ 1. 球墨鑄鉄的規格	101
§ 2. 对球墨鑄鉄机械性能影响的因素	102
§ 3. 球墨鑄鉄的鑄造性能	104
第四节 合金球墨鑄鉄	107
第五节 球墨鑄鉄的热处理	108
§ 1. 高温石墨化退火	108
§ 2. 常化	108
§ 3. 低温石墨化退火	109
§ 4. 淬火回火	110
§ 5. 消除内应力的低温退火	111
第六节 球化理論	111
§ 1. 核心理論	112

§2. 过飽合理論	112
§3. 表面能理論 (表面張力理論)	113
§4. 吸附理論	114
§5. 气泡理論	115
§6. 其他理論	116
第七节 球墨鑄鐵的废品及其預防方法	117
§1. 皮下气孔	117
§2. 黑斑	118
§3. 球化不良	120
本章主要參考資料	121

第四章 可鍛鑄鐵

第一节 概說	122
第二节 可鍛鑄鐵的化学成分的选择	123
第三节 获得石墨化可鍛鑄鐵的理論問題	125
§1. 白口鉄坯件在热处理过程中組織的轉變	125
§2. 固态石墨化的热力学	126
§3. 固态石墨化的机构	127
§4. 石墨化的关键过程 (控制过程)	130
§5. 第一阶段石墨化的等温曲綫	131
§6. 共析轉變下的石墨化	132
§7. 影响石墨化的因素	133
第四节 获得脫碳可鍛鑄鐵的理論問題	135
§1. 白口鉄坯件在热处理脫碳过程中組織的轉變	135
§2. 脫碳的机构	136
§3. 影响白心可鍛鑄鐵脫碳的因素	136
§4. 白心可鍛鑄鐵的退火	137
第五节 石墨化可鍛鑄鐵的退火及快速退火方法	138
§1. 退火方法与退火制度的选择	138
§2. 快速退火的途径	139
§3. 提高退火溫度对快速退火的影响	140
§4. 合金化对快速退火的影响	141
§5. 退火前的热处理对快速退火的影响	143
§6. 液体介质中快速退火	146
§7. 退火爐中的气氛对快速退火的影响	146
第六节 特殊形式的可鍛鑄鐵	147
§1. 以粒状珠光体为基体的可鍛鑄鐵	147
§2. 珠墨可鍛鑄鐵	149
第七节 可鍛鑄鐵的規格、性能及用途	150
第八节 可鍛鑄鐵的质量控制及檢驗	152
§1. 熔化过程的爐前控制	152
§2. 退火过程的控制及檢驗	152
§3. 可鍛鑄鐵生产中常遇到的几种缺陷	153
本章參考資料	154

第五章 特殊性質鑄鐵

第一节 耐热鑄鐵	155
§1. 概說	155
§2. 常用的几种耐热鑄鐵	157
第二节 耐蝕(不銹)鑄鐵	161
§1. 概說	161
§2. 影响鑄鐵耐蝕程度的因素	162
§3. 各种耐蝕鑄鐵	165
第三节 耐磨鑄鐵	169
§1. 概說	169
§2. 影响鑄鐵耐磨性能的因素	170
§3. 常用的几种耐磨鑄鐵	171
第四节 冷硬鑄鐵	173
§1. 概說	173
§2. 获得冷硬鑄鐵的一般原理	173
§3. 各种因素对A及 σ 以及白口层性质的影响	174
§4. 冷硬軋輥的鑄造	176
本章主要參考資料	179

第六章 鑄鐵的熔化

第一节 概說	180
§1. 我国古代鑄鐵熔化的技术和近代鑄鐵熔化的研究	180
§2. 我国現在鑄鐵熔化技术的发展的情况	182
第二节 勺爐、三节爐、冲天爐的构造及其熔化操作	183
§1. 勺爐、三节爐的构造及其熔化操作	183
§2. 冲天爐的熔化特点、构造和基本尺寸的选择	187
§3. 冲天爐的熔化操作	200
第三节 冲天爐熔化过程的燃料燃烧	211
§1. 关于燃料燃烧的理论基础的一些問題	211
§2. 冲天爐里的燃料燃烧	222
第四节 冲天爐里鑄鐵的熔化及其过热	224
§1. 冲天爐里各个区域的划分及气体分布的情况	224
§2. 冲天爐里鑄鐵的熔化和过热	231
第五节 冲天爐熔化过程鑄鐵成分的变化	242
§1. 冲天爐熔化过程鑄鐵含碳量的变化	242
§2. 冲天爐熔化过程鑄鐵含硅、錳量的改变和鉄的烧損	250
§3. 冲天爐熔化过程鑄鐵含硫量的变化	251
§4. 冲天爐熔化过程鑄鐵含磷量的变化	255
§5. 冲天爐熔化过程鑄鐵的合金元素及其他含量的变化	256
§6. 强化冲天爐熔化过程的鑄鐵成分变化的影响	257
第六节 冲天爐熔化鑄鐵时爐料的計算	257
§1. 配料的一般原則	257
§2. 爐料的計算方法	258
§3. 熔剂的計算	261

