

高等學校教學用書

金屬工藝學

第一分冊

杜比寧主編



機械工業出版社

高等學校教學用書



金屬工藝學

第一分冊

天津大學譯

蘇聯高等教育部審定爲
機械製造高等學校教學參考書



機械工業出版社

出版者的話

本書是根據蘇聯國立機器製造書籍出版社(Машгиз)1952年出版杜比寧(Н.П. Дубинин)主編的‘金屬工藝學’(Технология металлов)翻譯的。原書經蘇聯高等教育部審定為機械製造高等學校的教學用書。譯本可作為我國高等學校的教材和工廠技術人員的參考書。

全書共分七篇。譯本分為材料(包括金屬性質、冶煉、非金屬材料)、鑄造、金屬壓力加工、銲接、金屬切削加工及機床等五冊出版。

本分冊是原書的第一、二、六篇。均由天津大學譯校。其中第一篇(金屬及其性能)和第二篇(黑色和有色金屬的冶煉)為該校金工教研室安延濬、胡傳頌翻譯，高斯脫校訂。第六篇(非金屬材料)由化工系教師陳國符、汪德熙、孫令衡、張璽、閔觀銘、周乃庚、陸文漢、宋崑和研究生陳惟同等譯校。

書號 0648

1954年9月第一版第一次印刷 1955年1月第一版第三次印刷

787×1092¹/₁₈ 209千字 10²/₉印張 9,301—11,300冊

機械工業出版社(北京盛甲廠1號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第008號

定價 16,400元(19)

目 次

原序	7
緒論	9

第一篇 金屬及其性能

第一章 機械製造中所用的金屬及合金的主要性能	13
1 金屬及合金的機械性能	13
2 金屬和合金的結晶	15
第二章 平衡圖	18
3 平衡圖的構成	18
4 組成鐵碳合金的組織	19
5 鐵和滲碳體系統的平衡圖	20
6 鐵碳合金平衡圖的實際應用	22

第二篇 黑色和有色金屬的冶煉

第三章 煉鐵	25
7 俄國煉鐵發展簡史	25
8 蘇聯生鐵生產的發展	27
9 高爐生產的原料	28
鐵礦的種類及其化學成分——對鐵礦石的要求——錳礦——冶煉前礦石的準備——各種燃料的特性以及對它們的要求——熔劑的任務及其要求	
10 耐火材料的性能及其應用範圍	35
11 高爐的構造	36
12 高爐的附屬裝備	40
高爐裝料過程的機械化——熱風爐及熱風送入高爐的裝置	
13 高爐內進行的物理化學過程	41
14 高爐連續使用的時間，及其開爐和停爐	47
15 已還原的鐵的碳化過程和生鐵的形成	47
16 造渣的過程	48
高爐的渣及其用途	
17 物質平衡和熱平衡	49
18 高爐熔煉的技術經濟指標	50
19 煉鐵的斯大哈諾夫工作法	50
20 富氧送風的應用	51
21 生鐵澆鑄法	51
混鐵爐的用途及其構造	
22 高爐生產的產物	53

