

## 純銅砂型鑄物の研究

(日本鐵鋼協會第12回講演大會講演)

中 村 素 ※  
澤 井 寛 一 ※

## 内 容

## I 緒 言

## II 研究 1. 脱酸剤の研究 2. 脱酸剤の使用研究

A 試験方法 B 添加温度の影響 C 添加量の影響  
D 添加後の経過時間の影響 E 鑄込温度の影響 F 鑄解  
方法の影響 G 使用原料の影響

## 3. 鑄造法の研究

A 鑄物砂 B 中子砂 C 木型 D 鑄型及中子の詰め方  
E 鑄型製作方法 F 注入方法

## 4. 標準鑄造法に就て 5. 砂型鑄造物の壓延結果に就て

6. 高導電率純銅インゴット製造に就て 7. 實驗結果  
の考察

A 新脱酸剤の作用並性質 B 純銅鑄物の瓦斯巢發生原因  
C ポーリング法と脱酸剤使用法との優劣比較

## III 總 括

**I 緒 言** 高導電率の純銅砂型鑄物を鑄造することは現在迄最も困難なことのひとつと考へられて居る。その困難なる理由は引け巢を生じ易いこと、瓦斯により多數の巢を生ずること等である。従つて従來は金屬質及非金屬質の脱酸剤を使用したり或は特殊の装置を用ひて作つて居つたのである。然し金屬質の脱酸剤を使用した場合はこれ等の金屬が過剰に銅中に入る爲導電率は 85% 以上のものを作ることが出来なかつたのである。又非金屬質脱酸剤を使用した場合は前者より導電率の高いものが得られるがこの脱酸剤の製造法の關係上導電率を低下させる不純物を多少混入して居る爲矢張り 95% 以上のものを作ることが出来なかつたのである。

筆者等は過去數年間何等かの方法により導電率 95% 以上のものを作らうとして研究を行ひ最近新しい導電率を低下する様な不純物を混入しない脱酸剤を作ることが出来たこれを使用して 98% 以上とすることが出来たのである。

以下これ等の研究結果に就いて述べよう。

※芝浦製作所

## II 研 究

1. 脱酸剤の研究 筆者等は純銅の脱酸剤として金屬質のものを使用したのでは到底希望する高導電率のものは得られないと考へたので一般に鑄物用として使用されて居る鑄劑様のものこの目的を達することが出来るものはないかと種々研究した。

この銅鑄物用鑄劑は他の鑄物用鑄劑と異りその作用に獨特の性能を必要とするものである。

即ち純銅の脱酸剤として必要にして且充分な條件を列記して見ると大體次の様である。

1. 鑄解金屬より幾分低い鑄解點を有するもの。
2. 爐壁、坩堝其他より混入する非金屬物質を吸収し鑄湯中より除去する作用を有するもの。
3. 銅中に吸収されて居る各種の瓦斯を吸収又は除去する作用を有するもの。
4. 銅中に存在する酸化物を吸収し金屬より低鑄解點を有するスラッグにする作用を有するもの。
5. 金屬中に存在する酸化物を還元し金屬状態にする作用を有するもの。
6. 金屬中で作用してその金屬中に合金又は混入しない作用を有するもの。
7. 作用後鑄解金屬の表面を密に蔽ひ外氣の作用を防止する作用を有するもの。
8. 鑄解金屬を注入する際除滓の容易なる性質を有するもの。
9. 作用時間が出来る丈短くその有効時間が出来る丈長く保つ様な性質を有するもの。
10. 繰返し何度使用しても材質に悪結果を残さぬもの。
11. 使用時人體に有害な瓦斯の發生又は爆發作用等の起らぬもの。

筆者等は上述各條件を出来る丈満足する様なものを作つて見たのである。次表はこの新脱酸剤と各種の銅脱酸剤(非金屬質の脱酸剤)との使用時の諸性質を研究した結果を示したものである。

この實驗には之等の鑄劑と第二酸化銅との混合物を各個別々に銅の鑄解點以上の温度即ち 1,100°C に酸化雰囲気中に保つて行つたものであつて使用した爐はミリット電氣抵抗爐で何れの場合も爐の温度が 1,050°C になつた時前

市販各種銅鑄物用脱酸劑の性能比較試驗結果

製造者名並記號	性質並現象		常溫に於ける諸性質				鑄解時の諸現象			鑄解物の諸性質		
	色	吸有	濕性	無	瓦斯發生の性質	鑄解の成否	鑄解中の諸現象	鑄解色	Cu <sub>2</sub> Oの吸收有無	金屬の折出有無		
Faw Flux	暗褐色	なし	なし	なし	無味無臭の白煙生ず人體に害なし	完全に鑄解す	靜かに鑄解し透明なるガラス状となる	暗褐色半透明	有強	ありし (純銅)		
ボロンサブオキサイド (GE製)	白色	なし	なし	なし	無味無臭の白煙生ず人體に害なし	完全に鑄解す	ビチビチ音を發し透明なガラス状となる	暗緑色透明	有強	なし		
國産品 (A社)	淡小豆色	あり	あり	あり	黑白混合煙を多量に發しP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> の臭を發す人體に害あり	一部鑄解す	膨れて後縮みガラガラとなる	暗赤色透明	なし	あり (燐銅)		
英國品 (K社)	鼠色	あり	あり	あり	刺戟性の鹽化物の白煙生ず人體に害あり	鑄解す	ビチビチ音を發す	表面暗緑色透明	有弱	なし		
米國品 (T社)	黒色	あり	あり	あり	白褐色の煙發生し鹽化物亞硝酸の臭あり人體に害あり	鑄解す	ビチビチ音を發す	黒不透明	有弱	なし		
國産品 (O社)	淡橙色	あり	あり	あり	亞硝酸及鹽化物の臭あり人體に害あり	鑄解す	ビチビチ音を發す	表面暗緑色透明	有弱	なし		

