

金屬學與鋼的熱處理

包格但諾夫著 楊曾燾譯



機械工業出版社

金屬學與鋼的熱處理

包格但諾夫 著

楊 曾 燕 譯



機械工業出版社

1953

出版者的話

熱處理工作的好壞，是決定產品質量的重要因素之一，在機械製造中有特別重要的地位。

本書在蘇聯是寫給熱處理車間及實驗室的技術人員和熟練工人用的，對金屬學和熱處理的基本知識作了簡明的敘述。內容除金屬學的基本理論知識外，還分別討論了鑄鐵、鋼、合金鋼、有色金屬及合金、減摩合金、高速鋼及其代用品等的熱處理問題。另外還有兩章分別討論了金屬壓力冷加工和金屬防蝕的問題。結合各部分的討論，書中列舉很多熱處理方面的實用資料，可供實際工作參考。

譯者在譯稿中曾改正了一些原書排校上的錯誤。讀者如發現其他疏誤，請函寄本社以便再版修正。

本書可作熱處理技術員工參考之用。同時也可作中等技術學校熱處理課的教材。

本書根據蘇聯 С. Г. Богданов 著 'Металловедение и Термическая Обработка Стали' (Машгиз 1950 年第一版) 一書譯出

* * *

著者：包格但諾夫 譯者：楊曾燾

文字編輯：曾一平 責任校對：唐佩卿

1953 年 3 月發排 1953 年 10 月初版 1—6,500 册

書號 0206-C-67 31×43¹/₂₅ 195 千字 112 印刷頁 定價 12,200 元(乙)

機械工業出版社(北京盤甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲 1 號)印刷

中國圖書發行公司發行

原 序

要提高產品的質量和降低生產成本，必須訓練工人和技術人員，使他們能很好地掌握最先進的工作方法。金屬加工工藝部門如果要達到這個任務，就非從訓練熱處理車間工作人員着手不可。如果熱處理時技術拙劣，便會把完成機械加工的製件毀為廢品，而白白地化費了很多勞動，造成財富的損失。再如當時不能發現熱處理的缺點，而把有毛病的製品裝配到機器裏，使這部機器很快地不能使用，情形就更壞了。如果計算熱處理時產生廢品的損失價值以及機器由於這個原因而毀壞時的修理費用，那是非常驚人的。

爲了減少金屬的浪費，製造時必須運用合乎最新技術原理的熱處理方法。這樣可使裝配完成的機器不致由於個別機件的斷裂而停車，並可減少機件的磨損，延長機器的壽命。

我們在節約貴重的稀有金屬方面也獲得了極大的成就。譬如已製成了若干種新號碼的高速鋼代用品；而且再把這種鋼的刀具經過氮化，便可得到很好的切削性能，這樣便可節省鎢的消耗量。從前氮化過程所需的時間太久，不能普遍地應用。自從氣體滲氮法發明之後，大大地縮短了氮化過程的時間，於是在工業中便迅速地推廣了。

又如若干製品經過表面淬火後，就能獲得足夠滿意的品質。這種方法與普通淬火比較，非但可以減少廢品，同時也節省了加熱所耗的熱量。

自從金屬加熱應用中性爐氣以來，產品的品質便大大地提高。這個方法可以避免金屬在加熱時發生脫碳現象和避免金屬表皮發生氧化。據大致的估計，平常加熱時形成銹皮所浪費的金屬幾乎佔全部的5%，由此可想像到利用中性爐氣所獲得利益的巨大。鍛造坯料如果是放在中性爐氣中加熱，由於不會形成銹皮，爲機械加工所留的餘量就可減

少。如果鍛品的尺寸足夠準確，則局部的地方或竟至全部都不必再行機械加工，這樣便能進一步地提高機械車間的產量。

以上各方面，足以說明熱處理對於機械製造的重大意義。因此，不僅加強熱處理車間和實驗室的工作刻不容緩，並且研究工作也需要大力地發展。

關於鋼在加熱和冷卻時所經過的各種現象，以及其一般原理，本書已作基本的敘述。鋼的熱處理範圍內的最新技術成就也都一一加以敘述。對於個別問題的說明，如合金鋼，配火脆性和氮化等，因受篇幅所限，未能詳細分析。