按蘇聯國家標準的規格,高爐生鐵及鐵合金的分類及其應用範圍——高爐煤氣,它的清潔及其利用

23 從礦石直接還原的煉鐵法	56
----------------	----

第四章 煉鋼 57

24 俄羅斯的鋼鐵發展簡史	57
---------------	----

25 現代煉鋼法	59
----------	----

蘇聯煉鋼的發展

26 用空氣或氧氣吹煉液體生鐵的煉鋼法	61
---------------------	----

27 酸性爐襯的轉爐中煉鋼	62
---------------	----

28 鹼性爐襯轉爐中的煉鋼	64
---------------	----

29 酸性和鹼性轉爐所煉的鋼,其品質的比較及其應用範圍	66
-----------------------------	----

30 平爐煉鋼	66
---------	----

平爐煉鋼的原料——平爐的構造及其工作原理

31 平爐中的裝料,熔煉的熱規範,以及雜質的氧化	70
--------------------------	----

32 固體爐料的鹼性熔煉法	72
---------------	----

33 液體爐料的鹼性煉鋼法	73
---------------	----

34 鹼性廢鋼礦石煉鋼法	74
--------------	----

35 酸性平爐中的煉鋼特點	75
---------------	----

鹼性爐和酸性爐所煉的鋼,其脫氧和品質的比較——在鹼性和酸性兩個平爐內的煉鋼法

36 熔煉及鋼品質的檢驗	77
--------------	----

37 平爐工作的技術經濟指標	77
----------------	----

38 平爐煉鋼的優點和缺點	78
---------------	----

39 平爐煉鋼的斯大哈諾夫工作法	78
------------------	----

40 電爐煉鋼	79
---------	----

電爐煉鋼發展簡史

41 煉鋼電爐的構造	80
------------	----

42 電爐煉鋼的金屬和造渣材料	81
-----------------	----

43 鹼性電爐中的煉鋼法	82
--------------	----

雜質完全氧化的煉鋼——部分氧化的和不氧化的煉鋼法

44 酸性電爐中煉鋼的特點	86
---------------	----

45 高頻率電爐煉鋼的特點	87
---------------	----

46 應用電爐的聯合煉鋼法	87
---------------	----

47 現代的製造熟鐵法	87
-------------	----

48 澆鑄鋼錠	88
---------	----

澆鑄鋼錠的設備及附屬裝置

49 沸騰鋼的鋼錠生產	90
-------------	----

50 澆鑄鋼錠的方法	90
------------	----

51 鋼錠的結構及其缺陷	92
--------------	----

第五章 煉銅 94

52 俄羅斯煉銅發展簡史	94
--------------	----

53 銅礦及其化學成分	95
-------------	----

54 銅礦的富集方法和富集銅礦和礦石熔煉的準備工作.....	96
55 冰銅的製造.....	97
56 吹煉粗銅法.....	100
57 銅的火法精煉.....	101
58 銅的電解精煉.....	102
59 濕法煉銅.....	104
第六章 煉鋁.....	106
60 鋁礦的特點及其礦區.....	107
61 純礬礬土的煉法.....	107
62 電解礬土及其應用設備.....	109
63 鋁的精煉及其種類(蘇聯國家標準).....	110
64 電熱法煉鋁及鋁合金.....	111
第七章 煉鎂.....	112
65 煉鎂原料的特性.....	112
66 電解鎂原料的準備.....	113
67 煉鎂電解池的構造.....	113
68 從氯化鎂中電解鎂的工藝.....	114
69 鎂的精煉.....	115
70 熱煉法和炭熱法煉鎂的概念.....	115
第六篇 非金屬材料	
第三十三章 木材.....	119
208 木材的結構.....	119
209 樹木材料的物理-機械性質.....	121
210 木材料的結合與成型.....	123
第三十四章 塑料及其性質與用途.....	127
211 以縮聚樹脂為主體的塑料.....	128
212 以聚合樹脂為主體的塑料.....	131
213 以纖維酯醃為主體的塑料.....	134
214 瀝青類塑料.....	135
215 塑料的成型方法.....	135
216 夾層塑料.....	139
夾層塑料的製品	
217 其他從塑料生產製品的方法.....	143
第三十五章 塗料.....	145
218 色漆.....	145
219 塗髹油漆的方法.....	147
220 清漆.....	148
221 磁漆及磁漆塗層.....	151
第三十六章 橡膠材料及產品.....	153

222 天然橡膠	153
223 合成橡膠	154
224 製造橡膠的技術	156
第三十七章 皮革及其性質和用途	163
第三十八章 石棉及石棉製品	167
第三十九章 玻璃, 玻璃的性質與用途	171
225 玻璃的性質	173
中俄名詞對照表	176

