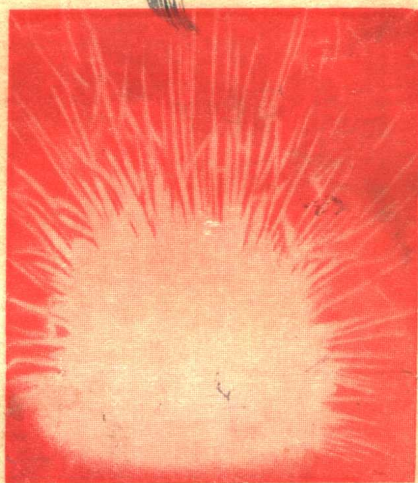


有色金屬焊接法

Я. Л. КЛЯЧКИН 原著

孫 成 璠 譯



中國科學圖書儀器公司

出 版

有色金屬焊接法

雅·耳·克里雅奇金著

孫 成 璠 譯

中國科學圖書儀器公司

出 版

內 容 提 要

本書原係蘇聯克里雅奇金所著，由民主德國譯成德文本出版，茲由德文版轉譯而成。全書根據蘇聯工廠中的專業研究及累積經驗編寫而成，內容包括銅、鋁、鉛、鎳及其合金等有色金屬的氣焊和電焊法，以及焊接時的理論與焊藥焊條的配製方法等，亦均扼要敘述。

本書可作焊接工作者參攷及研究之用，大專學校之專業課程如取本書作為教材，亦頗適宜。

有 色 金 屬 焊 接 法

СВАРКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

(SCHWEISSEN DER BUNTMETALLE)

原 著 者	Я. Л. К Л Я Ч К И Н
譯 者	孫 成 璠
出 版 者	中 國 科 學 國 音 儀 器 公 司
印 刷	上海延安中路 537 號 電話 64545
	上海市書刊出版業營業許可證出〇二七號
經 售 者	新 華 書 店 上 海 發 行 所

★ 有 版 權 ★

ME. 35—0.12 79千字開本:(787×1092)₃₂ 印張: 4.5

定價: 六角二分

1954年1月初版第1次印刷 1—2,500

1955年5月初版第4次印刷4,501—5,500

凡 例

1. 這本書的原名為“СВАРКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ”，著者為工藝學碩士雅·耳·克里雅奇金 Я.Л. КЛЯЧКИН。1950年莫斯科國家工業科學機械製造出版局出版。
2. 原書於1952年由民主德國柏林工業書籍出版社譯為德文出版。
3. 本書內容包括有銅，鋁，鎳及其合金及鉛，包金屬；銅鈹等的氣焊及電弧焊法必要的資料，此外關於焊接的理論，焊接工藝及焊藥焊條的配製方法及種類，鑄件的修補法等。
4. 本書可作焊接生產工廠及研究所人員參考之用，亦可作工業高等學校及專門學校焊接工藝學的教科書用。
5. 文內的人名係按時代社音譯標準譯出。部份工業單位符號仍用拉丁文字母代入以求簡明。
6. 因為時間匆促，譯文難免有遺漏及錯誤的地方，希讀者予以指正，無任感謝。

譯 者 1953.8 於交通大學

原 序

這本書是蘇聯國內第一次出版的專門研究有色金屬焊接各種問題的著作。在本書的較小範圍內不可能將每一個問題作詳細深入的述說，因此在書的內容方面是設想讀者已具有焊接學的基礎及可靠的熱學知識而寫的。關於一般的焊接知識建議讀者去參考有關的焊接工藝手冊。本書未包括有接觸電焊法在內，關於焊接設備方面亦從略，讀者應去閱讀有關這方面的書籍以充實這些知識。

著者在本書內力求將蘇聯國內先進的工廠及試驗所中積累的經驗，這些曾用論文及報告方式在專門雜誌上發表過的，以及著者本身的經驗及新近工業上這方面的成就加以普及化。

這本書的出版對蘇聯國內在各種工程上日益增多的有色金屬（尤其是輕金屬）應用方面有很大的需要性。著者擬完成的任務是使有色金屬的熔焊技術能更形完善，對生產施工者有所幫助，但是困難亦一定是不能避免的，因為許多的資料係自分散在各專業雜誌中選擇而來以及有許多還是第一次發表的，書中可能有錯誤及不準確的地方，希讀者加以指出，無任感謝。本書亦可作焊接學的教本之用。