第七节 冲天爐里熔化低碳鑄鉄的方法	261
第八节 鑄鉄脫硫方法及其應用	263
§1. 冲天爐熔化鑄鉄时爐外脫硫方法及其應用	263
§2. 冲天爐熔化鑄鉄时爐內脫硫方法及其應用	266
第九节 冲天爐熔化球墨鑄鉄、孕育鑄鉄、可鍛鑄鉄、特种鑄鉄的應用	268
第十节 冲天爐熔化、鋼屑的應用	269
§1. 冲天爐里部分加鋼屑方法	269
§2. 冲天爐里全部熔化鋼屑方法	270
§3. 冲天爐里熔化廢鉄屑方法	270
第十一节 反射爐的熔化	271
§1. 固定式反射爐的構造及其熔化操作	271
§2. 傾轉式和轉動式反射爐	274
§3. 在反射爐里熔化时鑄鉄成分的变化	274
第十二节 其他熔爐的熔化	276
§1. 電爐的熔化	276
§2. 双联法的熔化	276
本章主要参考文献	278

緒 論

在金屬學中我們研究了各種各樣的合金，如鐵碳合金、銅合金、鋁合金、鈦合金等。這是按照合金的組成而分類的。除此之外，還可以根據由各種合金獲得制品的最合理工藝過程來分類，它們可以分為形變合金、鑄造合金及粉末加工合金等。

形變合金是指將合金作成制品，最主要而合理的工序是變形加工。粉末加工合金是指這類合金作成制品是用金屬粉末在高溫下加壓燒結而成，而鑄造合金是指這類合金作成制品最適合用鑄造方法。粉末加工合金一般都是熔點很高，不易用一般加工方法制成零件。有些合金只可用作為鑄造合金，相反也有些合金最適合形變加工，但亦有些合金既可能屬於鑄造合金，也可以屬於形變合金，最典型的鑄造合金如鑄鐵、鋁硅合金、青銅、高錳鋼等。最典型的形變合金如硬鋁、鈦合金等。至於又能鑄造，又可形變加工的合金如碳鋼、黃銅等。這裡應當指出，絕大部分的形變合金在主要工序——形變之前，大都要經過一鑄錠過程，所以很難說形變合金根本不能鑄造，只不過有時鑄造（尤其是成型鑄造）比較困難而已。故把合金分為鑄造合金及形變合金只不過是指相對而言。

在本課程中，我們研究只限於狹義的鑄造合金。

對鑄造合金的研究包括兩個主要方面。首先從它的使用性能出發，即要求它們具有更高的、更廣泛的使用性能——包括機械、物理性能，化學性能等，使它們所制成的制品，能夠滿足在各種條件（尤其是高負荷、高速、高溫、腐蝕性介質）下工作的需要。其次是研究它們的鑄造性能，也就是從鑄造的角度出發來研究鑄造合金，研究什麼樣的合金最適合於鑄造，換句話說，也就是研究作為鑄造合金應滿足什麼條件，如何獲得這些條件以得到健全低廉（符合使用要求）的鑄件。

因此，本課程的討論範圍是鑄造生產常用的各種鑄造合金如何獲得問題，研究其製造方法，包括合金的組織，性能，如何改善其性能，新合金的探求，以及合金的熔化精煉方法等。為了方便起見，我們把常用的鑄造合金分為三大類來講授，即鑄鐵，鑄鋼及鑄造有色合金。

