

學銅煉

傅崇說編

龍門聯合書局出版

學 銅 煉

編 說 崇 傳

龍 門 聯 合 書 局 出 版

目 次

第一章	銅的性質及其化合物	1
第二章	銅的分類	14
第三章	雜質的影響	16
第四章	銅的合金	21
第五章	銅的礦石	31
第六章	冶銅總論	38
第七章	銅礦的焙燒	54
第八章	鼓風爐冶銅法	69
第九章	反射爐冶銅法	106
第十章	冰銅的吹煉	131
第十一章	銅的火法精煉	143
第十二章	電解精煉	148
第十三章	爐烟	166
第十四章	濕法治銅	173

第一章

銅的性質及其化合物

物理性質 銅有從自然狀態產出的。20°C時，純銅的比重為8.89；商品銅則因多孔及有 Cu_2O 和雜質存在，其比重往往不及此數。銅在熔融狀態時，比重為8.22。

組織密緻的銅顯有金屬光澤，而由溶液沉澱者則暗淡。前者呈橘紅或玫瑰色，後者則多為褐赤色。液體銅的顏色與固體銅不同，為綠色，有如海水一般。

純銅結晶屬等軸晶系。鑄造銅無變為雙晶者，電解銅及加工經退火者則成雙晶。

銅為外力折斷時，其斷口可表現其組織或結構。鑄造銅所表現的為粒狀組織；軋件或拉伸銅則呈纖維狀。

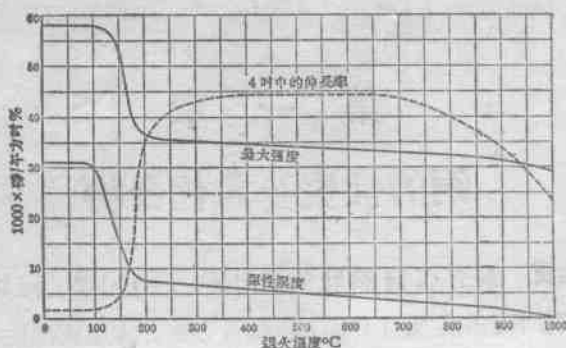
純淨的銅，性質柔軟；若有4.5%Fe及2.7%Ag存在其中，銅的磨擦硬度便為3.7。

鑄造銅或冷拉銅的抗張強度為60,000—70,000磅/平方吋；經退火處理後，則減至30,000—40,000磅/平方吋。根據震力試驗的結果，知鑄造銅的彈力很低，但此性質可由打煉處理加以改善。增加溫度，可使銅質變弱。電解銅的機械性質隨溫度升高所起的變化，可由第一圖見到。

純銅易軋成薄片、槌成細箔及拉成線絲，所以有高度的展性及延性。若把銅施以機械處理，它便會變硬；由此而引起的硬性，若在無硫存在的空氣中使之退火至500—700°C，又可除去而使展性重復原狀。

銅件若用普通方法銲接，只能在小範圍內見效；若用電銲，則易使銅塊相連。

熔融的銅，能吸收 SO_2 、 H_2 及 CO ，但對 C_2H_2 則無吸收能力。當銅



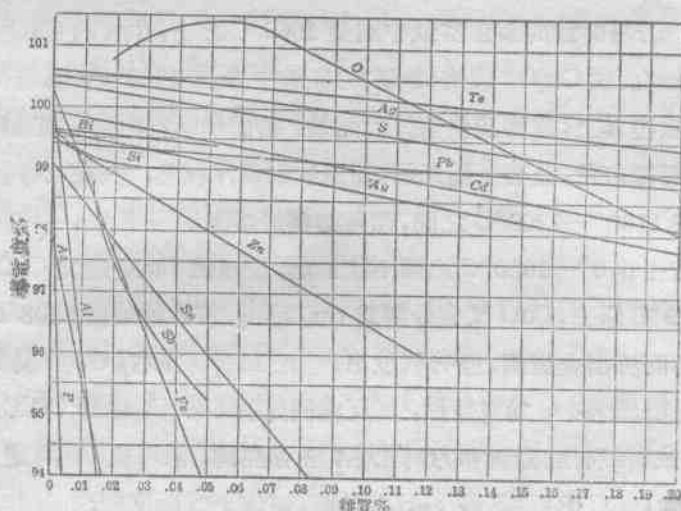
第一圖 溫度對電解銅機械性質的影響

凝固時，大部份被吸收的氣體又重行放出，至少在大氣壓力下是如此。小部份則仍殘留於銅中，造成多孔質，以致完善的鑄件不易獲得。銅對氣體的吸收能力，是隨溫度而增高；但有 Cu_2O , P , As 及 Sb 存在時，吸收能力便受干涉。在赤熱時，銅對 H 的吸收很是迅速。