希望工程界同志們對本書多提意見。

著者

目 次

原序

緒論	1
第一章 金相學基礎	7
1 金屬結晶構造的概念	9
2 合金是什麼	13
3 二元合金狀態圖的製定	14
4 組分由液態中呈純粹狀態而析出,在固態時互相完全不溶的合金的 狀態圖	17
5 組分在凝固時形成一系列各種濃度的固體溶液的合金的狀態圖	19
6 組分在固態時部分溶解的合金的狀態圖	21
7 組分在凝固時形成化合物的合金的狀態圖	22
8 鐵—碳合金的狀態圖	23
含碳量在 0.83% 以下的合金——含碳量自 0.83% 到 1.7% 的合金——含 碳量自 1.7% 到 4.3% 的合金——含碳量自 4.3% 到 6.67% 的合金	
9 鐵和鋼的臨界點	28
第二章 鋼的缺陷和熔化控制	31
10 孔隙	31
縮孔和收縮碎裂——氣泡	
11 鍊裂	33
12 雜質分佈的不均勻	34
帶狀偏析——枝狀偏析	
13 鋼內的白片和鱗狀斷口	36
14 外來包圍物	37
15 鋼的非顯微結構檢驗法	38
第三章 機械性質	43
16 金屬和合金的機械試驗	43

17 硬度試驗	48
第四章 退火	51
18 退火的條件	52
19 冷卻速度對於鋼的結構的影響	55
20 鑄件的退火	57
21 鋼的加速退火	60
22 在無氧化性的爐氣中退火	61
第五章 鋼的淬火	67
23 加熱的溫度和速度	69
24 均熱時間和冷卻速度	72
25 冷卻液體	75
26 鋼淬火時的缺陷	80
淬火時的變態—— 淬火時工件尺寸的改變和翹曲	
27 表面淬火(表面硬化)	86
用氧炔焰加熱—— B. II. 沃洛格金的高頻電流加熱法—— H. B. 格菲林格 的電流加熱法—— 以電解質噴射流中通過的電流淬火法	
28 等溫或分步淬火	88
29 淬火鋼的冷處理	92
30 鋼的硬化性	93
第六章 淬火鋼的配火	97
31 配火對於鋼的性質的影響	97
32 配火溫度和均熱時間	98
第七章 鋼的化學熱處理	100
33 滲碳	100
34 滲碳鋼	100
35 滲碳物質	101
36 工件在滲碳前的準備工作和裝入箱中的手續	102
37 滲碳時的加熱溫度、保熱時間和以後的熱處理	105
38 利用滲碳來測定鋼的晶粒大小	108
39 氣體滲碳	110
40 鋼的氮化	111

41 氮化	114
第八章 合金鋼	120
42 合金元素對於鋼的品質的影響	122
碳——錳——矽——鉻——鎳——鎢——鈮	
43 鎳鋼	127
44 鉻鋼和鉻鎳鋼	130
45 錳鋼	133
46 鎢鋼	136
47 鉻鎳鋼和鉻鎳鈷鋼	136
48 鉻錳矽鋼	140
第九章 高速鋼	143
49 高速鋼和它的熱處理特點	143
50 高速鋼的代用品	145
51 提高高速鋼刀具的耐用性	149
52 刀具的氮化	150
在熔融鹽類中氮化——在氣體介質中氮化——在固態物質中氮化	
第十章 金屬的壓力冷加工	158
53 加工硬化對於機械性質的影響	159
54 影響金屬變形本能的因素	161
55 加工硬化金屬的退火	162
56 機件表面的噴砂加工	164
第十一章 鑄鐵	168
57 灰鑄鐵	169
58 石墨體包圍物和雜質對於鑄鐵機械性質的影響	169
59 鑄造灰鑄鐵的熱處理	171
60 可鍛鑄鐵	173
61 可鍛鑄鐵的迅速退火	175
第十二章 金屬的腐蝕和防止的方法	177
62 腐蝕的種類和影響腐蝕的因素	177
63 金屬防蝕的方法	180
外表被膜——鈍化——氧化——磷酸化——發藍——金屬物質的保護	