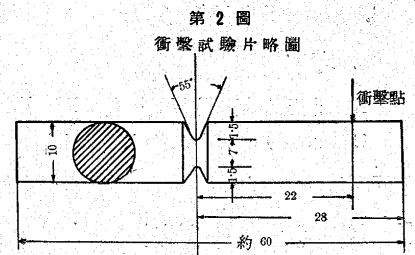
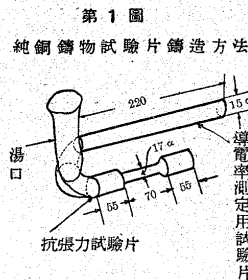
記の混合物を磁製ボート中に入れ約 5 分間に 1,100°C に到らしめ後 5 分間この 1,100°C に保ち後爐中から引き出し鑄解時の諸現象、鑄解生成物の性質等を調査した。

上述の結果から見ると新脱酸劑と G.E 社のボロンサブオキサイドは吸濕性がない、又人體に有害な瓦斯は新脱酸劑及ボロンサブオキサイドは發生しない。そして第一酸化銅を吸收する性能は新脱酸劑及ボロンサブオキサイドが最も大で他のものは弱いものである。又還元力は新脱酸劑以外は金屬銅の析出が殆ど無いことが判つた。

2. 脱酸劑の使用研究 一般に脱酸劑の性能が如何に優秀であつてもその使用方法を誤れば到底良好な成績は得られないものである。即ち脱酸劑の添加量、添加後注入迄の時間等を誤れば豫期の成績を擧げることが出来ないものである。以下新脱酸劑を使用して實驗した結果即ち脱酸劑の添加量、有效時間、鑄解方法、原料等の影響に就いて研究した結果を述べよう。

A. 試驗方法 純銅鑄物の試験としては湯口の引け具合密度、導電率、抗張力、伸、衝撃値、顯微鏡組織等の測定を行つたのである。そして試験片はコークス爐、クリプトル電氣抵抗爐、瓦斯爐、高周波電氣爐を用ひ黒鉛坩堝中で鑄解し使用材料は主として電解銅板、電氣銅帶(導電率 99% 以上のもの)等を使用し第 1 圖に示した様なものを作つた。この際砂型は總て乾燥型を用ひた。そして導電率測定試験片は直徑 10mm 長さ 180mm の丸棒に仕上げ、抗張力試験片は日本標準規格標準抗張力試験片第四號通りに仕

上げ、衝撃試験片は導電率試験片を第 2 圖に示した通り仕上げ、顯微鏡組織は導電率測定試験片の一端から取つて各試験を行つたのである。



湯口の引け具合は湯口を縦に切斷しその形狀及内部の巢の有無を觀察し、比重は導電率測定試験片から測定し導電率は Kelvin Low Resistance Bridge を用ひ測定し抗張力は 50ton—Olsen Testing Machine で行つた。又衝撃値は 17 kg-m の Izod 試験機で行つたのである。

B. 添加温度の影響 脱酸劑の添加温度は脱酸劑の種類によつて異なるものである。新脱酸劑の最も有效な最適添加温度は多くの實驗結果から 1,350°~1,400°C であつて 1,200°C 以下の温度ではその反應が遅いから脱酸の目的を充分達することが不可能である。そして實際に操業時から考へるとあまり添加温度が低いと脱酸劑を添加する爲に湯の温度が急激に低下して鑄込が困難となる様な不便があるのである。従つて最適添加温度が 1,350°~1,400°C であることは最も適當であることが判る。

C. 添加量の影響 脱酸劑の添加量はその處理する金屬中の酸化物の含有量如何によつて決定されるものである。従つて使用する鑄解爐、鑄解雰囲気、鑄解時間其他によつ

て變化してくるものである。それ故ある状態で適當する添加量を見出しても他の状態ではその量が適當とは限らないものである。

筆者等は鑄解爐は 30 K.V.A クリプトール電氣抵抗爐を用ひ黒鉛坩堝中で鑄解したこの際金屬面には約 1 吋厚位木炭塊をかけ半還元状態に保つて鑄解したのである。鑄解量は何れも 1 回に 10kg で脱酸劑添加温度は何れも 1,350°C 鑄込温度は 1,250°C で行つた。

次表はコンミュテーター銅屑を用ひ脱酸劑の添加量を 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% に變へて鑄造したもの、密度、導電率、抗張力、伸等の測定した結果を示したものである。

この結果から見ると大體に於て脱酸劑の添加量は 0.1% では不充分であるが 0.5% 以上なら差支へないと云ふことが判る。

試験項目	超脱酸劑添加量				
	0.1%	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
密度	多き爲測定せず	8.88~8.89	8.89~8.90	8.90~8.91	8.84~8.90
導電率 %		91.40~91.25	90.50~91.50	91.50~91.80	91.40~92.10
抗張力 kg/mm <sup>2</sup>		18.20~18.60	18.20~18.70	18.20~18.30	18.20~18.40
伸 %		42.80~46.00	42.00~44.00	50.00~50.00	40.00~49.00

上述の結果を見ると導電率の値が比較的に低いから再度電解銅板を使用して脱酸劑を 1.0% を加へ鑄造したその結果は次に示した様である。

導電率 96.9~98.0 密度 8.83~8.91

故に導電率の低かつたのは脱酸不充分の爲でなく材料が悪かつた爲である。

次にこれ等試料中脱酸不充分と思はれる 0.5% と充分と思はれる 1.0% 添加したものの顯微鏡組織を見た。寫眞 1 は脱酸劑を 0.5% 加へたもの寫眞 2 は 1.0% 添加したものを示したのである。

これから見ると 0.5% 加へたものは結晶粒中に Pin Hole が無數にあり 1.0% 添加したものは(再試験分)非常に良い組織を示して居る。

以上の各試験の結果から見てこの脱酸劑の添加量は 1.0% 以上が適當であることが判つた。

又多くの實驗からして銅を多量に鑄解した場合即ち 50~100kg 黒鉛坩堝中で鑄解した場合は 10kg 程度鑄解した場合より比較的導電率が良く且脱酸劑の量も少くて良いと云ふ結果を得て居る。これは鑄解重量に對して外氣に接觸して居る表面積が重量が多くなるに従ひ減少してくる爲酸