銅的熔點為 1083°C ；溶解潛熱 43.3 卡（或克卡）；沸點 2310°C 。在真空中，若使銅熱至 700°C ，便有明顯的揮發現象發生，及至接近熔點，銅遂揮發。但在普通煉爐中，銅很難揮發。當以氫氧吹管或電弧加熱使銅揮發時，它便發綠焰而燃燒，所生蒸氣有毒性。銅在 170°C 的比熱為 0.09244； 100°C 時為 0.09422； 300°C 時則為 0.09846。線膨脹係數為 0.000017。導熱度在銀之下，若銀定為 1000，銅則按次為 736，或每邊為 1 公分的立方體的導熱度為 0.72 卡/ $^\circ\text{C}$ 。此種導熱度與其本身組織、純度及溫度有關係。經槌展的銅導熱較鑄造銅更良好，但雜質及本身溫度的增加可使其導熱度減低。

銅是電的良導體，僅次於銀。其導電度與其長短、粗細、組織、純度及本身溫度等都有關係。凡短、粗、品粒大而不受內應力影響，且品質純淨溫度又低的銅件，其導電度最高，反之則低。熔融銅的導電度不及固體為佳。根據國際標準，測得長 1 公尺及重 1 克並經退火的銅線在 20°C 時的阻力為 0.15328 歐姆。鑄造銅的導電度比退火線約低 3.5%。微量的雜質，對銅的導電度有決定影響，其一般情況可見第二

圖。砷及銻是常發現在精煉銅中的雜質，對導電為害很大；0.0013% 的 As 或 0.0071% 的 Sb，可使導電度減低 1%，其他一些可使銅質變脆的元素，對銅的電性影響似乎極少。

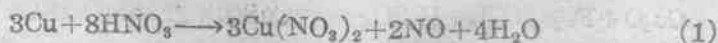


第二圖 雜質對銅導電度的影響

銅的透磁性 $\mu (= \frac{B}{H})$ 小於空氣 ($=1$)，故它是逆磁性金屬。

化學性質 銅於乾燥空氣中雖不起變化，但於有 CO_2 存在的濕空氣中，其表面便形成一層有毒的銅綠，成份是鹼性碳酸銅 $[\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$ 。若把它熱至 185°C 以上，即開始氧化，並於 200°C 變為玫瑰色， 300°C 成黃銅色， 350°C 成藍綠色，在此溫度以上則顯暗色。銅在赤熱時，會生一層黑垢蓋覆其上，垢的外部由 CuO 組成，內部則為 Cu_2O ；此垢可由彎曲及淬火處理而得與銅分開。

硝酸無論濃、淡、冷、熱，銅均易溶於其中，並依下式反應，生成硝酸銅，並有氮的氧化物放出：

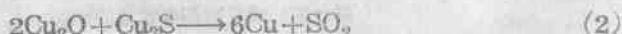


銅又易溶於王水及 66°Be 的熱硫酸中。若有空氣存在，得了氧的助力，它也能漸溶於稀的 H_2SO_4 , HCl , NH_4OH 及 KCN 中。

銅的化合物

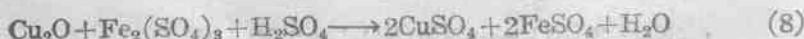
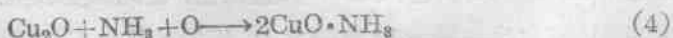
氧化亞銅 (Cu_2O) 純淨的 Cu_2O , 含銅 88.81%。天然成赤銅礦產出。若將固體的銅在空氣中熱至 1060°C 以上, 生成的 CuO 即在此溫度分解而成 Cu_2O ; 或使熔銅在空氣中保持 1200°C , 便有熔融的 Cu_2O 蓋覆其上; 或將硫化銅施行焙燒, 也有 Cu_2O 生成。組織密緻的 Cu_2O 為櫻紅色, 並有金屬光澤; 粉狀物則為洋紅色。一般成等軸結晶。熔點在 1166°C — 1200°C 之間, 稍可溶解於熔融的銅中。