膜——腐蝕性介質的處理

第十三章 有色合金 185

64 金屬及合金的成分和性質 185

銅——黃銅——青銅——青銅代用品——鋁和它的合金——鎂和它的合金

第十四章 減摩合金 200

65 錫基和鉛基減摩合金 201

66 銅基減摩合金 204

附錄 206

1 數種製品的配火溫度 206

2 合金機器鋼的化學成分 207

3 合金機器鋼的機械性質 212

4 布利聶爾和洛克威爾硬度數對照表 215

參考書目 216

緒 論

金屬對於國家經濟和人民生活都具有非常重大的意義，在一切工業部門中都廣泛地應用到金屬材料。特別是在戰時，金屬的消耗量尤其鉅大。

在工程上和日常生活中最常應用的計有：黑色金屬（包括鐵和鐵碳合金的鋼、生鐵）；有色重金屬（包括銅及其和錫、鋅、錳、矽等的合金，鉛及其合金）；有色輕金屬（鋁、鎂及其合金）。

鋁合金和鎂合金較輕，而且具有相當高的機械性質，故在工業中應用日廣。由此可以推斷，鎂是最有發展前途的金屬。

金、銀、鉑、鈀等金屬因為價格高昂，只有在特殊的情形下才應用這一類的純金屬。例如，鉑用以製造熱電偶高溫計，實驗用坩堝；銀用以製造某種保險絲，特殊開關等。

純金屬的機械性質往往比不上它的合金，所以工業上很少使用純粹金屬。但銅、鋁、鉛等是例外的：純銅具有極良好的導電性，所以用來製導線、匯電牌、接觸棒等；鋁用來製造家用器皿；鉛用來製造蓄電池以及電鍍時的陽極。有些金屬，如鉻、鎳、鎳等可利用作鍍膜，以防止其他金屬生銹，並增加製品的美觀。

兩種或兩種以上金屬互相融合就造成合金。合金無論在工業上和日常生活中都被很廣泛地應用着。

工程上最常用的各種元素及其化學符號和熔化溫度列於表1中。

有一些貴重的稀有金屬（例如鈾、鋇等）可以加到其他金屬或合金中以獲得特殊的性質。

近數年來，我們在工程上和日常生活用品中漸漸地採用塑料來代替金屬。塑料的製成品既便宜，外表又精緻美觀，在許多情形下也具有足夠的強度。其製造時，經壓型之後便可得到要求的尺寸，所以就不需要再行機械加工了。

表 1 工程上最常用的元素名稱和熔化溫度

元素名稱	化學符號	熔化溫度	元素名稱	化學符號	熔化溫度
氮	N	—	銅	Cu	1083
鋁	Al	658	鉬	Mo	2620
鉍	Ba	850	砷	As	850
鈹	Be	1285	鎳	Ni	1452
鈦	V	1710	錫	Sn	232
鉍	Bi	268	鉑	Pt	1773
氫	H	—	汞	Hg	—38
鎢	W	3370	鉛	Pb	327
鐵	Fe	1535	硫	S	113
金	Au	1063	銀	Ag	961
鎘	Cd	321	銻	Sb	631
鈣	Ca	851	鈦	Ti	1813
氧	O	—	碳	C	—
鈷	Co	1490	磷	P	44
矽	Si	1427	鉻	Cr	1550
鎂	Mg	651	鋅	Zn	419
錳	Mn	1242			