人類自古代就已經掌握鑄造技術，我國是世界上最先掌握這門技術的國家之一。

根據考古研究，我國大約在3000多年以前（大約在殷商時代）已經掌握了青銅鑄造技術，並用它來製造各種器皿。以後隨着生產的進展，及對質量優良的武器，工具的迫切需要，開始了研究青銅成分與使用性能的關係，目前有史可查的最早的記載是在周禮考工記上所寫的：“六分其金而錫居其一，謂之鐘鼎之齊；五分其金而錫居其一，謂之斧斤之齊；四分其金而錫居其一，謂之戈戟之齊；三分其金而錫居其一，謂之大刃之齊；五分其金而錫居其二，謂之刀削之齊；金錫各半謂之箭簇之齊”。它是古代金屬學之始，與現代對錫青銅之研究結果相符。它不僅說明了合金的配制法，也說明了其性質及用途。至於鑄鐵技術，我國是世界公認的最早發源地。根據考查，我國大約在周朝的時候就出現了鐵器，當時主要是熟鐵至於鑄鐵出現的年代還不太詳細，不過根據左傳記載，我國公元前

513年已有鑄鐵的刑鼎出現，可見，我國的鑄鐵生產大約有2000多年的歷史。而西歐的鑄鐵技術，則是在十二世紀末葉到十三世紀初葉（大約元朝），才被人們掌握。

但是，由於長時期的封建統治，及外來侵略者的掠奪，尤其是近百年來帝國主義者的殘酷的掠奪，使得我國的生產停滯不前，水平很低，而鑄造技術也衰退落後了。到解放前，只限於生產少數的簡單農具，修配一些簡單零件，而對鑄造合金的研究基本上是沒有的。

解放後，勞動人民當家作主，在黨的領導下，迅速的改變着過去的一窮二白的面貌，掀起了發展國民經濟，建設社會主義的高潮。在鑄造生產上這種形勢也得到了鮮明的反映，不僅產量大大的增加，而且質量也迅速提高。首先在鑄鐵方面：解放前我國只能生產強度在18公斤/毫米²以下的普通灰鑄鐵^①，而且成分、性能質量均不能控制，生產設備簡陋，絕大部分工廠生產鑄鐵都是用類型簡陋的勺爐、三節爐，甚至沖天爐都不太多。在經濟恢復階段及第一個五年計劃時期，主要是學習了蘇聯的先進經驗。將多數沖天爐由單排風口改為三排風口，並加大了風量，使焦鐵比鐵水溫度也獲得提高，熔化率增加10—25%。在此同時，制定大爐操作守則，能夠成功地控制了鐵水的成分及質量，給提高鑄鐵質量提供了有利的條件。灰鑄鐵的機械性能迅速的提高到21公斤/毫米²以上，並大量生產各種更高級的鑄鐵，如孕育鑄鐵，合金鑄鐵，可鍛鑄鐵，特种鑄鐵。更應提出的是，我國自1950年開始掌握了最新型的鑄鐵——球墨鑄鐵生產技術，不論在生產技術上，產量上都有很大的提高。隨着機械工業發展，特別是鑄造的其他工序的生產率提高，鑄鐵熔化技術也得到飛躍的發展，主要是為強化沖天爐的熔煉過程而進行了一系列的改進。56年起我國即結合自己的特點研究了小風口沖天爐。以後，尤其是58年大躍進時期，在我國各地推廣了熱風，水冷，鹼性沖天爐，最近，在技術革命及技術革新中，我國工人與技術人員，在黨的領導下，充分發揮了三結合的作用，將新技術引用到沖天爐上，實現了技術配套，建成所謂“多寶”沖天爐。不論在生產率上，鐵水溫度上，焦鐵比上都有了顯著的提高。

在鑄鋼方面：我國在解放前只能冶煉少數低碳鑄鋼。幾乎不能生產合金鋼鑄件。解放後，隨着重工業的發展，尤其是采礦、冶金工業的發展，使我國的鑄鋼技術迅速的改變了過去的面貌。首先在鑄鋼品種方面，我們不僅掌握了碳鋼鑄造技術，而且也掌握了許多優質的合金結構鋼，特种鋼的生產技術。我國曾利用了鹼性沖天爐，鹼性側吹轉爐及鹼性澆包的三碱辦法，解決了高磷高硫原料煉優質鑄鋼的難題。還應當指出，在我國的轉爐生產中最近成功的推廣了熱風吹煉經驗，對轉爐煉鋼技術是有着顯著的提高。在電爐熔煉方面，我國在注意維護爐體的基礎上，採用了多裝快煉的原則，使原來電爐產量提高數倍，充分發揮了設備潛力，為中、小型設備生產大型鑄件開辟了一條嶄新的道路。其次在電爐煉鋼中還採用了帶電裝料，矿石沸騰，加氧助熔等新技術，使熔煉時間縮短了20—30%，並節省了電能。在平爐煉鋼方面推廣了多槽出鋼，大大提高了平爐的生產率及容量。應當提出，我國用平爐—電爐混合煉鋼法成功地煉出了過去只有用電爐才能冶煉的（或酸性平爐才能冶煉的）高級優質鋼，用來鑄造了電機的銘鋼轉子及機車汽缸件。此外，我國也研究了合金鋼的真空熔鑄技術，並取得了一定的成績。