若在 500°C — 1000°C 之間不斷加熱, 便可使 Cu_2O 變為 CuO ; 若熱至 1069°C 以上, CuO 又會分解為 Cu_2O 及 O ; 若繼續熱至 2208°C , Cu_2O 則分解而析出金屬銅, 並有氧放出。在 147°C 左右, Cu_2O 易為 H 還原為金屬; 若以 C 為還原劑, 則反應開始於 500°C ; 他如 CO , C_xH_y 及鐵, 鋅或對氧有強烈親和力的元素, 在赤熱時, 都可使 Cu_2O 還原成金屬。當 Cu_2O 與 Cu_2S 及 FeS 共熱時, 便依下式而反應:



前者開始於 450°C , 並於 1100°C 完成; 後者開始於 270°C — 280°C 之間, 其反應速度隨溫度而增加。

Cu_2O 不溶於水; 在濕法治銅中發生的反應, 隨溶劑而不同, 今以化學方程式表示如下:



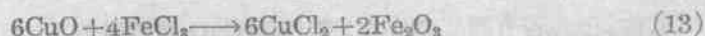
氧化銅 (CuO) 純淨的 CuO , 含銅 79.8%。天然成黑銅礦產出。

若在空氣中使 Cu_2O 熱至 1000°C 以下，便可得 CuO ；或將硫化銅施行完全焙燒，或加熱於 CuCO_3 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 CuSO_4 及 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，均有 CuO 生成。它為黑色無光澤的物質，可成等軸結晶。若把它熱至 1069°C 以上，則分解成 Cu_2O 及 O ；熱至 2208°C ，則有 Cu 析出。若與 Fe 相混，則於 740°C 為後者所分解。它和 Cu_2O 一樣，易受 H_2 、 C 、 CO 、 C_xH_y 等還原為金屬； H 的還原反應開始於 250°C ， CO 的開始於 160° 並於 225°C 趨於完全， CH_4 對它則須在赤熱時才有反應發生。它與 Cu_2S 及 FeS 共熱時，便分別依下式而反應：



其溫度範圍，與 Cu_2O 的情況相同。

CuO 不溶於水；但溶於 NH_3 及 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ；部份溶解於熱的 NH_4Cl ；易溶於各種稀酸中。在濕法冶銅中發生的反應，可表示如下：

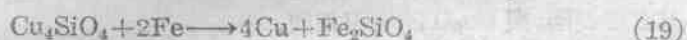
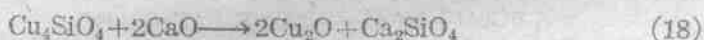


碳酸銅 (CuCO_3) 碳酸銅的中性鹽尚未發現。鹼性鹽類則成孔雀石及藍銅礦產出；可由 CuO 溶液與鉀或鈉的碳酸鹽作用沉澱而得，但受熱即迅速分解為 CuO 、 CO_2 及 H_2O 。

矽酸銅 在自然界產出的矽酸銅礦物，以矽孔雀石最為普通。實則這種鹽類有二種：矽酸亞銅及矽酸銅。

若將 Cu_2O 與 SiO_2 以不同比例相混而加熱，即有四種矽酸亞銅形成： $5\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 、 $3\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 、 $2\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ，及 $\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 。它們於 600°C 開始形成，並於 900°C 燒結成塊；這對後兩者尤為明顯。碎塊的矽酸亞銅為綠黑色，並呈結晶形；粉狀物則為褐紅或淺褐色。性質都

脆弱，其硬度隨銅量增加而降低。設純 Cu_2O 的比重為 5.744，則其比重便因 SiO_2 的參入而降落；含 Cu_2O 70.36% 及 SiO_2 29.64% 的矽酸亞銅，比重可達 4.995。根據 $2\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 及 $\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ 的化學試驗結果，知這些化合物可溶解於濃 HNO_3 及稀 CH_3COOH 中；易溶於 HCl ；漸溶於 H_2SO_4 ；並知它們可受 NH_3 的侵蝕。若與 H 氣流接觸，還原作用乃於 147°C 開始；在 CO 氣流中，反應係於 180° 開始。反應速度隨溫度增加而陡增；至 $220^\circ\text{--}245^\circ\text{C}$ 之間，全部 Cu_2O 均還原成 Cu 。矽酸亞銅易受 FeO , CaO , Fe , FeS 及 Cu_2S 的分解，並分別依下列各式反應：