俄國的技術人員和學者們對於金屬和合金的理論和生產工藝都會有很大的貢獻。在俄國冶金業很早就開始了，當世界上冶金工業方見端倪的時候，俄國的技師、工程師和學者們便窺得了現代化冶金的方法，把冶金工業的歷史大大地推進了一步。當盎格魯撒克遜人還依靠石斧做攻防的武器的時候，俄國人已應用金屬的武器來對抗亞洲征服者的侵略行爲，勝利地鞏固了自己的國防。所以但尼列夫斯基指出：在時間上來說，羅斯是世界上鑛冶業發達最早的國家。

在十八世紀時，冶金工業幾乎完全集中在烏拉爾一帶，當時俄國在鑛冶方面是佔世界第一位。那時候出版了許多關於鑛冶的書籍，由此便可窺見當時冶金工業的梗概。譬如，1763年天才的俄國學者M. B. 勞莫諾索夫寫了第一部鑛冶業的教科書“鑛冶工程基礎”。這本書總括了技術上的經驗，並闡明了冶金過程的理論基礎。勞莫諾索夫的某些研究心得在他逝世之後150年才被冶金界普遍地採用，甚至在今日仍不失去它的意義。定性和定量分析法的原理都由他一手先創，這些分析法對於

研究冶金過程具有極重大的意義。

1765 年至 1767 年間 伊凡·士拉契爾發表了自己的著作，對於當時的採礦和冶金工程敘述很詳。最天才的學者門德列也夫對於俄國冶金工程的發展有很多的貢獻。

俄國的冶金家、金屬學者和物理學者的研究，大大地促使冶金術成爲一門科學。著名的俄國冶金家巴維爾·彼德洛維契·安諾索夫在烏拉爾首先較大量地生產高級品質的刀劍鋼。1837 年他便大量製造一種刀，在刀上刻有古劍商標；而且輸出國外。安諾索夫的鋼獲得全世界的讚揚，大家稱牠爲“斬金鋼”。這種鋼製成的刀子可以彎曲九十度而不會折斷；其刃口之剛，可以削釘劈骨而無恙；其鋒芒之利，可以削穿墜落到刃口上的輕而薄的頭巾；而那個時候比較出名的英國刀子僅能削破重的絲織物。所以安諾索夫是有資格被稱爲生產高質鋼的“鼻祖”。安諾索夫使用顯微鏡研究刀刃上的花紋，他是歷史上利用顯微鏡來研究金屬的第一人。他的工作使我們對於鋼的結構的知識得到進一步的發展。他的著作：“鋼在空氣中淬火的新方法”，“論鑄鋼的製造”（1837 年出版）以及“論刀劍鋼”（1841 年出版）在金屬發展的初期是具有意義的。

Д.К. 柴爾諾夫教授的成就對於我們今日關於金屬的知識有更大的影響，他有資格被稱爲冶金學和金相學的創始人。1868 年他所發表的著作是金屬研究史上的一個轉折點，是科學的金屬學發展的開端。全世界學者都讚揚柴爾諾夫教授的著作。有幾件事實是值得我們一提的，即 1900 年巴黎世界展覽會上有一張佈告，裏面就說：展覽會中所陳列的鋼鑄品如此優越，這是和俄國工程師柴爾諾夫的卓越成就分不開的。著名的法國學者在 Д.К. 柴爾諾夫逝世的訃告上題着：“先生的燦爛生平，舉世稱揚，您爲俄國創造了無比的光榮”。金利·哥吳終身致力於金相學的研究，卓有成績，他也推崇 Д.К. 柴爾諾夫爲“冶金學之父”。自從柴爾諾夫發現了鋼加熱時內部會發生轉化（即所謂臨界點）之後，便奠定了今日金相學的基礎。