原 序

‘金屬工藝學’課程的教材是根據蘇聯高等教育部批准的機械製造高等學校的教學大綱編寫而成的。

本教材有七篇：一、金屬及其性能；二、黑色金屬和有色金屬冶金學；三、鑄造生產；四、金屬壓力加工；五、金屬的銲接與切割；六、非金屬材料；七、‘金屬切削加工和機床’。

在編寫本教材時，作者已考慮到，本專業學生在實習工場工作後所聽到的和所熟悉的基本技術述語，以及機器零件製造的工藝過程部分。

本教材是由莫斯科巴烏孟高等技術學校全體教員所編寫的。

第一篇‘金屬及其性能’是由工學碩士杜比寧（Н.П.Дубинин）副教授編寫的；第二篇‘黑色金屬和有色金屬冶金學’是由工學碩士席符杜諾夫（П.П.Жевтунов）副教授編寫的；第三篇‘鑄造生產’是由工學碩士杜比寧副教授和席符杜諾夫副教授編寫的；第四篇‘金屬壓力加工’是由工學碩士斯托洛席夫（М.В.Сторожев）副教授編寫的；第五篇‘金屬的銲接與切割’是由工學碩士納柴洛夫（С.Т.Назаров）副教授編寫的；第六篇‘非金屬材料’是由鮑包夫（В.А.Попов）工程師編寫的；第七篇‘金屬切削加工和機床’是由工學碩士巴欽柯（К.П.Паниенко）副教授、鮑包夫（Л.А.Попов）副教授和葛拉基林（А.Н.Гладилин）副教授編寫的。

‘模型生產’一章是由工學碩士巴拉平（В.В.Балабин）編寫的，‘銜壓’一章是由工學碩士鮑包夫（Е.А.Попов）編寫的。

作者對在審閱原稿時提出寶貴意見的莫斯科巴烏孟高等技術學校金屬工藝教研室、機器製造教研室、鑄造生產教研室、壓力加工教研室、銲接生產教研室、金屬學教研室全體工作同志和教研室的領導同志致謝。

緒 論

在高級專門人材的一般工程訓練中，‘金屬和材料工藝學’課程起着很大的作用。在這門課程中，講授金屬及其合金獲得的方法，它們的合理加工方法，以及生產機械製造零件的工藝基礎。

金屬和材料工藝學是關於機械製造材料獲得的方法及其物理化學的加工方法等新知識的綜合科學。物理化學加工的目的是使材料具有在機械製造生產中所必需的性能和形狀。

每個工業部門都是以利用歷代勞動所創造的以及該生產工藝綜合所擬定的方法和技術方法為基礎的。

在‘金屬和材料工藝學’課程中給予各種生產部門的知識，黑色和有色金屬的冶煉，鑄造生產，金屬壓力加工，金屬的銲接和切割，金屬的切削加工以及非金屬材料等。

從古時起，在技術和工業發展的事業中，俄羅斯人民便有創造性的貢獻。

在我國所保存的無數歷史古蹟中，說明了俄羅斯人民有高度的技術水平，他們為保衛祖國，保衛和平的需要而早就發展了技術。

很多重要的技術發明都是首先在俄羅斯實現的，並且曾大大地超過了西歐和美洲的技術水平。

關於金屬科學的現狀應當大大地歸功於俄羅斯學者、研究家、工程師和生產者的勞動。

早在沙俄時代，機械製造工業的發展還比較薄弱時，俄羅斯的學者們已經是科學的機械製造的創始者。

在1764年，波爾松諾夫(И. И. Ползунов)創造了第一架蒸汽機。

在十八世紀初期，納爾托夫(А. К. Нартов)創造了有架的金屬加工機床和做型車床。

在十八世紀，偉大的俄羅斯學者羅蒙諾索夫(М. В. Ломоносов)在很多技術部門中，如在地質學、化學、物理學、採礦生產和冶金學等中，遺留下很多的發明和研究。