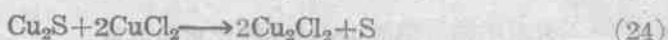
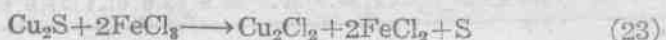
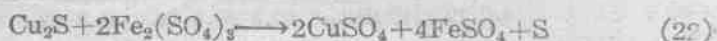
矽酸銅是由 CuO 與 SiO_2 在空氣中受熱結合而成，為褐黑色的漿糊狀物質。若有還原劑存在，部份的 CuO 即還原為 Cu_2O ，並造成一種血紅色的爐渣。

硫化亞銅 (Cu_2S) 純淨的 Cu_2S 含銅 79.8%。天然成輝銅礦產出。在實驗室中，若將 Cu 屑及 S 相混置於試管內而重複加熱，或通 S 蒸氣於赤熱的 Cu 上，均可得 Cu_2S 。它是藍黑色無定形或結晶形的物質，熔於 1121°C 。但若有過量的 S 存在，其熔點便較理論為低。若與 Cu 相混，可成易熔體合金。對 S 的親和力很強，僅次於 Mn 。在中性的空氣中，雖熱至高溫，却仍穩定。在常溫時，不受空氣的氧化。若通入過量空氣而加熱，則 SO_2 於 $430^\circ\text{--}630^\circ\text{C}$ 間放出；溫度高低，視顆粒的大小而定。在焙燒作業中， Cu_2S 是先通過 CuSO_4 及 Cu_2O 兩階段最後才變為 CuO 。焙燒時， Cu_2S 有燒結傾向，這是由於它與 Cu_2O 形成化合物的原故。 FeS 的存在，可使硫化作用大增。若使空氣強迫通過熔融的 Cu_2S ，它便於 1150°C 左右分解為 Cu 及 SO_2 (吹煉方法)。 CO_2

於赤熱時可漸使它氧化，但 CO 對它却無影響。赤熱時，H 對它的分解速度雖慢，但作用却完全；水蒸汽於白熾時也有同樣情形發生。與 Fe 共熱時，僅部份還原成金屬，但主要是生成 Cu 與 Fe 的複式硫化物；Fe 對這複式硫化物無還原影響。若與其他金屬硫化物共熔，它便與它們結合，形成冰銅。

Cu₂S 實際不溶於水，但漸溶於 NH₃ 中。冷的 NH₃ 可使它分解成 CuS 及 Cu；熱的則可使它溶解，並有 S 析出。它可漸溶於濃 HCl，放出 H₂S。若與濃 H₂SO₄ 作用，便有 CuS、CuSO₄ 及 SO₂ 生成；稀 H₂SO₄ 對它，須有空氣存在，才發生反應，但速度很慢。

在濕法冶銅中，溶劑對它的反應，普通的有下列幾種：



硫化銅 (CuS) 純淨的 CuS，含銅 66.4%。天然成硫化銅礦產出。其製法有二：一是火法，將 Cu 置於煮沸的 S 中便得；一是濕法，係通 H₂S 於銅鹽溶液，得 CuS 的沉澱。此物可溶於 HNO₃ 及 HCl，但不溶於稀 H₂SO₄ 及苛性鹼。若與銀鹽作用，則使後者分解：



硫酸銅 (CuSO₄·5H₂O) 又名膽礬。自然界有此銅礦產出。其生成的方法很多，重要的有：(1) 使 Cu₂S 或 CuS 經硫酸化焙燒；(2) 藉空氣之助，使 Cu 溶於熱和稀的 H₂SO₄ 中；(3) 通 SO₂、空氣及水蒸汽於銅粉上；(4) 以稀的 H₂SO₄ 為電解液而電解陽極銅；(5) 使 CuO 溶解於熱和稀的 H₂SO₄ 中；以及 (6) 使 Fe₂(SO₄)₃ 作用於 Cu₂S、Cu₂O 及 CuO。