礦冶工程師奧布好夫首先獨立大量製煉鑄砲用的鋼材，與柏塞麥

和馬丁並不相干。他所製成的鋼的品質超過了世界上一切優良的鋼。而且他所鑄成的砲特別耐久，其中一尊曾發射過 4000 發之多；也在巴黎世界展覽會上陳列過。

工程師伊茲諾斯克夫於 1869 年在索爾蒙大工廠建造成俄國第一個馬丁爐。

俄國的學者和技術人員在有色金屬生產方面也有卓著的貢獻。索布洛夫、彼得洛夫、B. 留巴爾斯基、姆新-普式金、索柯洛夫等大力地推進了煉金和煉鉑的工業技術的發展。

科學院院士 H.H. 別克托夫在 1865 年發表了從礬土 (Al_2O_3) 中提煉鋁的新方法。在這個時期以前製煉鋁的方法極具繁複，所以鋁被看作很珍貴的物品，而有“土中白銀”之稱。當時別克托夫的發明在俄國沒有受到大家的重視，就很快地被外國廠家所竊取。後來這個方法又經過俄國工程師 Л.А. 賓雅柯夫的改良。直到現在世界上所有的煉鋁工廠都是依照這兩位俄國工程師所創造的方法生產的。

彼得堡（現名列寧格勒）工學院教授，蘇聯科學院通訊院士 П.П. 費多基也夫首創電化煉鋁的理論，他的著作“電化煉鋁研究”為全世界所讚許，並且有許多種語言的譯本。他同時又擴大到其他金屬亦應用電化冶煉。工程師謝民尼柯夫、阿里柯謝也夫、伊凡諾夫等對於有色金屬的冶煉有很多可貴的改進。謝民尼柯夫所建議的煉銅方法是世界上普遍採用的。

俄國人有資格被稱為銲接的創始人。早在 1802 年，科學院院士 B. B. 彼得洛夫就發現在兩個碳電極中間可造成火花，這就是所謂電弧。後來他用金屬電極來代替其中一個碳極，便發現金屬在此電弧中會被熔化。這個發現便是電銲的開端。1803 年他發表了著作，指出將氧化物還原的可能性和利用電來製得純金屬。如此，便可以說他是現代電冶金之創始人。

H.H. 別納爾多斯根據了彼得羅夫所發現的兩極間的電弧，找到了實際的實用。當時他把自己發明的方法叫做“電神”。所謂“電神”的方法便是將欲銲接的機件放置在與電源相接的金屬砧上，另外一極和碳

極相接，把金屬條插入電弧中便可融化。別納爾多斯就這樣開始利用電弧銲接機件。這個方法後來應用更為普遍，除了銲接機件以外，更用來彌補鑄品的缺陷，修飾機件上的罅裂，聯接破斷的機件以及電弧截割等。H.Γ. 斯拉凡諾夫利用金屬極來代替碳極，再度改良電銲的方法。彼得羅夫、別納爾多斯和斯拉凡諾夫的發明在他們逝世以後便被人遺忘了，直到十月革命以後電銲在蘇聯才佔有應得的地位。

M.K. 枯拉哥最初是亞歷山大工廠鼓風爐車間的工人，很快地他被升調為克拉馬當夫工廠的車間主任；他改善了鼓風爐的構造，並創造了風口和涼水管的新構造。

俄國學者如 H.C. 古爾納柯夫，M.A. 巴夫洛夫，A.A. 巴伊柯夫，B.H. 李賓，B.E. 各魯姆-各日麥洛，B.Π. 伊惹夫斯基，C.Π. 沃洛各金，И.А. 蘇各洛夫，И.Т. 巴爾金，H.T. 奇惹夫斯基，H.T. 古得措夫，A.A. 包奇發爾，M.M. 卡納烏何夫，B.B. 斯塔克，И.А. 奧金格等對於金屬的理論和生產的發展都有很大的貢獻。其中有許多人的研究心得博得世界上極崇高的聲譽。他們創造了有關金屬的獨到理論，而且啓發了研究的新方法，密切地把理論的研究和生產的實際互相結合，所以對於科學和生產都有卓著的成就。