最後，在鑄造有色合金上，解放後的發展更可以說是從無到有的過程。特別是航空工業的發展，推進了鋁、鎂合金的鑄造技術。我國在銅合金及特殊銅合金的熔鑄方面（Cu—

① 當時孕育鑄鐵僅開始試制。

Mn—Al青铜，硅黄铜），也取得了不少的經驗，并进一步研究了用鋅代銅的可能性。

总之，解放后，我国的鑄造合金与其他各門科学一样，有了飞跃的发展，这些成就的取得，是我国工人阶级在党的领导下，在三面紅旗的光輝照耀下，解放了思想，发挥了敢想敢干和科学分析相结合的共产主义风格的结果。今后，随着国民經济的发展，我国鑄造合金的生产和研究，会以更快的速度，向世界先进的水平迈进！

第一篇 鑄 鐵

引 言

鑄鐵是一種含碳量在2.0%以上(實際應用的含碳量多超過2.2%)的鐵碳合金。除了碳以外,鑄鐵中還包括有很多其他一些不可避免的雜質,如硅、錳、硫、磷。特殊的合金鑄鐵除了這些元素外,還含有鉻、鎳、鉬、銅、錳、鈦等合金元素。一般說來,在鑄鐵結晶過程中,都發生共晶轉變,而鋼則不進行共晶轉變。根據鑄鐵的化學成分及結晶條件,碳在鑄鐵中可以有不同的存在形式。或者是以石墨夾雜的形式自由的存在於金屬基體中,也可以以碳化物的形式獨立存在或者二種形式共存。但不論如何,總是有一部分碳是溶解在基體中。根據碳在鑄鐵中存在的形式不同,鑄鐵常具有很不相同的性質。

鑄鐵的分類方法很多,如按斷口顏色分、按化學成分分、按應用性質來分等。

按斷口的顏色,鑄鐵可以分為三類:

(1) 灰口鐵:亦稱灰鑄鐵,其斷面為暗灰色,這是由於碳在其中主要是以自由狀態——石墨形式存在的,還有少量的碳是以溶解碳的形式存在於基體中,也可能有一部分的碳是以碳化鐵的形式組成基體中的珠光體。

(2) 白口鐵:亦稱白鑄鐵,其斷口為白亮色,其中碳不呈石墨形式存在,除了一少部分溶解於基體中,大部分均以碳化物形式存在著。

(3) 麻口鐵:麻口鐵是介於灰口及白口鐵之間。其斷面是灰白交加。即是有一部分碳呈石墨形式,也有一部分呈自由碳化物形式(不構成珠光體)存在。

白口鐵由於存在著硬而脆的碳化鐵——滲碳體,故而不能加工,應用也不方便,除了用於部分耐磨鑄件(如軋輥,車輪等)的表層外,很少單獨應用。

按化學成分來分,分為二類:

(1) 普通鑄鐵:是應用最廣的一種,在熔化過程中,一般只是加入原生鐵,而不加或很少加入合金元素(只有時為了調整成分,加入少量的硅鐵、錳鐵)。

(2) 合金鑄鐵:當鑄鐵中合金元素含量在以下範圍內屬於合金鑄鐵:

Ti, V, Mo	Ni, Cr, Cu, Al	Mn	Si
>0.1%	>0.3%	>2.0%	>4.0%

根據合金元素的量,合金鑄鐵可以分為低合金的(含合金元素在3%以下),中合金的(3—10%)和高合金(大於10%)三種。

按鑄鐵的應用性質來分鑄鐵可以分為:普通鑄鐵,孕育鑄鐵,球墨鑄鐵,可鍛鑄鐵,特殊性能鑄鐵(如耐熱鑄鐵,耐蝕鑄鐵,耐磨鑄鐵,冷硬鑄鐵,電工鑄鐵等)幾種。

下面將分章逐步加以討論。

第一章 灰 鑄 鐵^①

灰鑄鐵是機械上用的最廣泛的一種結構材料，它廣泛的應用於機械製造、冶金、建築及國防工業各部門。如在機械製造業中，鑄鐵件所占的比重約為機器重量的45—85%。鑄鐵件的生产也是多样性的，如它的重量可以由10克到250噸，厚度可以是2到500毫米，长度可以由1厘米到30米。灰鑄鐵之所以应用的如此广泛是它有一系列的优点：

(1) 良好的鑄造性能：普通冲天爐熔化出的灰鑄鐵，成分多在共晶成分附近，因此如前面所述的，有最好的流动性，能够填充很复杂、薄壁的鑄型，得到健全的鑄件。此外灰鑄鐵是鐵碳合金中熔点最低的，因而不論在熔化上以及对造型材料的要求上都比較簡單。还有灰鑄鐵具有很小的收縮，因此常常在沒有冒口的条件下也可以得到完整无縮孔及縮松的健全鑄件，并且形成应力及裂紋的趋势很小。

(2) 成本低廉：由于熔点低，鑄造方便，原料也簡單，故灰口鐵的成本很低，与其他各种鑄造合金相比較，鑄鐵的成本如下：

鑄鐵合金	灰鑄鐵	可鍛鑄鐵	鑄鋼	有色合金
相对成本%	100	130	160	600

(3) 良好的周期韌性：石墨在基体中存在，割裂了金屬基体的相互連系，使得在振动时，能够迅速的吸收振动。故灰鑄鐵是作为机器底座最好的材料（尤其是当机器运动速度高，容易发生振动时）。

(4) 具有良好的切削性能：石墨使切屑容易断裂并且可以作为天然的潤滑剂，故而切削性能良好。

(5) 具有高的耐磨性及对切口的不敏感性。

(6) 具有一定的机械性能，尤其是抗压强度比較高。

由于灰鑄鐵有这一系列的优点，故在世界各国，在各种鑄造合金中灰口鐵占的比重最大，从几个資本主义国家在1955年鑄造合金生产的例子，即可說明这个問題（參看表1，单位仟吨）。

表 1

	灰 鑄 鐵	可 鍛 鑄 鐵	鑄 鋼	銅 合 金	鋁 合 金	鎂 合 金
美 国	13400	1000	1390	455	375	12.6
英 国	3925		320	72	89	5.0
西 德	3160	165	315	98.3	78	10.6
法 国	1150	40	110	35		