純淨的硫酸銅成天藍色三斜晶系結晶，若與 FeSO₄·7H₂O 相混，則成混合晶體。若長久暴露於空氣中，即漸次風化而分解，並逐步失去其結晶水，而變成白色。

在乾燥空氣中，將 $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ 加熱，它便於 $27^\circ - 30^\circ\text{C}$ 間變成蔚藍色的 $\text{CuSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ ，此物於 $93^\circ - 99^\circ\text{C}$ 間再變為蒼藍色的 $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ，並於 150° 時失去水份，成為白色的 CuSO_4 。無水硫酸銅於 341°C 分解成 $8\text{CuO} \cdot 3\text{SO}_3$ 達 5.87% 的限度；於 653°C ，橘色 $2\text{CuO} \cdot \text{SO}_3$ 開始形成，且分解作用於 670°C 變為強烈；最後的分解成黑色 $\text{CuO} \cdot \text{SO}_3$ 是在 704°C 開始，及達 736°C 作用極為顯著。

膽礬可溶解於水，現把它在不同溫度下的溶解度列於第一表。

第一表 膽礬在水中的溶解度

100克 H_2O 於 $^\circ\text{C}$ 溶解	0°	15°	25°	35°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
CuSO_4 (克)	14.9	19.3	22.3	25.5	29.5	33.6	39.0	45.7	53.5	62.7	73.5
$\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ (克)	23.2	30.2	34.9	39.9	46.2	52.6	61.1	71.6	83.8	98.2	115.0

第二表表示膽礬溶液 18°C 時的比重及濃度。

膽礬及硫酸混合液的導電度，則列於第三及第四表中。

在實際工作中，溶液的濃度多以百分表示，故欲將第三表所列之值換算為此單位時，便可用第四表。

加 CuSO_4 於 H_2SO_4 中，可使混合液的導電度增加，但 H_2SO_4 的濃度須少於 3 克/100 立方公分；若 H_2SO_4 濃度超出此數，溶液的導電度便降低。若剛為 3 克/100 立方公分，則少量 CuSO_4 的加入，對混合液的導電度無影響。

金屬銅可從 CuSO_4 溶液中以 Fe 或其他正電金屬沉澱而出。鹼或鹼土溶液與它作用時可得 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ；若通 H_2S 或加鹼或鹼土硫化物於其中，則有 CuS 生成。 CuSO_4 電解時，便分解成 Cu^{++} 及 SO_4^{--} ，若以不溶性的硬鉛為陽極，所需分解電壓為 1.19 伏特。

三、電解法

電解法係將金屬銅或銅化合物溶解於溶液中，然後以電解法將其沉澱出來。此法係將金屬銅或銅化合物溶解於溶液中，然後以電解法將其沉澱出來。

第二表 18°C 時膽礬溶液的比重及濃度

比 重	CuSO ₄ + 5H ₂ O 的 百 分	CuSO ₄ 的 百 分	比 重	CuSO ₄ + 5H ₂ O 的 百 分	CuSO ₄ 的 百 分
1.0068	1	0.637	1.1063	16	10.200
1.0126	2	1.275	1.1135	17	10.837
1.0190	3	1.912	1.1208	18	11.474
1.0254	4	2.550	1.1281	19	12.111
1.0379	5	3.187	1.1354	20	12.750
1.0384	6	3.825	1.1427	21	13.387
1.0450	7	4.462	1.1501	22	14.025
1.0516	8	5.100	1.1585	23	14.662
1.0582	9	5.737	1.1659	24	15.300
1.0649	10	6.375	1.1738	25	15.938
1.0716	11	7.012	1.1817	26	16.574
1.0785	12	7.650	1.1898	27	17.211
1.0854	13	8.287	1.1980	28	17.848
1.0923	14	8.925	1.2063	29	18.485
1.0993	15	9.562	1.2146	30	19.125

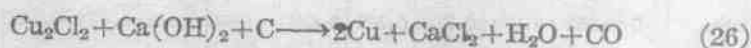
第三表 CuSO₄ + 5H₂O 及 H₂SO₄ 混合液的導電度 (倒歐姆/公分立方)

H ₂ SO ₄ 克/100 立方公分	25°C					45°C				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
CuSO ₄ + 5H ₂ O 克/100 立方公分	克									
0	—	0.208	0.410	0.505	0.683	—	0.246	0.402	0.633	0.839
5	0.053	0.204	0.388	0.531	0.646	0.0205	0.242	0.461	0.643	0.791
10	0.0221	0.195	0.350	0.5000	0.6000	0.0294	0.222	0.422	0.606	0.738
15	0.0343	0.189	0.338	0.458	0.558	0.0468	0.217	0.381	0.545	0.690
20	0.0423	0.182	0.319	0.433	—	0.0574	0.212	0.378	0.521	0.643