在1764年，佛羅洛夫(К. Д. Фролов)創立了原始企業的系統，這是後來的自動化工廠的標誌。

在1806年，佛羅洛夫(П. К. Фролов)建造了第一條鐵路。

在1833年，契爾潘諾夫(Е. А. Черепанов)和契爾潘諾夫(М. Е. Черепанов)造成了第一輛蒸汽機車。

在1837年，沙佛諾夫(И. Сафонов)發明了並造成了第一架水力渦輪機。

在1835~1842年間，阿諾索夫(П. П. Ансов)發明了洗金機。在金屬和合金的研究中，他也有很大的貢獻(1797~1851年)。他首先發現了達馬士革(Булат)鋼的製造方法，同時把它應用到工廠的實踐中(1841年)，他首先發現在顯微鏡下研究金屬組織的可能性，同時研究鋼的組織及其性能間的關係。此外，阿諾索夫研究錳、鉻和鈦對於鋼的性能的影響(1841年)。阿諾索夫還研究氣體滲碳過程(1837年)，同時也研究退火過程對鋼的性能的影響。

在十九世紀的六十年代裏，蒸汽機車創造者的姪兒契爾潘諾夫(А. Черепанов)創造了第一輛蒸汽汽車。

傑出的俄羅斯學者契爾諾夫(Д. К. Чернов, 1838~1921年)應認為是金相學之父；他的著作在冶金學的發展史中開闢了新紀元。契爾諾夫在缺乏溫度計和金相顯微鏡的條件之下，指出了，鋼在冷卻和加熱時期中，根據鋼的化學成分而在一定的溫度之下，要發生組織的變化。這些溫度稱為鋼的‘特殊點’，並用字母 a 和 b 表示(圖4)。

契爾諾夫是鋼和鐵內同素異形變化的原子學說的創造者。根據契爾諾夫的意見，臨界點和空間格子的改組(在一定溫度之下)有關係，因而也確定了鐵和鋼內物理變化的本質。關於現代的鋼的淬火和回火的理論概念也是契爾諾夫所創造的，他首先創造了鋼的結晶的理論。

在金屬科學的範疇中，契爾諾夫的繼承者有庫爾納柯夫(Н. С. Курнаков)，巴衣柯夫(А. А. Байков)和古特車夫(А. Т. Гудцов)院士以及鮑契瓦爾(А. М. Бочвар)教授。



阿諾索夫。



契爾諾夫。

庫爾納柯夫院士(1861~1941年)創造了合金的物理化學性能及其組織相互聯繫的科學。庫爾納柯夫曾設計並造成了一種特殊的自動紀錄高溫計，在研究合金的性能時，有很大的用途。

巴衣柯夫院士(1870~1946年)用庫爾納柯夫的自動紀錄高溫計研究了測定臨界

點的差動法(Дифференциальный Метод)。此外,他還研究每種元素對鋼和有色金屬品質的影響。

鮑契瓦爾教授首先研究了摩擦係數很小的合金組織。斯大林獎金獲得者鮑契瓦爾院士,在研究合金方面工作的同時,確定了合金成份和性能之間的關係,製成了鋁基複雜合金的熔點圖表,同時研究了很多特種合金。現代鋼的熱處理的理論知識主要是以石欽別爾格(С. С. Штейнберг 1872~1940 年)教授及其學派的著作為基礎。在獲得優質合金的理論基礎方面,古特車夫院士和斯大林獎金獲得者庫爾杜莫夫(Г. В. Курдюмов)院士均有巨大的貢獻。

衆所共知的俄羅斯發明者和學者的姓名尚能舉出很多:如庫李平(И. П. Кулибин, 1735~1818 年),門捷列也夫(Д. И. Менделеев, 1834~1907 年),夏勃洛金(П. Н. Яблочкин, 1847~1894 年),波波夫(А. С. Попов 1859~1905 年),茹柯夫斯基(Н. Е. Жуковский, 1847~1921 年),巧巴依柯夫爾柯夫斯基(К. Э. Циолковский, 1857~1935 年)等。

封建地主的政府阻礙了生產力和科學在俄國的發展。我國同胞的許多發明不能在我們的生產中廣泛地運用,反而被外國利用了。

列寧-斯大林黨和蘇維埃政府消滅了祖國古老的技術經濟的落後性,同時這個黨和政府是人類歷史中最偉大的科學技術進步的組織者。由於共產黨的英明政策(國家工業化和集體化的政策),由於蘇維埃社會和國家制度的優越性,在蘇聯的技術部門中進行了真正的革命。我們的國家從古老的農業國改造成世界上生產技術最先進的工業化和集體農業化的強國。