科學院院士 M.A. 巴夫洛夫對於鼓風爐煉鐵過程有專門的研究，貢獻卓著。他的關於煉鐵過程的著作成為各國冶金家和煉鐵技術人員經常利用的案頭參考書。各魯姆-各日麥洛教授更發展了冶金爐的理論。И.А. 蘇各洛夫教授致力於鐵礦苗還原的研究，對於鼓風爐煉鐵的科學原理更深入一步。科學院院士 H.C. 古爾納柯夫對於冶金學和金屬學的物理化學原理的研究，更得到很多的成績。科學院院士 A.A. 巴伊柯夫對於冶金過程的理論更有造就，並完成了化學分析的特殊精密方法。他研究出測定固體物質臨界點的方法，這對於解決金屬學的理論問題有很大的幫助。科學院院士 И.Т. 巴爾金對於冶金過程中應用加氧送風的問題作有系統的研究，在他的領導下搞成了澆鑄連續鋼錠的生產。巴伊柯夫，巴爾金和巴夫洛夫都積極地參加工廠的設計、建設和生產工作。根據最新科學的成就，大規模地發展了冶金工業。

A.Л.巴保新和C.C.史金別爾格的研究成就極度地推動了金屬學的發展。科學院院士H.T.古得措夫從事於稀有元素對於鋼的品質的影響的研究；由於他的努力，我們對於合金鋼在凝固和熱處理時所經過的某些極複雜的現象獲得了理論的解釋。科學院院士A.A.保其發爾創擬了合金強化和消除強化的理論，因此有色金屬加工時也可能應用熱處理方法了。烏克蘭共和國科學院常務院士古爾究莫夫深入研究鋼的淬火和配火的理論，對於鋼在淬火和配火時所經過的複雜現象獲得了透澈的分析。蘇聯科學院通訊院士И.А.奧金格和С.И.古伯金對於金屬的塑性和強度的研究有很大的貢獻。科學院院士С.П.沃洛各金試驗鋼的高頻電流加熱的新方法成功，現在蘇聯國內各工廠都普遍地應用這種設備。

祖國的電鋸生產是由科學院院士B.П.尼基金創始的，由他所設計的先進的電鋸方法，大大地降低了生產的成本。烏克蘭共和國科學院院士E.O.巴頓首創在熔劑層下鉚接金屬的高度生產效率的新方法，這種自動鉚接設備的應用亦日漸推廣了。烏克蘭共和國科學院常務院士赫列諾夫創造了水下半自動電鋸法和氧氣電弧切割的新方法。以上所說的遠遠不能包括我們的著名學者們的功績。

沙皇政府不能保持俄國在十八世紀的金屬產量佔世界第一的地位。1913年俄國出產420萬噸鋼鐵，47,800噸粗銅和電解銅。以世界各國產量來比較，俄國的生鐵和鋼的產量僅佔世界第五位，銅的產量佔世界第七位，這豈不是辜負了俄國如此富饒的天然富源嗎？在沙皇時代幾乎不生產合金鋼，僅有個別的工廠爲了自己的所需略有製造，但也不足自給。

在蘇維埃政權的年代裏，冶金工業有長足的成就。1950年蘇聯出產生鐵1950萬噸，鋼2540萬噸，由此可以看出蘇聯工業前進的速率。1946年斯大林同志在莫斯科斯大林選區選民預選會上演講，指出全國當前巨大的任務是：每年必須出產生鐵5000萬噸，鋼6000萬噸。

第一章 金相學基礎

在開始研究鋼的熱處理以前，必須要熟悉金相學。雖然這裏敘述得很簡略，但沒有金相學的基本知識就談不上在熱處理部門內作踏實的工作。因為金相學和熱處理所接觸到的問題的複雜性和廣泛性，以本書的有限篇幅，要想把它作很完整的闡明，當然不大可能的。