化作用を割合に受けなくなる事によるものと考へられる。

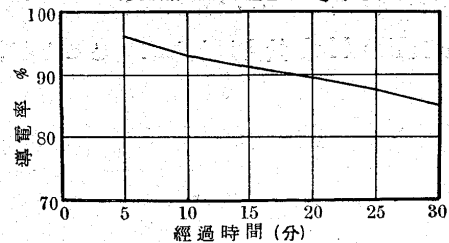
D. 添加後の経過時間の影響 脱酸劑添加後一定の温度に一定の状態に脱酸劑を加へて放置した場合何分位有效であるかを試験して見た。鑄解はクリプトール電氣爐で黒鉛坩堝を用ひて行ひ鑄銅の表面には木炭塊を約 1 吋厚位かけて行つた。そして鑄銅の温度が 1,350°C になつた時脱酸劑を加へ良く攪拌し脱酸劑を除去せず 1,350~1,400°C の間に 5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分保つて前述の乾燥型に鑄造して湯口の引け具合、導電率、抗張力、伸、硬度、衝擊値等の試験を行つた。

湯口の断面は寫眞 3 及 4 に示した通りで何れも肉眼にて見得らる様な巢は全く存在せず且湯口の引け具合は良好である。

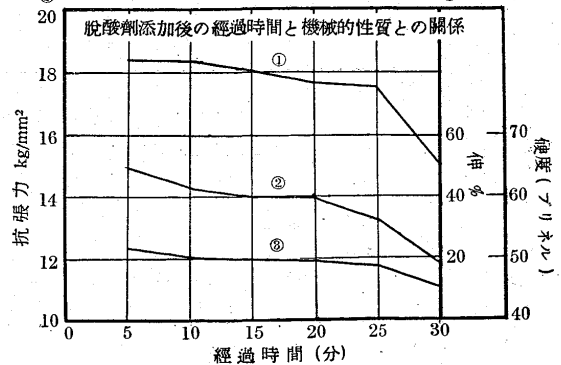
導電率測定結果は第 3 圖に示した通りである。

この結果から見ると導電率は脱酸劑を添加してから注入する迄の時間が長い程低下してくることが判る。故に注入は脱酸劑添加後少くとも 10 分以内に行ふ様にしなければ

第 3 圖 脱酸劑添加後の経過時間と導電率の関係



第 4 圖



らない。抗張力、伸、硬度等の試験結果は第 4 圖に示した通りである。そして之等抗張試験をした試料は寫眞第 5 に示した通りである。

之等の結果から見ると脱酸劑を添加後 10 分間は抗張力、伸、硬度値等變化なくその後は急激に低下して居る。故に機械的性質の良いものを作る點から考へても 10 分間

位迄の間に注入しなければならないことが判る。

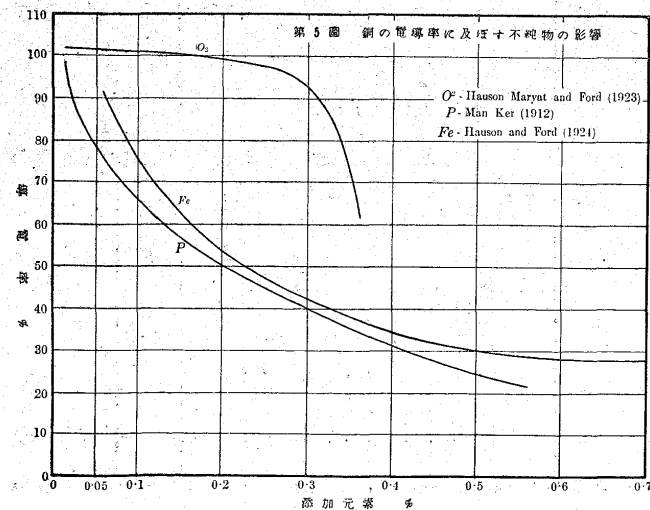
衝撃試験は鑄造のまゝとこれを水素氣中で 700°C に 1 時間焼鈍したものとに就て行つた。次表はその結果を示したものである。

番 號	A	B	C	D	E	F	
經過時間 (分)	5	10	15	20	25	30	
衝擊値 (kg-m)	鑄造のまゝ	2.83	2.80	2.85	3.00	2.85	2.50
	H <sub>2</sub> 中で焼鈍	2.7	2.5	2.4	2.6	2.6	2.4

この結果から見ると大體に於て鑄造のまゝのものは 2.85 ~ 3.0 kg-m で只 30 分放置したもののみが 2.5 kg-m に低下して居る。そして水素氣中で焼鈍したものは 2.7 ~ 2.6 kg-m で矢張り 30 分放置したものが 2.4 kg-m に低下して居る。

それ故大體に於て 25 分經過したものまで酸化物があまりなく、30 分經過したものが幾分ある様に考へられる。(水素還元により脆性が起らないから)

顯微鏡組織は寫眞 6, 7, 8, 9, 10, 11 に示した通りであつてこれから見ると 5 分、10 分、15 分、20 分のものは何れも純銅鑄放しの標準組織を示して居り、結晶界に Cu<sub>2</sub>O + Cu 共晶等は無く 25 分間、30 分間放置したものは輪廓明かな青色粒が出現し 30 分間放置したものの方が多くなつて居り又 Pin Hole 量も増加して居ることが判る。



以上の各試験の結果から何の原因によつて放置時間が長くなる程導電率が低下し機械的性質が劣化するかを考へて見よう。

導電率が前述の様に急激に低下してくることは Addick 氏並第 5 圖 (Addick 氏の後に研究されたものを集めたもの) の結果から考へても酸素のみの影響とは考へられぬ

恐らくは坩堝や雰圍氣中から P, S, Fe 等が少量混入した爲と酸素量が幾分増した爲に Pin Hole が發生した爲等によるものと考へられる。

抗張力及伸の減少傾向から見ると酸素量のみが増加して前述の様に導電率が低下したものと考へるとこの抗張力、伸の値はもつと甚しくならなければならない故である。故にこれも他の元素 (P, S) 等が加はり且 Pin Hole が出て來た爲と考へられる。

衝撃値から見ると酸素のみの影響なら水素氣中で還元すれば衝撃値はもつと低下すべきである。然るに事實はさうでなく只 30 分放置のもののみ幾分低下して居る故に酸素以外の他の影響と見られるのである。