由於戰前斯大林五年計劃勝利完成,我們在最新的,最先進的技術基礎上完成了工業和一切國民經濟部門的改造。

在偉大的衛國戰爭勝利地結束以後,國民經濟是以空前未有的速度在恢復和發展着;到戰後五年計劃快要結束時,所有的主要工業部門的生產都超過了戰前的水平。僅在 1950 年,我們的工業創造了 400 種以上,在 1951 年又創造了 500 多種新式高速生產的機器和機械。爲了掘土工作的機械化,製造了可移動的掘土機,它的臂長 65 公尺,掘土杓的容量爲 14 立方公尺。

在採煤工業中完成了掘進、破碎和地下運輸過程的機械化。在 1951 年,機床製造工業掌握了 150 種以上的新式的高速生產金屬切削機床和鍛壓機。

在一年之內,農業方面獲得了 137000 架以上的拖拉機,53000 架以上的康拜因機,以及 2 百萬架以上的牽引農具。在 1951 年,集體農莊中 100% 的荒地和熟地的耕耘工作都是用拖拉機牽引的。60% 的全部穀物種植面積都是用康拜因機收割的。



巴依柯夫。

‘金屬和材料工藝學’課程可使同學們具有技術的基礎，以完成第一個機器零件的設計，同時使同學們具有學習專業課程的基礎，這些專業課程如機器製造工藝學、金屬切削原理和機床等。

在實習工廠中，學生們熟識了技術名詞，獲得了金屬工藝學的具體真實材料，因此同學們能更深入地研究這門課程。

研究這門課程時所獲得的理論知識，同學們可在工廠中進行第一次生產實習時，得到鞏固。

‘金屬和材料工藝學’課程中的‘金屬性質’一篇給與金屬及合金構造的概念，在不同溫度時，金屬及合金組織變化的概念，以及機械製造中所用的金屬及合金的主要性質的概念。

金屬工藝學課程中這一篇的知識是學習‘鑄造生產’和‘壓力加工’兩篇所必需的。關於金屬及合金的構造，它們的熱處理，以及物理化學性質和機械性質等更詳細的知識，則在‘金屬學’課程內講授。

課程中的‘冶金’一篇給與從礦石提煉金屬的概念，生鐵煉成鋼的概念。在‘冶金’一篇中也給予製造優質金屬，研究金屬錠缺陷的原因，以及用各種冶煉方法所製成的金屬材料的性能等知識。這篇的知識是研究‘鑄造生產’、‘壓力加工’兩篇和‘金屬學’課程所必需的。

課程中‘鑄造生產’一篇給予現代生產鑄件的合理方法，生產鑄件所用的機器，以及考慮鑄件製造工藝設計鑄件的要點等概念。課程中的‘壓力加工’一篇給予金屬變形，用輾壓和拉絲法製造坯料，現代製造鍛件和衝壓件的合理方法，鍛造和衝壓中所用的機器和工具，以及用壓力加工製造的零件的設計要點等概念。

課程中的‘銲接生產’一篇給予銲接的基本方法，銲件的製造工藝，銲縫的缺陷及其消除方法，銲接的機器（手工的和自動的）以及設計銲件的要點等概念。

課程中的‘非金屬材料’一篇，給予製造非金屬材料，它們的物理化學性能以及選擇非金屬材料製造各種機器零件等概念。在最近的年代裏，所有的機械製造部門中，都開始廣泛地採用非金屬材料。