著者還應感謝符·伊·雅爾霍同志供給許多有價值的金相照片。

工藝學碩士 雅·耳·克里雅奇金 1950

目 錄

原序

緒論	1
第一章 銅及銅合金的焊接	4
第一節 銅鈹的焊接	4
1. 概說 2. 純銅的氣焊法 3. 銅的電弧焊接法	
第二節 黃銅的焊接	30
1. 概說 2. 黃銅的氣焊法 3. 黃銅的電弧焊接法	
第三節 青銅的焊接	38
1. 概說 2. 青銅的氣焊法 3. 青銅的電弧焊接法	
第四節 洋銀的焊接	49
1. 概說 2. 洋銀鈹的氣焊法 3. 洋銀鈹的電弧焊接法	
第五節 鋼及鑄鐵上銅合金的堆焊法	54
第六節 銅及黃銅與鋼料的焊接	60
第七節 包鍍有色金屬的鋼料焊接法	61
第二章 鎳及其合金的焊接	63
1. 概說 2. 鎳的氣焊法 3. 鎳的電弧焊接法 4. 鎳鎳合金的焊接 5. 鎳鎳合金的焊接	
第三章 鉛的焊接	70
1. 氬氣焰焊鉛法 2. 鉛的氣焊法 3. 鉛的電弧焊接法	
第四章 鋁及其合金的焊接	79

1. 概說
2. 焊前金屬的準備工作
3. 鋁及其合金的氣焊法
4. 鋁及其合金的蠟焊法
5. 鋁及其合金的電弧焊法
 - (一)用碳極的本那多士焊接法
 - (二)用碳極的自動電弧焊鋁法
 - (三)用金屬極鋁及其合金的電弧焊接法

第五章 有色金屬的特殊焊接法 ····· 126

1. 在保護氣體中的焊接法
 - (一)鋁的氬原子電弧焊接法
 - (二)氬氣電弧焊接法
2. 多電弧焊接法
3. 雙碳極電弧焊接法
4. 壓焊及冷壓焊法

第六章 有色金屬焊接的安全技術 ····· 135

緒 論

蘇聯科學在有色金屬冶金方面獲有崇高的地位。世界聞名的科學家：緬代列傑夫，洛莫諾索夫，謝緬尼柯夫，別凱托夫，費陀特傑夫等是有色金屬冶煉理論及實際的基礎建立者及合金的創造者。蘇聯學者鮑棲伐爾，別耳雅葉夫等創造各種有色金屬的基礎學說並製出多種特別在我們工業上需用的合金。

有色金屬合金應用在鑄件及軋製品(鈹料及型料)以及其他工程上，第一必須要明瞭這些合金的各種焊接方法。鑄件可以焊接及熔化堆焊。成品用鈹料，型料製的亦可焊接及堆焊。用銅或鋁的銀合金製成的化學用具及耐蝕成品對焊接的應用特別重要。

當十九世紀末偉大的俄國電焊發明者恩·格·斯拉維雅諾夫生存時尚缺乏修焊青銅件的辦法。在斯拉維雅諾夫所發表的關於修理破碎的沙皇大鐘報告中可以看得出來，在近代已可用氣焊法修理由色金屬物件，並在十年前還應用了電弧焊接法。有色金屬銀件製造的設計者，對適合於焊接的結構形式應多加研究以發揮焊接法較其他種生產方法的優越性。因為有色金屬特性的不同，故應使用與黑色金屬焊接各別的焊接方法。

焊接有色金屬及其合金應特別注意的是這類金屬對於氧的親

和性；在焊接時的高溫中特別顯著。有色金屬中具有強大的膨脹係數及低的熔化溫度，它的氧化物熔點很高及導熱性強吸熱量多的必須應用特種的焊接工藝。

工業上應用最多的有色金屬是：銅及銅的合金（青銅，勞通 Latun，洋銀，莫奈爾合金），鋁及鋁的合金（都那魯明 Duraluminium，鋳合金，矽魯明 Silumin），鎂合金（哀來克特羅 Elektron），鎳及鎳的合金（鎳克羅 Nicrom），鉛等。