組織からみると A, B, C, D, 等はあまり變化なく Cu<sub>2</sub>S は E, F になるに従ひその量が増し居り Pin Hole も同様である。

故に純銅を黒鉛坩堝中で鑄解し脱酸劑を加へて時間が經過する程各性質が劣化してくるのは脱酸劑が黒鉛坩堝を時間が長くなる程多く侵しこの中に含有されて居る不純物が金屬中により多く吸収されること、脱酸劑が効果が無くなり少量の酸素が加つて來て Pin Hole が出來た爲とによるものと考へられる。

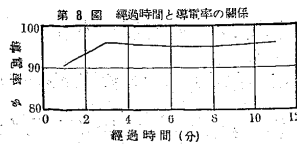
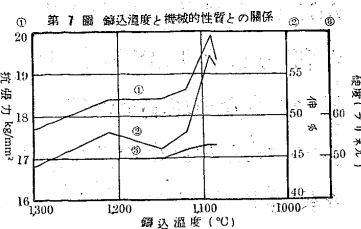
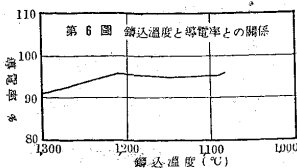
故に脱酸劑は大體 20 分位は有效であることが判る。又黒鉛坩堝を使用した場合は 10 分位に鑄込む様にせねばならぬことが判る。

E. 鑄込温度の影響 前述の試験から脱酸劑は添加後 20 分間位有效であることが判つたので次に多量に鑄解し次々と鑄込温度を變化してその影響を試験して見た。鑄解はコークス爐で黒鉛坩堝中で行ひ鑄解中は常に木炭をかけて行つた。そして鑄解量は 50kg で各温度で次々と前述の乾燥型中に注入した。そして全部を注入する迄の時間は約 10 分を要した。

この際の各試片の湯口の引け具合は寫眞 12, 13 に示した通りで良好である。

鑄込温度の變化による導電率變化は第 6 圖に示した通りであつてこれから見ると鑄込温度が 1,200°C 以下では總て導電率が 95% 以上でこの温度以上で鑄造したものは大分低くなつて居ることが判る。

この原因は何によるか恐らくは slag inclusion によるのではなからうかと考へたので脱酸劑添加後の時間と導電率との關係を見た。第 8 圖はそれである。



これから見ると脱酸剤添加後 3 分間は低くその後 11 分間は殆ど変化はないものである。これから見ると slag inclusion の影響の様にと考へられる。

鑄込温度の變化による抗張力、伸の變化は第 7 圖に示した通りである。

この結果から見ると鑄込温度が高い程抗張力、伸が低いものであつてその最高抗張力、伸の値は 1,090°~1,100°C の間である。そしてその値は抗張力約 20kg/mm<sup>2</sup> 伸 57% である。この結果から見ると鑄込温度による純銅鑄物の抗張力、伸、硬度の變化は一般砲金の場合と全く同様な傾向を有することが判つた(拙著芝浦レビュー大正 14 年 11 月號記載論文参照)この鑄込温度の低い程機械的性質の良くなつてくるのは冷却速度の影響によるものでその結晶粒小さい程であることによるものである。このことは寫眞 14 に示した抗張力試験片の切斷後の表面の状態から判る通りである。

衝撃値は前試料中代表として 1, 2, 4 に就て行つた。そして鑄放しのまゝのものと水素氣中で 700°C で 1 時間焼鈍したものに就て行つた。次表はその結果を示したものである。

番 號	1	2	4	
鑄 込 温 度 °C	1,300	1,210	1,120	
衝 撃 値 (kg-m)	鑄放しのま	2.70	3.05	3.20
	700°C 1 時間 水素中で焼 鈍したもの	2.8	2.4	2.85

これから見ると大體に於て鑄込温度が低い程衝撃値は増して居る。そして水素鈍したのもも大差はないものである。それ故矢張り鑄込温度が低いと結晶粒が小になつた爲に衝撃値が増したものと考へられる。

顯微鏡組織は前述の 1, 2, 4 に就て見たのは寫眞 15, 16, 17 に示した通りである。

これから見ると何れも Cu<sub>2</sub>O+Cu 共晶は全くなく Pin Hole 量も大差はないものである。然し全面を通じて良く觀察すると slag inclusion が 1 が他のものより多い様

である。

以上の結果から考へると脱酸剤添加後 3 分間は導電率低いのは slag inclusion によるものであることが判る。そしてこのものは抗張力其他には極少量の影響を與へないものである。

故に高導電率、高抗張力、高延伸率の純銅鑄物を作る爲には鑄込温度は湯が鑄型に滿つる程度で出来る丈低くした方が良く脱酸剤を加へてから鑄込迄の時間は添加後 3 分~10 分が最適である。

F. 鑄解方法の影響 脱酸剤の添加量は鑄解方法如何によつて異なるものである。即ち還元雰囲気中で鑄解した場合と酸化雰囲気中で鑄解した場合とで金屬の鑄解時に含有される酸素量は異なるものであるからこれの除去に使用する脱酸剤の量は異なることは當然である。筆者等はこの影響を見る爲に爐中の雰囲気異なる次の各種の爐で試験した。

クリプトール電氣抵抗爐 コークス爐 瓦斯爐  
高周波誘導電氣爐

實驗は何れも #10 黒鉛坩堝を使用し 10kg 鑄解し前述の鑄型に注入して各種の試験を行つた。この際脱酸剤は 1,350°C で加へ 3 分後に注入した。上記の各種の爐中の雰囲気考へて見るとクリプトール爐、コークス爐は兩者とも不完全ながら還元状態になつて居り瓦斯爐は前者より還元性は少い。そして最後の高周波電氣爐は全く酸化状態になつて居るものである。

クリプトール電氣抵抗爐の場合

1. 木炭をかけ蓋をして鑄解した場合 この場合は前述の各實驗と同様な方法であつてその結果は何れも良好である。次表はその平均値を示したものである。脱酸剤使用量は何れも 1% である。