課程中的‘金屬切削加工和機床’一篇給予金屬和非金屬材料的切削加工的合理方法，以及金屬切削機床和設備的構造等概念。

第一篇 金屬及其性能

第一章 機械製造中所用的金屬及合金的主要性能

在現代的機械製造中，我們採用純金屬及其合金。金屬及其合金具有機械製造所必需的物理化學和工藝性能，這樣可以用較簡單的工藝方法，把它們製成所需要的零件。

在機械製造中所用的金屬，以金屬的合金為主，很少用純金屬。

合金是以某種單純的工程金屬作為基礎，並與其他金屬或非金屬(Si, C, P 和 S 等)一同熔煉而成的。

合金常比純金屬具有更好的機械性能和工藝性能。合金的性能視其所含的成分以及合金的組織而定。

在機械製造中，我們採用以鐵為基礎的合金(碳素鋼，特種鋼，白口鑄鐵，灰口鑄鐵以及可鍛鑄鐵)和以銅、鋁、鎂為基礎的有色金屬合金。

對用作結構材料的金屬及合金應具有下列要求：優良的機械和工藝性能，足夠的韌性，化學的穩定性以及有時要一定的物理性能。

設計者應該針對零件所提出的技術要求，而選擇具有合乎這些要求的性能的金屬。

1 金屬及合金的機械性能

金屬及合金的機械性能是以抗拉，抗壓，抗彎和抗扭的強度極限來表示的。此外，合金應具有必要的硬度和韌性。

表1所列的為常用合金的若干機械性質的指數。

合金的這些機械性能可作為設計和計算零件的強度時的根據。

金屬和合金的物理性能 金屬和合金的物理性能決定於它們的比重，長度和體積的膨脹係數，導電性，導熱性和熔點等。關於金屬和合金的物理性能的數據列於表2中。

按照零件的技術要求和結構而選擇具有某些物理性能的金屬。例如：或比重小，或熔點高，或導熱性好等。

金屬和合金的化學穩定性 金屬和合金的化學穩定性是在常溫或變溫時，金屬和合金抵抗各種活動介質的化學作用的能力。這種性能對於機械製造具有特別的意義，在設計機器和零件時，是不得不考慮的。因銹蝕而破壞的金屬使工業上遭受巨大

表1 常用合金的機械性能

合金名稱	抗拉強度極限 (公斤/公厘 ²)	伸長率(%) $l=5d$	勃氏硬度 H_B	用途
工程用鐵(純鐵)	23	30	90	隔膜鐵片
灰口鑄鐵	12~38	到0.25	143~220	鑄件
高級鑄鐵	30~60	0.5~10	170~262	重要鑄件
低碳鋼(軟)	32~70	11~28	100~130	鍋爐鐵管子, 鍋爐
中碳鋼(中硬)	50~70	12~16	170~200	軸, 連桿, 棍, 鋼軌
淬火與回火後的硬鋼	110~140	6~9	300~450	衝鍛和切削的工具
錫青銅	15~25	3~10	70~80	抗磨和抗銹的機件
鉛青銅	40~50	10	120	抗磨和抗銹的機件
一元黃銅	25~35	30~60	42~60	彈殼生產
二元黃銅	35~45	30~40	—	熱衝鍛所製的機件
含矽的鋁合金	21~23	1~3	65~100	航空機件
鐵合金	24~32	10~16	60~70	航空機件

表2 主要金屬及合金的物理性質

金屬名稱	比重	熔點(°C)	導電性	導熱係數 仟卡/公尺秒	線膨脹係數
鋁	2.70	658	34.3	0.504	0.0000238
鋁合金	2.6~2.9	—	—	0.20~0.42	0.000021
鎂	1.74	650	23.2	0.376	0.0000260
鎂合金	1.8~1.81	—	—	0.18~0.32	0.0000264
銅	8.93	1083	57.2	0.938	0.0000269
黃銅	8.5~8.85	—	—	0.25~0.58	0.000018
鐵(純)	7.86	1530	10.0	—	0.0000930

的損失。每年這種損失要達數百萬噸金屬和數十億盧布的人民財產。

為消滅這樣浩大的損失，在機械製造業中人們採用化學穩定性良好的合金，例如：不銹鑄鐵、不銹鋼、以銅和鎳為基礎的各種化學穩定的合金。此外，也可以用能起保護層作用的油漆和塗料，把它們塗在零件上。