金相學是研究金屬和合金的各種性質和它們內部構造(結構)的關係的科學。合金是個別金屬或金屬和擬金屬^①的組合。金屬和合金的內部構造和它們的機械性質之間存在着一定的關係。測定這個關係，尋求熱處理和機械加工的方法，使金屬或合金具有各種不同的構造，這便是金相學的目的。

現在我們知道很多種純金屬各自間的互相結合或和擬金屬相結合能得到無數種合金。改變組成金屬(元素)或擬金屬的成分就會在本質上影響到它們內部構造(結構)和合金的性質。

各種不同的加工方法對於改變合金或純金屬的結構和性質也有顯著的效果。熱處理包括將合金加熱至某一定溫度，停留在此溫度間使金屬均熱，再以一定的速度冷卻下來。熱處理可在很廣的限度內改變合金的結構和性質。冷加工(例如冷軋軟鐵)也能在本質上改變原來材料的性質。

金相學能預先地告訴我們這種材料應當怎樣的加工；也能在某些情形下預定出怎樣的化學成分可以獲得所要求的機械性質。

金相這門科學的誕生是在上世紀八十年代間，自從俄國學者 A.K. 柴爾諾夫發現所謂臨界點^②而開始的。

金屬顯微鏡出現後，就使研究金屬和合金內部的構造，和觀察在各

① 合金中的非金屬元素，它在合金中的行爲和金屬元素相似的，叫做擬金屬；例如碳(C)，矽(Si)等元素。

② 參看第 12 頁

種加工之後其中所經過的變化有了可能。

在顯微鏡下研究金屬，必須用適當的方法製備磨面（Шлиф）。先取欲研究的金屬一小塊，將其一面用銼銼平（或用砂輪研磨），再在砂紙上磨平；開始時用粗的砂紙，再漸次改換直到最細的，直到它的表面上僅留有很細的磨痕時，再在布包或柔皮包的砂輪上磨光。在磨時必須用研磨粉（氧化鋁，氧化鐵等）和水的混合液將輪子充分地潤滑。磨光的手續繼續到切斷表面光滑如鏡，絲毫不留有磨劃的痕跡時才算完畢。

如果把這樣製備好的表面在顯微鏡下觀察，投射在這表面上的所有光線就能全部反射出來，因此我們可以看到光亮的斑點。

此後磨面再用酒精洗過，用各種酸類加以蝕顯^①。在大多數的情形下鋼是用2~4%的硝酸或苦味酸 $[\text{OHC}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3]$ 的酒精溶液（可用水溶液，但磨面很快便會生銹）蝕顯的。銅則用由2~4%的阿摩尼亞 (NH_3) 和3%過氧化氫 (H_2O_2) 合成的藥劑蝕顯。

酸類會和合金的個別構分（結構成分）起各種作用。其中一部分腐蝕較烈，而另一部分則較緩慢。觀察酸的腐蝕情況便能確定金屬或合金內部的構造（結構）。在這種情形下，光線射至經過蝕顯的表面上，一部分被反射出來，一部分被斜射到其他方向去（圖1），於是在金相顯微鏡下觀察時，可看到各個黑暗和光亮的部分。因為預先知道這種酸和合金中的個別構分起何種作用，所以我們可以決定合金的構造。

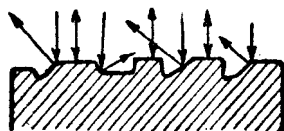


圖1 蝕顯過的磨面對於光線的反射

現在金相顯微鏡已大大地改良了，而且能看到放大成2500倍的金屬結構。

雖然在實用上久已使用數種元素合成的合金，但到今日為止僅對兩元合金會有詳細的研究。這說明了以現有的儀器和方法來研究多元合金仍有困難。直到金屬和合金的X射線分析法的研究發展以來，在這方面才跨進了新的一步。

① 蝕顯就是將磨面放在藥劑中腐蝕，使其結構在顯微鏡下可以看得很顯明的處理方法。