導電率 93~98% 抗張力 18~20kg/mm<sup>2</sup> 伸 45~55%

2. 蓋なしで木炭を用ひず鑄解した場合 この場合は鑄銅の表面は内部から何か瓦斯でも出てくるかの如く見え湯は最後迄静止しなかつた。そして脱酸剤 1.0% 添加したのも 2% 添加したのも鑄造して見ると何れも湯口は噴き上り試験片は何れも巢だらけであつた。そしてその巢の形狀分布は寫眞 18 の A に示した通りで非常に微細なものであつた。

故に大體に於て酸化雰囲気中で鑄解したのでは到底良結果は得られないと云ふことが判つた。

3. 始め木炭なし蓋なしで溶解し後木炭をかけ蓋して溶解した場合 この場合木炭なしで蓋なしで溶解した時間は20分間でその温度は1,350~1,400°Cで充分酸化させ次に木炭末をかけ蓋をして10分間放置し脱酸剤を1.0%添加して砂型に注入したのである。この際始めは前実験と同様ブクブク瓦斯の如きものを発生し湯は静止しなかつたが木炭をかけてからは静止して来た。そして脱酸剤を添加すると青色となり充分効果があらわれて来たのである。然し脱酸剤1.0%では幾分不十分の様であつた。次表は1.0%添加したものの試験結果である。

導電率 85~90% 抗張力 16~17kg/mm<sup>2</sup> 伸 40~45%

4. 熔融鹽の蓋して溶解した場合 熔融鹽で充分密閉し電解銅中に含有されて居る水素を出来るだけ多く含ませるやうに溶解したのであつて熔融鹽は鹽化バリウムを用ひた。この場合の溶解方法は電解銅の表面の酸化物のないものを使用し前もつて坩堝中に鹽化バリウムを溶解して1,350°C位に保つて置きこれに銅が空氣に觸れぬ様即ち鹽中に全部這入る様にして行つた。その結果は寫眞18のBに示した通りで比較的大きな巢が発生した。勿論この場合脱酸剤の添加量及添加方式は前述の各実験と同様に行つたのである。この巢発生形式は全く水素のみの存在によるものと同一である。故に熔融鹽中で溶解する方法は良くないと云ふことが出来る。

コークス爐の場合 前実験が説明した通りこの爐でも充分良質のものを作ることが出来るものであるが然し木炭末をかけ蓋をすることは必要である。

瓦斯爐の場合 普通の瓦斯で黒鉛坩堝を用ひ木炭末をかけて脱酸剤1.0%加へ鑄造して見た。その結果は次の様である。

導電率 91% 抗張力 18.3 kg/mm<sup>2</sup> 伸 40%

この場合瓦斯の風壓の爲木炭末が飛ばされて少なくなつて居つた。この爲に割合に結果は良くなかつたのである。故に瓦斯爐の場合は特にこの點に注意しなければならないことが判つた。

高周波誘導電氣爐の場合 この爐は全く酸化雰圍氣中で溶解する場合であつて木炭をかけて脱酸剤1.0%添加して鑄造して見た。この場合次の様な良結果が得られた。

導電率 98.0% 抗張力 18.8kg/mm<sup>2</sup> 伸 50%

以上の結果から考へると導電率90%~95%位のものを作るにはクリプトール爐、瓦斯爐、コークス爐等で木炭を

かけて溶解し脱酸剤を1.0%添加して鑄造すれば良いことが判つた。然し95%以上のものは高周波電氣爐を用ひ不純物の少ない坩堝を使用して木炭をかけ脱酸剤を1.0%加へて作らなければならないことが判つた。又溶融鹽カバーを使用することはあまり好ましくないことも判つた。

G. 使用原料の影響 高導電率の純銅鑄物を作る爲にはその使用原料は出来る丈純粹のものを撰擇して使用しなければならない。何となれば他の金屬が少量でも加はるとその導電率がAddick氏其他の研究結果から判る通り急激に低下するからである。

筆者は一般に純銅として使用されて居る電解銅板、電氣用銅帶、電線、一般銅板、棒屑等に就いて行つて見た。使用した爐はコークス爐で脱酸剤は1.0%加へ、添加温度は1,350°Cで注入は1,200°Cで行つた。但し屑材料は精密にハンド其他のものの附着してないものを使用した。

電解銅板使用の場合	導電率 96.0~98.0%	密度 8.90~8.92
電氣用銅帶使用の場合	導電率 93.0~96.0%	密度 8.85~8.90
銅線屑(綿卷のもの)使用の場合	導電率 91.0~93.0%	密度 8.85~8.90
銅屑(板、棒等の屑)のみ使用の場合	導電率 85.0~90.0%	密度 8.85~8.90

以上の結果から見ると大體に於て電解銅が一番良く銅屑使用の場合が一番悪い。この原因は要するに使用原料の不純物混入如何と脱酸の不足によるものであるが大部分不純物の爲による方が主である。故に使用材料は出来る丈高導電率即ち純粹なものを使用することが必要である。

3. 鑄造法の研究 純銅砂型鑄物の鑄造は如何に脱酸を充分した鑄銅を用ひて行つても應々不良を生ずることがある。この不良の主なるものは引け巢及釣り切れの二者である。この不良を引き起す原因は純銅が比較的鑄引率大のことによるのである。故にこの不良を防止する様に鑄型を造らなければならない。以下之等の事項に就いて筆者等の實驗結果を説明しよう。

A. 鑄物砂 筆者等の銅鑄物鑄造に使用した砂は神戸砂と神奈川砂と等分に混合したものであつてその夫々の分析結果は次に示した通りである。

銅鑄物用鑄物砂分析表 (兩者を等分に混合したもの)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	N <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	化合水	有機物質
神奈川砂	74.72	11.36	6.98	0.55	0.47	0.21	tr	5.68	—
神戸砂	83.72	7.13	3.86	0.58	0.33	1.99	—	2.14	0.24

肌砂は上記のものを40メッシュの篩を通したものを使用し他の砂は3/8'目篩を通したものを使用した。そしてこ

のものを過去3年間実際に使用して何れも優秀な成績を得て居り何等缺點はなかつた。故に純銅鑄物用砂としてこの種の従来吾國で一般に使用されて居るもので差支へないことが判つた。