有色金屬焊接常用的方法為熔焊法，即氣焊及電弧焊法，選用何種方法為宜須視金屬的物理及化學性質如何來決定。

有色金屬的物理及化學性質詳附表 1。

金屬的物理及化學的性質影響於焊接性的問題在以後的各章中將分別討論之。

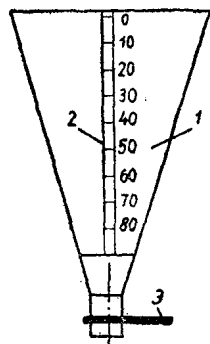


圖 1. 沙斗。

- 1 為漏斗
- 2 為量尺及刻度
- 3 為活門

有色金屬合金鑄件的焊接主要用於修理工作；如加工及工作時發生的裂損及磨蝕以及鑄件的疵病等。焊接工作應用在修理時必須考慮到技術上及經濟上的問題；熔化於修理上的金屬重量是否合算。鑄件補焊時的金屬不但應使其有必須的強度外亦應有與基質金屬相同的色彩。

有色金屬的鑄造技術雖然已有顯著的成就，但仍不能避免疵病的產生，鑄件的焊接修理工作因此相當重要。

確定熔化金屬的體積在補焊工作中常用一種簡單的設備叫着「沙斗」。圖 1 中所示為一漏斗形的量具，下端有一段短管及活門。量時將此器下端置於鑄件有砂眼處，將活門開啓使斗內細粒的乾沙流滿為止，在量尺上即可讀出放出沙的體積以確定應熔化的金屬量，將沙的體積乘以金屬的比重即可求出金屬應有的重量。此外還應加上熔焊時金屬的損失及結渣，金屬的損失量是用什麼焊接方法來定的。

近代黑色金屬焊接使用有藥焊條的自動焊法，在有色金屬焊接中應用碳極或金屬極及特種焊條時亦加以使用。

表 1. 有色金屬的物理化學基本性質

名稱	熔點 °C	比重 g/cm ³	氧化物 的熔點 °C	氧化物 的熔點 °C	導熱性 cal/ cms°C	膨脹 係數 10 ⁻⁶	比熱 cal/ kg°C	結成 氧化物 需的熱 cal/ mol	熔化熱 cal/g
銅	1083-1084	8.92	CuO Cu ₂ O	1210-1285 1336	0.72	18.0	0.093	40.8 37.8	43.0
青銅	720- 980	7.4 -8.9	視組織 而異	—	0.14	17.5	—	—	—
黃銅	800- 950	8.52-8.6	同上	—	0.22	18.7	0.092	—	—
鋁	657- 658	2.7	Al ₂ O ₃	2050	0.34	23.8	0.222	375.0	100.0
鎳	1455	8.8	NiO	1650-1660	0.142	14.0	0.108	—	65.0

第一章

銅及銅合金的焊接

工業上常用的紫銅板，紫銅管，黃銅板，黃銅鑄件及各種成分的青銅鑄件皆可施行焊接。本章的內容即為上述金屬的焊接方法。

用紫銅及黃銅板可以焊成各式盛器，鍋，管子，分電排及各種化工用的設備及器具。這類成品在加工後不但要求有經久的強度還要有耐蝕的性質。青銅多為鑄件，常須補焊。

焊銅及其合金可用氣焊或電弧焊，電弧焊中一種是用金屬極照斯拉維雅諾夫的方法，一種是用碳極照恩·恩·本那陀斯的方法施工。

第一節 銅板的焊接

1. 概說 常用的銅板標準及它的化學成分可參閱表 2 中蘇聯國家標準“OCT 308”。

銅類除表 1 中所列的物理，化學性質之外尚應注意許多可以影響焊接的因數。第一是銅的焊接性與其純度甚有關係，就是說銅內是否含有使銅在焊時脫氧的雜質。在焊接的過程中能使銅脫氧這是一個很重要的問題，因為氧在銅中是化合為氧化亞

表 2. 紅銅鈹分類及化學成分(照 OCT 308)

種 類	化 學 成 分 %		
	Bi 不 大 於	Sb 不 小 於	Cu 不 小 於
M—1	0.002	0.002	99.9
M—2	0.002	0.002	99.8
M—3	0.002	0.002	99.7
M—4	0.003	0.005	99.5
M—5	0.005	0.01	99.0

銅 Cu_2O 的，它在焊接的受熱影響區域中將和銅組成爲共晶體 $\text{Cu}_2\text{O}-\text{Cu}$ ，它的熔化溫度比銅的低(1064°C)，所引起的現象是脆性及裂縫。銅內的含氧量與它的機械性能關係，如表 3 中所示。

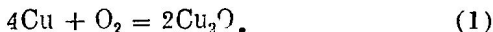
表 3. 氧化亞銅對軋銅及煨火銅的機械性能影響

成 分 %		強 度	伸 長 率
銅	氧	$\sigma_B \text{ kg/mm}^2$	$\delta \%$
99.64	0.25	24.5	29
99.69	0.18	24.0	35
99.68	0.12	23.8	44