金屬和合金的工藝性能 金屬和合金的工藝性能有鑄造性、可鍛性、可鐸性以及用切削工具的加工性。

金屬和合金的鑄造性 金屬和合金的鑄造性基本上決定於流動性、收縮性和對偏析的趨向。流動性是合金充滿鑄型的能力。收縮性是指凝固和冷卻時，金屬體積的收縮。零件各部分內固體合金化學成份的不一致性稱為偏析。

在設計鑄鐵零件時，要考慮到，鑄鐵具有優良的鑄造性——良好的流動性，較小的收縮性以及很小的偏析；鋼的流動性則比鑄鐵小，但它的收縮性和形成偏析的性能則比鑄鐵大，青銅具有很好的流動性和較小的收縮性。

金屬的可鍛性 金屬承受壓力加工的能力稱為可鍛性，即金屬在外力作用之下能成為新的形狀而不損壞其整體性的能力。金屬能在冷的或熱的狀態時具有可鍛性。

熱的鋼具有優良的可鍛性，但熱的鑄鐵則無可鍛性。冷的黃銅和鋁合金具有優良的韌性。青銅的可鍛性不佳。

金屬的可鉚性 用局部加熱金屬的方法，使其達到熔化或塑性狀態，然後使用機械壓力或不用機械壓力，而使金屬造成堅強的接頭，金屬的這種性能稱為可鉚性。

低碳鋼具有優良的可鉚性，鑄鐵、銅合金和鋁合金的可鉚性相當差。

2 金屬和合金的結晶

金屬和合金的性能視其結晶的構造而定。

一切固體可分為非晶體和結晶體。非晶體的特點是，原子的排列是不規則的和紊亂的。

一切金屬及其合金從液體轉變到固體時均伴着結晶的形成。因此所有固體的金屬及其合金均為結晶的構造。

早在十八世紀，俄羅斯的天才學者羅蒙諾索夫首先確定了金和銅的結晶構造以及這些結晶構造與食鹽的結晶有相同之點。1878年，俄羅斯學者契爾諾夫觀察鋼液凝固時，確定了鋼的結晶過程也和食鹽相似，契爾諾夫在結晶方面的理論工作是進一步發展金屬和合金的結晶概念的基礎。

在高溫時，熔化金屬中的原子，它們的運動是不規則的，但當轉變到固體的金屬時，它們排列成一定的次序，形成了所謂的結晶格子。結晶格子的構造及其中原子的排列，則視金屬的本性而定。

純金屬的構造 體心立方體 a (圖1)，面心立方體 b 和六方晶格 c 是金屬元素結晶格子的最普通的型式，這些型式是按原子的排列而分的。結晶格子內原子間的距離稱為晶格常數，以 $\text{\AA}$ (安格斯脫爾姆) 度量之； $\text{\AA}$ 相當於 10^{-8} 公分。若干金屬，例如固體的鐵，在不同的溫度時，可以有不同的結晶格子的構造，或在結晶格子構造的形狀相同時，有不同的晶格常數。結晶格子構造和晶格常數的改變常使金屬的物理化學性能發生改變。從一種空間格子到另一種