B. 中子砂 中子砂は川砂を主體として之に古鑄物砂及鋸屑等を次の割合に混合したものをを用ひた。その結果は常に良好であつた。

中子砂の配分 (容積にて)

川砂 50 古砂 30 鋸屑 20 粘土水 適量

このものは鋸屑を相當量含有する故瓦斯抜が良いものである。

故に中子砂はこの種のものが適當と考へられる。

C. 木型 純銅の鑄引率は前述した通り大のものであつてWüst氏によれば1 $\mu$ に付いて1/4' とのことである。筆者等の實驗結果によれば大約16/1000~18/1000程度のものである。従つて純銅鑄物用木型を製作する場合には伸尺は18/1000位にするのが適當である。木型材は普通使用されて居る姫子松、檜、朴等の乾燥材を組合せて作れば良い。そして成る可く現型に製作する方が鑄型の込附けが自由に出来る故瓦斯抜等を充分につけられるから具合が良いのである。中子の幅木は普通銅合金鑄造用のもので殆ど同一で差支へないものである。又仕上代は鑄物の形格及仕上面の粗密程度によつて幾分異なるが大體に於て小物は2~3mm位、中物は3~4mm位、大物は5~7mm位が適當である。

D. 鑄型及中子の込め方 鑄型は普通砲金、眞鍮等の場合と同様硬からず柔からざる程度で相當瓦斯抜の良い様に込める必要がある。又中子は前述の配合のものを形狀を保ち得る程度で出来る丈軟質に込め心金は出来る丈小にした方が良い。要するに銅は鑄引率が大であるからその點を考慮して鑄型、中子等を作れば良い理である。

純銅鑄物の鑄造に對して生型も乾燥型も使用出来るものであつて何等差支はないが原則として乾燥型の方が良い様である。生型を使用する場合は出来る丈水分を少くする必要がある。筆者は大體水分10%位のものを使用して常に良結果を得たのである。

E. 鑄型製作方法 純銅砂型鑄物の鑄型の製作法は一言にして述べれば要するに純銅は鑄引率大であるからこの點を注意して湯口、湯路、上り等を適當に作る様にすれば良いのである。次に筆者等の實驗した結果から最良の方法を簡単に述べよう。

湯口 湯口は原則として本體の最も斷面積の大の部分より幾分大に作る必要がある。この理由は銅が前述した通り鑄引率が大であるから湯口が小であればこれが先に凝固し本體の湯の不足を補給することが出来ないので引け巢が出来からである。要するに大體に於て一般砲金の場合より30~50%大にすることが必要である。

又湯口の高さは大約本體の高さの2倍以上にすれば良い。さうせぬと引け巢が應々本體に及ぶ傾向があるからである。

湯口の上部は湯が湯口一杯に常に注入時に這入る様栓をして一度に流入する様にすれば良い。この様な装置を施さない場合は注入中多量の湯を一度に湯口に入れる様にせねばならぬ。又湯口の上部は注入後表面酸化の爲と急冷の爲とにより他の部分より早く凝固し勝であつてこれが先に凝固すれば押湯の役目を果さないからこの上表面が急激に凝固したり酸化したりせぬ様木炭の微粉末をかけた方が良い。さうするとこの上表面が最後迄錆けて居る爲押湯の目的は充分果されるものである。

湯口の本體につける場所は上部より低部の方が良いものである。

湯路 湯口から本體に湯の流入する湯路は前述した通り本體の最後に凝固する部分即ち肉厚の最も大なる部分(引け巢の出来易い部分)に付ける必要がある。そしてその斷面積は本體の最大斷面積より幾分大にすることが必要である。又湯路の長さは砲金の場合より幾分長くせねばならない。その理由は應々引け巢が本體に迄及ぶ恐れがあるからである。又湯路は原則として出来る丈短時間に湯が鑄型中に入る様にすることが必要であり且最初に注入された湯の温度が低下しない様に補熱することが必要である。この意味で大物の場合には低部と上部との中間に補助湯路を設ける方が良い。

上り 上りは一般砲金眞鍮の場合と同様な意味でつけるものであつてこの場合は矢張り湯口と同様押湯の目的を達する爲に斷面積を幾分大にする必要がある。そして上りの上部湯面は木炭末をかけ酸化並凝固を防止しなければならない。

以上は大體の鑄型製作法の原則を説明したものであるから實際各種の形狀、大きさのものに就てはその都度適當な方法を施すことが必要である。

以下参考の爲筆者等の實驗した二、三の例に就いて實施

した方法を説明しよう。

寫眞 19 は接觸臺の湯口のついたもの、湯口を切り取つたもの及其切斷面等を示したものであつて本體と湯口の大さ、高さ等は寫眞中に書き入れた通りにすれば充分良好な鑄物が出るものである。このものは重量は 8.8kg である。湯口の切斷面は寫眞で示した通り全く巢等はないものである。

寫眞 20 はこの接觸臺を湯口の中央から切斷してマクロ、エッチングしたものを示したものである。これで判る通り引け巢はかなり深く這入つて居り湯路と本體の堺まで来て居る。故にこれから見ても湯路を幾分長くせねばならぬことが判る。そして寫眞で見らるゝ通り巢は全くない優良な鑄物である。

寫眞 21 は矢張り接觸臺の一種であつてかなり肉厚なもので然も肉厚が不同のものである。このものは重量 1 個 9kg であつてこの種のもの比較的鑄造困難のものである。この場合の湯口の高さ湯口の切り方は寫眞中に書き入れた通りにすれば優良なものが出るものである。

寫眞 22 は前者の切斷面をマクロ、エッチングしたものを示したものであつて、引け巢は矢張り本體の近く迄来て居る。これから見ても湯路を長くせねばならぬことが判る。このものも巢の無い鑄物である。

寫眞 23 はシャント、ターミナルで重量 15kg で肉厚部は非常に大のもので兩側には細い突起が澤山出て居るものである。この種のものには砲金でも比較的鑄造困難な種類のものである。然し寫眞に示した様に湯口付け其他を行へば内部に少しも巢のない優良な鑄物を作ることが出来るのである。