第四表 換算表

百 分			克/100 立方公分			克-當量
Cu	CuSO ₄	CuSO ₄ + 5H ₂ O	Cu	CuSO ₄	CuSO ₄ + 5H ₂ O	100 立方公分
1.00	2.5	3.91	1.04	2.56	4.0	0.321
2.00	5.0	7.82	2.09	5.25	8.2	0.658
3.99	10.0	15.64	4.41	11.05	17.4	1.387
5.99	15.0	23.46	6.97	17.50	27.4	2.194
6.98	17.5	27.37	8.37	22.00	32.9	2.631
H ₂ SO ₄			H ₂ SO ₄			H ₂ SO ₄
5			5.15			1.05
10			10.17			2.18
15			16.5			3.38
20			22.8			4.66

氯化亞銅 (Cu₂Cl₂) 純淨的 Cu₂Cl₂, 含銅 64.16%。自然界有此礦物發現, 但不重要。在常溫下, 導 Cl 於 Cu 上, 即有 Cu₂Cl₂ 隨伴一部份 CuCl₂ 產出; 或使 HCl 氣作用於 Cu 上, 或加 Cu 於 CuCl₂ 的酸性溶液中而煮沸之, 或將 CuO 與 FeCl₂ 相混而反應, 皆有 Cu₂Cl₂ 生成。它是白色粉末, 受日光作用, 即迅速變為暗色。熔於 434°C, 並於 340°C 發生揮發。與 Ca(OH)₂ 及 C 共熱至 CaCl₂ + H₂O 的熔點時, 即發生下列反應:



熔融的氯化亞銅, 是電的良導體, 其導電度 (倒歐姆/公分立方) 為 440°C - 0.2084 及 490°C - 0.3960。它不可溶解於 H₂O, 但溶於 HCl 及金屬氯化物的溶液中。它在食鹽溶液中的溶解度可由第五表見到。

第五表 Cu_2Cl_2 在食鹽溶液中的溶解度

NaCl 溶液	被溶解的 Cu_2Cl_2 的百分		
	90°C 時	40°C 時	
飽和成份	16.9	11.9	11°C 時 8.9%
15%	10.3	6.0	14°C 時 3.6%
5%	2.6	1.1	—

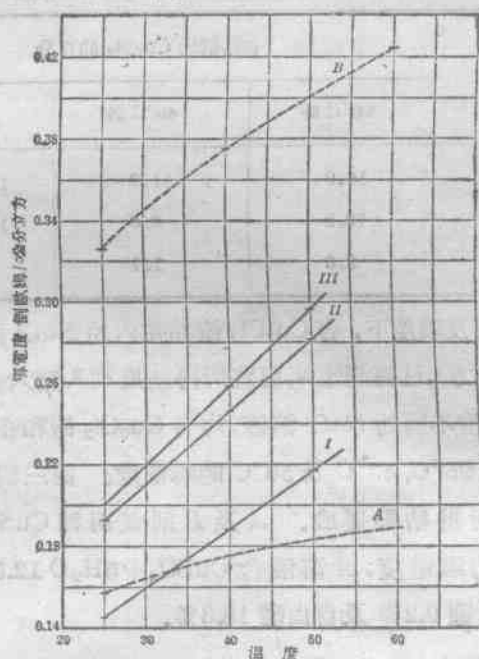
在不同濃度及溫度下，有 Cu_2Cl_2 飽和在內的 NaCl 溶液的導電度（倒歐姆/公分立方），已經測定^①，現將所得結果列入第六表。表中的 I, II, III 為三種濃度不同的 NaCl 溶液，均有 Cu_2Cl_2 飽和在內，表內各欄則為每種溶液在 25°C, 40°C 及 50°C 的導電度。第三圖所示的曲線，係根據第六表所得結果畫成。A 及 B 則表兩種 $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ 及 H_2SO_4 混合液的導電度；A 溶液含 $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ 12.5% 及 H_2SO_4 3.75%，B 溶液含鹽 9.2% 及自由酸 18.3%。