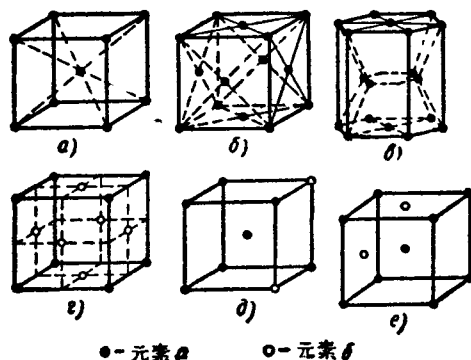


圖1 純金屬和合金的結晶格子的主要型式：
 a —體心立方體； b —面心立方體； c —六方晶格；
 d —化合物； e —代替固溶體； f —間隙固溶體。

空間格子的原子改組過程中，或在一定溫度之下的空間格子的改變稱為同素異形變化。鐵的同素異形變化如下：在 $1535 \sim 1390^\circ$ 時，為體心立方晶格，其晶格常數 $\text{\AA}$ 為 $2.93\text{\AA}$ ，稱為 δ -鐵。在 $1390 \sim 910^\circ$ 時，為面心立方晶格，其晶格常數為 $3.66\text{\AA}$ ；這種鐵稱為 γ -鐵，無磁性，能溶解碳。在 $910 \sim 768^\circ$ 時為體心立方晶格，其晶格常數為 $2.9\text{\AA}$ 。這種鐵也無磁性，稱為 β -鐵或無磁性 α -鐵。在低於 768° 時，鐵仍為體心立方晶格，

其晶格常數為 $2.87 \text{ \AA}$ 。這種鐵有磁性，能溶非常少量的碳。它稱為 α -鐵。

固體內的原子是處於靜止的和固定的狀態中。它們按照一定的振幅而振動，而且振幅隨溫度的升高而增大。

合金的構造 固體合金成分中所含的元素，或為原組成物的機械混合物結晶，或為化合物結晶，或為固溶體結晶等不同形式。

機械混合物按其組織是不均勻的物體，合金成分中所含的個別元素能用肉眼，或在顯微鏡下充分放大後，而區別其單獨的結晶形狀。

化合物的組織是均勻的固體結晶，所含的諸元素有精確的重量比。在合金中，化合物形成特別的晶格，原組成物的原子在晶格中有一定的位置。

化合物晶格中原子排列的例子如圖 1, a 所示。

固溶體是均勻的固體，其中所含的諸元素，即使在顯微鏡之下充分放大後，亦不能區別出來。

元素可以任何重量的比例（無限地或部分有限地）溶於固溶體的結晶格子中。固溶體的基本型式分為兩種：代替固溶體（圖 1, a）和間隙固溶體（圖 1, b）。在代替固溶體中，被溶組成物的原子代替了溶劑晶格中的原子。在間隙固溶體中，被溶元素的原子分佈在溶劑晶格的原子之間。

金屬和合金的組織 結晶過程中所形成的金屬組織視結晶過程的特性而定。結晶過程的特性則視晶核形成的數量和這些晶核的結晶長大速度而定。

鋼錠和錠模接觸的表面上開始結晶（圖 2）。圍繞晶核而形成晶粒。這種晶核是一羣初生的結晶的晶格和極細的渣和非金屬包含物。

晶粒圍繞晶核的發展與圍繞已形成的晶核發展的新晶格有關，這種晶粒的發展在各個方向是進行得不一樣的（圖 2）。在形成結晶軸的熱流方向中，可看到最大的長大速度。

因此，在結晶過程中，當結晶自由發展時，便獲得了所謂樹枝狀的結晶（圖 3）。因

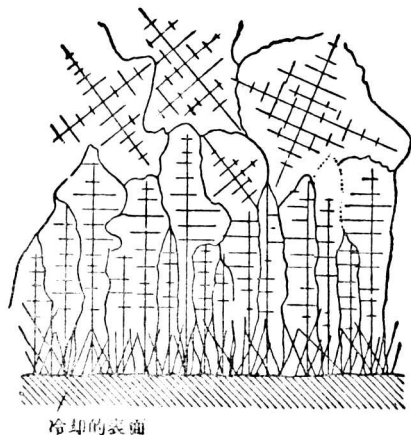


圖 2 鋼錠內部和外部的樹枝狀結晶分佈圖(契爾諾夫)。

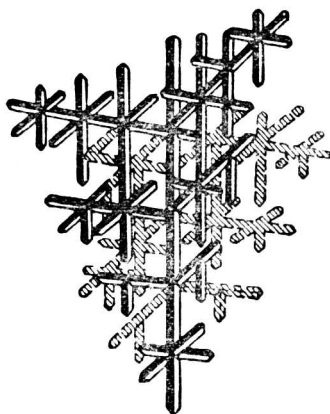


圖 3 契爾諾夫的樹枝狀結晶圖。