次に参考の爲寫眞 22 の接觸臺鑄物の本體と湯口部分の顯微鏡組織を示さう。

寫眞 24 は本體の組織を示したものであつて少しも不純物ピンホール等は無い。又寫眞 26 は鑄型に接觸した湯口部分の組織を示したもので  $Cu_2O$  が少量あらはれて居る。寫眞 27 は鑄型に接觸した部分と引け巢部分との中間の組織を示したものであつて  $Cu_2O$  量は前者より増して居り Pin Hole も出て来て居る。又寫眞 27 は引け巢部分の組織を示したものであつて大きな巢と  $Cu_2O$  が多數に出て居る。この場合は湯口の上部に木炭末をかけなかつたので上表面に  $Cu_2O$  が多量に生成しそれが内部に漸次入つたのである。このことから湯口の上表面に木炭末

をかけないとこの爲に思はぬ失敗を起すことがあることが判るものである。

F. 注入方法 如何なる金屬合金の鑄造に於てもその注入時の巧拙如何によつて製品の出來榮は可成異ふものである。故に鑄物の形狀其他によつて注入法を適當にする必要がある。特に純銅鑄物の場合は注入速度があまり遅いと鑄銅が酸化され爲にピンホールが生成し導電率の低い機械的性質の悪いものが出來勝である。故に純銅鑄物の注入は出來る丈早くした方がよいのである。又注入時注意しなければならないことは脱酸劑が銻滓となり湯の上部を被覆して居りこれが可成り流動性に富んで居る爲注入と共に鑄物中にこれが巻き込まれこれが鑄物本體の一部分に附着し本體にアバタを作ることがあるからこの銻滓が湯と共に巻き込まれない様に適當な手段を講じなければならない。この一方法として最も簡単な方法は注入の際湯の上表面にワラ灰をかけこれに銻滓をくるんで棒でおさへ注入する様にすればよいのである。

4. 標準鑄造法に就て 次に上述の各種實驗結果から新非金屬質脱酸劑を使用して高導電率の純銅砂型鑄物を鑄造する標準方法を括めて記して見よう。

A. 銻解方法 銻解に使用する爐はコークス爐、瓦斯爐、クリプトール爐、高周波誘導電氣爐其他如何なる爐を使用しても差支へない。但し燃料を使用するものは出來る丈銅の性質を劣化させる様な瓦斯例へば磷、硫黃等の瓦斯の發生少いものを使用することと、出來る丈短時間に銻解し得るものが適當である。

銻銅を入れる容器即ち爐銻解室及坩堝等は銅の諸性質を劣化させる様な不純物(例へば P, S 等)の含有しないものを使用し必ず使用前に一度酸化雰囲気中で  $1,400^{\circ}\text{C}$  以上に加熱し不純物を放出して使用するを必要とする。

銻解中は銻銅の表面に木炭塊を 1 吋厚位かけ充分蓋をして出來る丈酸化を防止する事、そして木炭以外の銻銅の表面を密に蔽ふ鹽類等はあまり使用しない方がよい。

最高銻解温度は少くとも  $1,350^{\circ}\text{C} \sim 1,400^{\circ}\text{C}$  位にしてこれ以下にしない方がよい。

B. 脱酸劑の添加方法 脱酸劑の添加量は銻銅の銻解法如何によつて幾分異なるも木炭をかけて銻解した場合は標準として大約銻解した銅の重量に對し 1% 程度でよい。そ



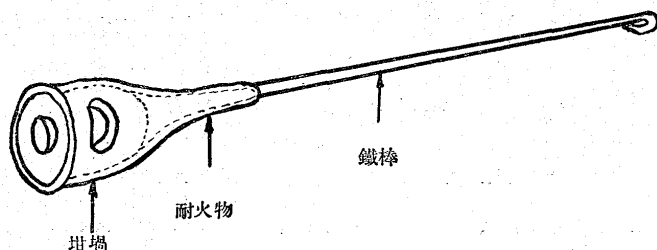
して一般的傾向として鑄解量の多い場合は標準より幾分少く小量の場合は幾分多く使用した方がよい。

脱酸剤の添加温度は少くとも 1,350°C 以上にする必要がある。

脱酸剤添加後注入迄の時間は添加後 3 分~10分間位が適當である。

脱酸剤は非金屬物質故湯の上表面に加へてもその作用は完全に起らないから第 9 圖の様な容器即ちホスフライザー（小型坩堝の底に棒をつけ金屬部は耐火物で塗布し鑄銅が直接接觸しない様に作ったもの）を使用して上表面に脱酸剤を添加後これが鑄解の始まる前にこれで脱酸剤を湯の内部に押し込みながら充分攪拌することが必要である。この際鑄湯の上表面に浮いて居る木炭は存在して居つても

第 9 圖 脱酸剤添加用ホスフライザー



作用上少しも害は無いが作業上あまり多い時は幾分除去した方が都合が良い。そしてこの攪拌操作は鑄銅の容量によつて異なるも大約 1~2 分間に終る様手速く行ふ必要がある。

脱酸剤添加後脱酸の成否は鑄湯上表面の色から判断がつくもの故（鑄湯が青色に輝き透明になつたかの如く見える）不充分なら再度添加しなければならない。

銅鑄物の重量及爐の形狀その他の状態によつて一度に多量に鑄解し小容器に移して注入しなければならない様な場合には小容器に移して脱酸を行つても或は爐中で脱酸して小容器に移して注入しても差支へない。但し前者の場合は小容器を豫め 1,400°C 以上に加熱して置き木炭を充分に入れてある所に湯を取る様に脱酸剤添加時の鑄銅の温度が 1,350°C 以下に低下させぬ様しなければならない。又後者の場合は脱酸効果が出来たる丈長く保つて居る様に坩堝中に加熱した木炭末を入れて置き湯を受けたら直ちに藁灰で蔽ふ様にすることが必要である。