第六表 Cu_2Cl_2 —NaCl 溶液的導電度

溫 度 °C	有 Cu_2Cl_2 飽和在內的 I, II, III 溶液的導電度		
	I 100 克 H_2O 中含有 NaCl 15 克	II 100 克 H_2O 中含有 NaCl 20 克	III 100 克 H_2O 中含有 NaCl 30 克
25	0.145	0.193	0.200
40	0.138	0.245	0.258
50	0.217	0.231	0.298

Cu_2Cl_2 的食鹽溶液，可使金屬（Pb, Zn, Cd, Fe, Co, Bi, Sn）硫化物分解，形成金屬氯化物及 Cu_2S 。含在 Cu_2Cl_2 溶液中的 Cu，能由 Fe 沉澱析出；或以電流通過溶液，也可使 Cu 在陰極析出，所需分解電壓為 1.41

① 係由 Thompson-Hamilton 所測定。



第三圖

有 Cu_2Cl_2 飽和在內的 NaCl 溶液 (I, II, III), 及 $\text{CuSO}_4-\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液的電壓度

伏特。通 H_2S 或加鹼和鹼土硫化物於其中, 便得 CuS 的沉澱物。

氯化銅 (CuCl_2) 純淨的 CuCl_2 , 含銅 47.22%。無天然礦物產出。其無水鹽可由 Cl 對 Cu 或 Cu_2Cl_2 , HCl 對 CuSO_4 粉末, 或 NaCl 對 CuSO_4 (須加熱) 等作用而生成。它是褐色粉末物, 熔於 498°C 。若隔絕空氣而加熱至 340°C , 它便變為 Cu_2Cl_2 及 Cl ; 有空氣通入時, 則部份成 Cu_2Cl_2 及 Cl , 部份成 CuO 及 Cl 。富潮解性, 一經潮解, 便變為綠色。100 克的 H_2O 於 0°C 能溶解 70.6 克的 CuCl_2 ; 17°C 時可溶 75.6 克; 31.5°C 時可溶 80.8 克; 91°C 時則能溶 104 克。若將 Cu 溶於王水, 或 CuO 溶於 HCl 中, 則得含水氯化物 ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。若與 H_2SO_4 作用, 或與金屬銅相混而煮沸, 它便依下式反應而還原成 Cu_2Cl_2 :



CuCl_2 溶液中的 Cu ，可由 Fe , Hg 及 Ag 取代而出。若以 FeO 爲沉澱劑，則除得 Cu 外，並有 Fe_2O_3 及 FeCl_2 生成。

第二章

銅的分類

在冶金學中，因製煉法及產物的品質不同，可把銅分為粗銅、精銅及電解銅三種。至於市場上的商品銅，則因產地及成份的不同，常附以種種名稱，很是複雜。我國對此尚無一定的標準，故分類實難正確。現僅將幾種重要的銅列舉如下，並分別略加說明，以為參考。

標準銅 任何未經精煉的銅都屬此類，含銅在 97% 以上，質地雖不純淨，但含有害成份很少，故銷路很廣，多用來做電解原料及鑄造物件。

精銅 它是火法精煉的產物，純度雖不及電解銅及精選銅，但富有展性及延性，適於軋銅板、拉銅線、搥銅器及製黃銅等用。初煉銅餅及錠均屬此類。一般規定：精銅含銅須在 99.2% 以上，含砷不得少於 0.3% 又不得多於 0.5%。若精銅是用來製機車的火箱，則其含砷限度須在 0.35—0.9%。它的抗張強度至少須在 14 噸/平方吋，伸長率則不得少於 35%。

精選銅 任何已經精煉僅含少量雜質的銅，雖然並未經“精選”方法製煉，但仍統以此名稱出售市場。精選銅含銅至少須在 99.5% 以上，其中所含各項雜質的最高含量則有如下規定：As 0.05, Sb 0.0005, Bi 0.007, Pb 0.1, Fe 0.025, Ni 0.2, S 0.005, Zn 0.005, Sn 0.005。若含銅超出 99.7%，則其中 Sb, Bi 及 S 的允許存量應各為 0.025, 0.02 及 0.02。此類銅已大量用來製造銅板、銅管、銅絲、黃銅和其他各種合金。

電解銅 這是依電解法精製的銅，普通含銅在 99.9% 以上，質地極純，導電度最良，為電器工業不可缺少的材料。陰極銅很粗，多瘤，並