銅中氧的含量到 1% 時全部成爲氧化亞銅 Cu_2O 。在 $\text{O}_2 = 0.38\%$ 及 $\text{Cu}_2\text{O} = 3.4\%$ 時組成共晶體。圖 2 所示爲一銅鈹的金相組織圖。

在溫度升到 400°C 時銅內的氧成分猛增，在原來較少的氧化銅 CuO 中變成氧化亞銅 Cu_2O 。

銅和氧的化合程式如下：



當溫度接近銅的熔點時這種變化更烈。氧化銅及氧化亞銅

(CuO 及 Cu_2O) 的產生將影響它的純度，即銅內含有雜質。銅質愈純氧化進行愈烈，在高溫尤甚。



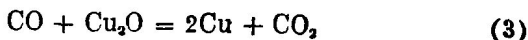
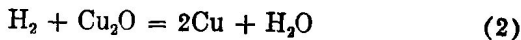
圖2. 軋銅板厚3公厘放大100倍。

實際上氧化亞銅不能溶解在固體銅內，在結晶體組織的邊沿間可以看出來。在焊接過程中 Cu_2O 可以引起困難。銅熔化時很容易分別出氧化銅來 (Cu_2O

為藍色， CuO 則為灰黑色)，用機械方法或化學方法加入焊藥即可除去之。

在銅的表面發生的氧化層比較容易除去，在焊前及焊時皆須將接頭的邊沿徹底刮洗清潔。否則焊縫熔池中有氧化物將影響焊縫的品質。

銅在加熱時常吸入 H_2 及 CO ；在還原性的火焰氣體中這些氣體將滲透進入銅內。 H_2 及 CO 與銅內的氧化合成為水蒸汽及 CO_2 向外散出使金屬層下發生氣泡，以致引起裂縫。



這種現象稱之為銅的“氫素病”。因此氣焊時對焊接火焰的成分必須有特別的要求。

銅比鋼的導熱性大六倍之多，因此焊接時須用特別大的熱量以使熔池形成，附近受熱影響的範圍也就擴大。焊接火焰或電弧必須有強大集中的熱力及足夠的補充量。

銅板在加熱時強度下降。室溫時的拉強度為 25 至 26 kg/mm²，溫度升至 500 到 600°C 時降為 10 kg/mm²，約降低了約 60%。

純銅不易澆鑄，焊接時亦不易獲得良好的焊縫。實際焊銅時都不可能避免發生氣泡，純銅亦因發生氣泡而不宜鑄造。

銅板中常含有的雜質為磷(P)，硫(S)，鉍(Bi)，鉛(Pb)，砷(As)及鐵(Fe)，這些雜質是影響機械性質及焊接性的原因。

磷含量少時可改善焊接性，它可以作為脫氧劑而且也略增焊縫的強度。在固體銅內能溶解的磷質最大限度為 1.2%。溫度降低溶解量也減小，在 400°C 時最低降到 0.5%。磷在銅內與銅化合為磷化銅(Cu₃P)，它的磷含量為 13.5%，在 8.27% 含量時與銅組成共晶體，溫度此時為 705°C。磷化銅凝結最快並在銅的固溶體中形成為個別的雜質點。

一般的銅內常混有固體未溶解的硫，鉛，鉍等雜質，焊接時常發生困難，含量過高時阻礙焊接性。

硫與氧相似在銅內化成硫化銅 Cu₂S，在含量為 1% S (3.8 Cu₂S) 時結為共晶體。含量高時自共晶體內凝結出 Cu₂S 結為

一層皮，在結晶組織間集結，可使銅的機械性質變壞。硫與氧化成 SO_2 ，在焊縫中金屬冷卻時造成氣泡。

鉍的含量達到最大限度 1% 時，使銅在冷狀及熱狀都發生脆性。這是因為鉍在固體的銅內不能溶解，鉍本身為一種性脆及易熔的金屬，凝結在銅結晶組織間而使銅亦發生脆性。

鉛在銅內可使在加熱時發生紅脆性（金屬在加熱時反易折斷之謂）。在常溫時含少量的鉛（至 0.1%）並無影響，這是因為鉛富有可塑性而且它主要是包在銅結晶體的外邊，故不致發脆。