从表1中即可看出，在所有这些国家中，灰鑄鐵的产量約占其全部鑄造合金产量的80—85%。由此可以看出灰鑄鐵的重要意义。

①本章除討論灰鑄鐵的一般共同性問題外，并着重討論普通灰鑄鐵方面的問題。

表 2 灰鑄鐵的規格

牌 号	化 学 成 分					硬 度 公斤/厘米 ²			性 质 及 应 用		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	抗 拉 强 度 公斤/厘米 ²		抗 压 强 度 公斤/厘米 ²	
											抗 拉 强 度 公斤/厘米 ²
不 小 于											
C400	3.0~3.5	1.8~2.4	0.6~1.0	<0.6	<0.15	<0.15	<0.50	12	50	143~229	用于不重要的机器上的零件, 对机械性能没有一定的要求, 只要没有妨碍切削加工的白口层
C412 —28	3.3~3.6	2.2~2.5	0.6~1.0	<0.4	<0.15	<0.15	<0.50	15	65	163~229	薄壁零件也不易出现白口层, 用于厚度在15公厘以下的, 不重要的零件以及厚断面而对强度要求不高的零件
C415 —32	3.2~3.5	2.0~2.4	0.7~1.1	<0.40	<0.15	<0.15	<0.50	18	70	171~229	抗生长能力低, 铸造性能良好, 用来制造不太重要的零件, 厚度为6~25毫米的零件
C418 —36	3.1~3.4	1.7~2.1	0.8~1.2	<0.30	<0.15	<0.30	<0.50	21	75	170~241	当零件厚度为8~25毫米时具有珠光体的组织及良好的强度, 抗生长能力不太大, 铸造性能良好, 可用于厚度的8~25毫米的重要零件
C421 —40	3.0~3.3	1.3~1.7	0.8~1.2	<0.30	<0.15	<0.30	<0.50	24	85	170~241	当零件厚度为10~30毫米时具有近似珠光体的组织及良好的强度, 抗生长能力不太大, 铸造性能良好, 用以制造厚度为10~30毫米的重要零件, 或厚度更大的, 比较不重要的零件
C424 —44	2.9~3.2	1.2~1.6	0.8~1.2	<0.20	<0.15	<0.30	<0.50	28	100	170~241	当零件厚度为20~40毫米时具有良好的机械性能, 此时组织接近珠光体, 耐蚀性良好, 抗生长能力也好, 铸造性能通用用来作重要的机器零件
C428 —48	2.8~3.1	1.1~1.5	0.8~1.2	<0.20	<0.12	<0.30	<0.50	32	110	170~241	用来制造厚度为20~100毫米的密封高负荷的零件 (如汽缸, 汽缸盖, 齿轮, 壁厚为20~60毫米的框架)
C432 —52	2.7~3.0	1.1~1.5	0.8~1.2	<0.20	<0.12	<0.30	<0.50	35	120	197~248	用来制造高负荷的厚度为20~100毫米的零件 (如汽缸, 汽缸盖, 小型曲轴, 齿轮等)
C435 —56	2.6~2.9	1.1~1.4	1.0~1.4	<0.20 (含硫量较高者) 1.3~1.8 (含磷量较高者)	<0.12 <0.12 0.3~0.5 <0.12 0.3~0.5	<0.30 <0.30 <0.50	<0.50	38	130	207~248	用来制造高负荷的厚度为大于20毫米的零件 (大型厚断面的套筒, 大马力, 发动机曲轴)
C438 —60	2.5~2.8	1.1~1.3	1.0~1.4	<0.20 (含硫量较高者) 1.3~1.8 (含磷量较高者)	<0.12 <0.12 0.3~0.5 <0.12 0.3~0.5	<0.30 <0.30 <0.50	<0.50	40	140	217~258	同上, 用来制造最厚的及重负荷的零件

注: 其中 CY24-44, CY28-48, CY32-52, CY35-56, CY38-60 已属于孕育鑄鐵範圍內了。

第一节 灰鑄鐵的規格及用途

我国的灰鑄鐵規格，大多数工厂都是根据自己的条件，参照苏联的規格而訂出的。苏联的灰鑄鐵規格是根据鑄鐵的机械性能来决定分类。表 2 即是苏联 ГОСТ1412-54 灰鑄鐵的規格。

在作机械性能試驗时，弯曲試驗是采用直径为30毫米具有鑄态表面的試棒，其支距为300或600毫米，試棒长为380及680毫米。见图 1 所示。挠度值因支距的不同而不同（表 2）。拉力試驗使用經過加工的試棒，試棒的直径因鑄件壁厚的不同而不同，并按表 3 选取。

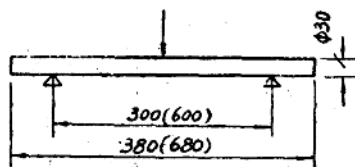


图 1 弯曲試棒

表 3

鑄件壁厚 (毫米)	試棒毛坯直径 (毫米)	試棒直径 (毫米)
< 16	20	10
16—30	30	15
31—50	40	20
51—70	50	25

第二节 鑄鐵基体的結晶

灰鑄鐵的結晶包括基体的結晶（基体是指除了石墨和其他包含物以外的組織）及石墨的結晶（石墨化）两者。本节只討論基体的結晶，而石墨的結晶則将要放到下节中来討論。

又常用的灰鑄鐵的成分絕大多数都是亚共晶的，故这里講到的都是限于亚共晶鑄鐵的結晶，至于共晶成分的結晶只不过比它少了一个初生組織結晶过程而已。由鉄碳相图可以看出，亚共晶成分的鉄水結晶首先析出初生的奥氏体，以后經過共晶轉变成为固态。我們称奥氏体的初生結晶以及残留下液态鉄水共晶轉变为一次結晶。它决定了晶粒大小及形状。以后奥氏体中碳的脱落，共析轉变，以及其他一些过程（如球化，聚合，时效等）属于二次結晶。二次結晶决定了鑄鐵的最終显微組織，当然一次結晶也能影响到二次結晶及显微組織。

§1 奥氏体結晶及共晶轉变

亚共晶鉄的結晶是从初生相——奥氏体树枝状晶体的生核和长大开始。晶体是在型壁的附近开始生核的。当温度多少低于液相綫时在液相中的核心周围开始生核长大。

奥氏体形成的温度和金属的过热度及夹杂的含量有关。金属的过热愈大，其中外来夹杂愈少，奥氏体形成的温度愈低。奥氏体是以树枝状的形式析出。因为奥氏体比原来的母液成分含有較多的鉄，因此，奥氏体的析出会引起液相成分的变化。奥氏体晶粒的附近液相为碳所增浓，而远离奥氏体晶粒的区域，含有較少量的碳，因此开始发生液相中的扩散过程。此外开始形成的晶粒比后来形成的含碳量少，因此在奥氏体的内部同样发生扩散过程。

直到液相达到共晶成分，奥氏体树枝晶体的形成才停止。以后开始液相的共晶分解，

奥氏体与高碳相同时析出，也就是形成共晶体。共晶体的析出开始于合金个别部分的树枝状奥氏体间隙内。形成共晶核心的量与合金的过冷度与含夹杂的程度有关，也与合金的化学成分有关。过冷度愈大，合金内的核心愈多，形成的核心量愈大，晶粒愈细。化学成分影响合金的过冷倾向和晶核的量。在冷却的过程中共晶的个别球状晶粒长大了，和邻近的晶体接合在一起。同时在树枝状晶体的空隙内可以有几个这样的晶粒或相反地，一个晶粒可以环绕几个树枝状晶体。

树枝状晶体的大小和特性与形成树枝状阶段的冷却速度有关。当冷却速度大时在这个温度阶段形成小而薄的树枝状晶体，当慢冷时树枝状晶体较粗大，量较少。

除了冷却速度外（或向同样方向作用的过冷度）树枝状晶体的大小，特性和位置还与铸铁的成分有关。

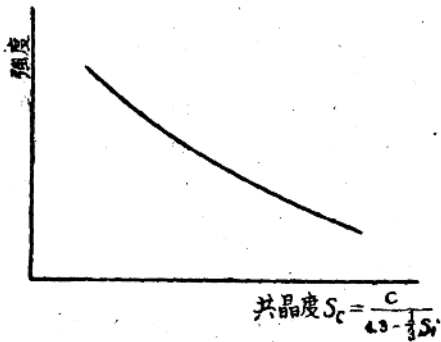


图 2 共晶度与铸铁强度的关系

(图 2)。

当然还与树枝状晶体的特性和量有关。除了树枝状晶体对生铁性质的这种直接影响以外，他们还起间接的影响。树枝状晶体的排列特性影响以后石墨的排列特性。因为共晶体拥集在树枝状晶体的中间并在那里进行他们的分解。

一次晶粒的大小同样影响铸铁的质量——他的结构不和树枝状结构有关，因为他们的形成是在两个不同的阶段内进行的，树枝状晶体是在一次结晶的开始阶段形成，而一次晶粒是在一次结晶的末了阶段形成。在达到沿晶界析出的易熔共晶（例如磷共晶）凝固的温度时这个过程可以完全结束。

晶粒的大小和许多因素有关。冷却速度的增加（或过冷度），减小一次晶粒的大小。铸铁中活性晶核的存在促使晶粒大小的改变。爐料的成分也影响晶粒的大小。当铸铁的化学成分相同时，应用一种白口铁的爐料得到的晶粒常比应用由白口和灰口铁组成的爐料的晶粒来得粗大。

一次晶粒的特性影响二次结晶。许多研究确定，一次組織对铸铁的性质起很大的影响，但是目前对一次組織还研究得很少。

§ 2 二次 結 晶

共晶转变后，在铸件进一步冷却过程中，在固态情况下，继续进行組織转变，铸铁的

随着碳含量的增加铸铁的成分接近于共晶，在这些铁中，树枝状晶体的量和大小较小，他们之间的距离将会增大。铸铁中其他元素的存在对树枝状晶体的形成给予相当大的影响。他的作用在于影响共晶点的位置和合金的过冷度。

树枝状结构对铸铁的机械性能起很大的影响，由交叉的树枝状晶体组成的坚固的骨架能保证高的机械性能。减少碳含量和在减少铸铁的共晶体可导致获得树枝状的坚硬骨架，大家都知道铸铁（普通灰铸铁）的强度极限随共晶度的增加而降低