砷與銻相似可與銅結成固溶體（溶解量至 7.5%）因此可將金屬凝固的時間延長並組成一種樹枝狀的偏析。砷略可改善一些銅的機械性質。砷含量增加到 0.5 至 0.6% 時即發生紅脆性。銅內含有氧時可減低砷的危害性。在銅鑄件中砷可以減少氣泡。砷含量 0.3 至 0.5% 對銅的焊接性都無影響，因此認為有較高的砷含量在銅中可以得到一個均勻的焊縫。

鐵在銅內僅能溶解一定的限度，在液體狀態中可最多溶入 3.9%。在冷卻時溶解量減少當溫度在 $820^{\circ}C$ 時僅能溶入 0.4%，在室溫中僅為 0.1%。鐵含量達 2% 時增強銅的機械性質。鐵含量過多時在銅鈹內或銅焊條內將減低它的焊接性，因為金屬熔化的溫度必須提高，鐵與銅的比重不同，使焊縫上層集中了鐵質。

可重視的是目前已可用氣焊法焊純銅得到優良的焊縫品質，用別種熔焊法亦獲得同樣的成績，特別是在一層焊藥下來進行

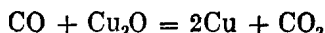
電弧焊工作，收效尤佳。

2. 純銅的氣焊法 氣焊的火焰是利用各種可燃氣體及純氧氣混合燃燒而產生的。實際工作中則以用乙炔氣(C_2H_2)最好，因為乙炔火焰可以產生最高的溫度而且氣體混合量的調節也很容易。這種火焰內可得到一個無氧化的熔化過程，對金屬焊接來講避免焊縫金屬對氫及碳酸的飽和度是非常重要的。

在蘇聯製成的萬用焊炬，牌號為“CY”及附帶的標準換用焊嘴，用來焊銅可以得到優異的品質。氣焊時對焊條的選擇，接頭邊的準備，焊藥的選擇，焊炬的大小及火焰的調整，焊接技術等都應十分注意。在蘇聯已有很多關於銅類焊法的科學研究。下列各單位的工作成績是值得陳述的：莫斯科高等工業學校“MB TYMIXM”，第一氣焊廠，柯洛門司克的機器廠，布爾什維克廠及列寧格勒的一些工廠。根據這些廠的經驗說明，如果正確地去選擇各種工藝條件，是可以使銅及其合金的焊接得到優良的品質。

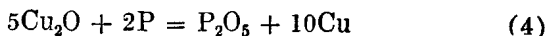
焊條。正確地選用焊條對焊銅非常重要。據經驗得知焊銅時必須使有一個完全的脫氧作用及保護焊縫的被氧化。這個問題可以用適當的焊條及焊藥來解決，一般還可以分為兩種方法：
1. 在焊條的金屬中加入適宜的脫氧物質。
2. 用普通電解銅作焊條或在焊件上切割一條金屬作焊條而將脫氧劑摻入焊藥內。第一種方法較好，脫氧力較強。第二種方法將在後面焊藥一節內來講。

在焊 3 公厘以下的銅鈹厚度時因為熔池小及焊速大金屬被氧化的機會很少，產生的氧化物立即被火焰中的 CO 幾乎全部還原為銅。



因此可以不用特殊的焊條，用一些焊藥即可作脫氧之用。

在焊接厚的銅鈹時則應選用特種銅焊條。在鈹厚至 10 公厘時焊條內可加入磷(至 0.2%)，在厚度超過 10 公厘時用矽。磷作為脫氧劑時的化學程式如下：



氧化亞銅(Cu_2O)在熔池內使金屬液體變厚，加入磷後可使液體稀薄這樣混在液體中的有害雜質始能浮到表面上來。

在國外的廠家焊銅時用一種加銀的焊條，含銀量至 5%，名之為康磁勒(Kanzler)焊條。銀的作用可使焊縫中的氣泡減少及降低焊條的熔點因此可以使熔池稀薄。在蘇聯很少使用這種焊條，蘇聯各廠的經驗證明銀焊條比含磷及矽的焊條優點有限，此外銀焊條亦太貴。

許多研究者試用各種化學成分配製焊條使它的熔點比焊件金屬的低。獲有優良成績的焊條是用含磷的純銅或含磷的青銅作成。符·伊·雅爾霍用含磷的青銅，電解銅，錳黃銅等作氣焊試驗，結果以含磷的青銅最好($\sigma_B = 17.3 \text{ kg/mm}^2$)。應當注意的是含磷的青銅比基層金屬熔化得快點，在熔池中就有較多的焊條金屬熔化，熔池內並發生泡末，冷卻後在焊縫上結一層渣皮。