C. 使用原料 高導電率純銅鑄物用原料としては理想上電解銅板が一番良く挿入中は他の有害な金屬其他の混入しない様注意しなければならぬ。然し實際上は電氣銅線、銅

帶等も使用し得るものであつてこの際は錫鍍、ハンダ上げ等をしたものは絶対に使用しない様にしなければならない。又一度使用した銅鑄物の湯口、上り、押湯等は（この超脱酸を使用したもの）純銅故再使用は差支へない。

D. 鑄型及鑄型製作方法 鑄物砂及中子砂は前述した通り吾國に産出するもので充分であつて鑄型は軽く瓦斯抜良く込めることが必要である。そして鑄型は生砂型でも乾燥型でも差支へなく生型の場合は水分 10% 位が適當である。然し原則として乾燥型を使用した方がよい。

湯口、湯路、上り等は砲金の場合より大きく鑄物本體の最大斷面積より大きく切り押湯の高さは本體の 2 倍以上にした方がよい。そして湯口、上りの上表面は湯注入後急冷及酸化を防止する爲に木炭の微粉末をかけ押湯の作用を充分果させることが必要である。

E. 注入方法 脱酸した鑄銅の表面には脱酸剤が溶滓となつて全面に鑄け擴がつて居るから注入の際藁灰等を多量にかけてこれと混合して除去し鑄銅と共に混入しない様防止しなければならぬ。

注入温度は品物の重量、大きさ、肉厚の變化等によつて適當に變化せねばならぬが原則として鑄込温度を低くした方がよい。即ち湯が鑄型の各部に流入し得る程度で出来る丈低い温度例へば 1,150°C~1,250°C 位が適當である。又脱酸剤添加後注入迄の時間は 3~10 分が適當である。

5. 砂型鑄造物の壓延結果に就て 次にこの新脱酸剤を使用して砂型に鑄造した試料の高温壓延及常温加工程度を試験する爲とこの加工によりその導電率が如何に變化するかを見る爲前述の各種試験を行つた試料中導電率 90%, 94%, 96% のもの 3 種を取りこれを 2.5mm 迄高温壓延をし後酸ハタシを行ひ表面を清淨にして常温で 2mm 厚迄壓延して見た。

この壓延結果は非常に良好で一般銅と少しも差はない。

次にこのものをニクロム電氣抵抗爐中で 500°C 1 時間焼鈍して見た。そして鑄物のまゝのもの、常温壓延のまま焼鈍したものと導電率を比較して見た。次表はその結果を示したものである。

	マ ー ク		
	1	2	3
砂型鑄物	93.0	94.0	90.0
常温壓延	96.8	96.8	93.0
500°C 1 時間焼鈍	98.5	98.9	95.6

この結果から見ると、通り明かに機械加工により何れのものも導電率が最低 2.5% 最高 5.6% 増加して居る。そして鑄物状態で導電率の低いもの程増加は大である。この原因は銅鑄物中に存在する顕微鏡的ピンホールの極少量存在する爲でこれが機械加工によつてつぶされた爲と考へられる。そして導電率の始め低かつたもの程増加の理由は大は脱酸が不充分の爲ピンホールが多く生じて居つた爲である。この事實は前表の 1 及 2 に於て最初鑄放し状態の時導電率で 2% 程度異つて居つたものが壓延によつて殆ど同一の値になつたことから判る。但し 3 のものが比較的導電率の低いのは何か極少量の不純物が鑄解中混入した爲によるものと考へられる。

故にこの結果から純銅砂型鑄物からも充分高導電率の壓延銅が出来ることが判つた。尙これ以上のものを作らうとする場合には出来る丈不純物を含まない加熱媒劑並容器を使用すれば良いことも想像された。

6. 高導電率純銅インゴット製造に就て 前述の通り新超脱酸劑を使用することによつて高導電率の純銅砂型鑄物から壓延した市販電線程度のものが出来ることが判つたので次に出来る丈不純物の混入しない爐として瓦斯爐を使用し坩堝には粘土製のものをを用ひ木炭末を充分かけ電解銅板を鑄解し脱酸劑を使用したものと使用せぬものとを何れも 2 吋角長さ 8 吋の鑄鐵製金型中に鑄造して見た。寫眞 28 は之等の中央切斷面をマクロエッチングしたものであつて A は木炭のみ B は脱酸劑を使用したものである。これから見ると、通り何れも肉眼的に見得る巢、ピンホール等は無いが脱酸劑を使用したものは上部にパイブが出来て居り使用せぬものは出来て居らない故に脱酸劑を使用したものの方がより緻密になつて居ることが想像される。尙参考の爲に木炭のみのものを砂型中に鑄込んだら殆ど湯は靜止せず巢だらけのものになつた。それ故金型でインゴットが出来たのは急冷による爲であることが判つた。

次に此等の試料と参考の爲ポリング法によつて作つた某社製電氣用掉銅（銅帶、銅線等を作るインゴット）との顕微鏡組織を見た。

寫眞 29, 30 は新脱酸劑を使用して金型中に注入した顕微鏡組織を示したものであつて、結晶界其他に少しも  $Cu_2O + Cu$  共晶は存在しない純銅の標準組織をして居る。

寫眞 31, 32 は木炭カバーのみのものゝ組織を示したものであつて結晶界に多量に  $Cu_2O + Cu$  共晶が存在して居り且相當大のピンホールがある。

寫眞 33, 34 は某社製のポリング法によつて脱酸した掉銅の組織を示したものであつて微細なピンホールと結晶界に前者程ではないが可成  $Cu_2O + Cu$  共晶が存在して居る。

次に之等試料の比重を測定して見た、次表はその結果である。

處	理	比重(18°C)
木炭のみで脱酸したもの		8.48
新超脱酸劑を使用したもの		8.96
某社製ポリング法によつて作つたもの		8.83

この結果から見ると、通り新脱酸劑を使用したものが比重最も高くポリング法を施したものはその次で木炭のみの場合が一番低いものである。故にこの脱酸劑を使用したものが一番緻密のものであることが判る。

次に之等の金型鑄物から前述の導電率測定用試験片を 2 本作り導電率を測定して見た。その結果は次の様である。

處	理	導電率(%)
木炭のみで脱酸したもの		94.0~95.0
新超脱酸劑を使用したもの		100.2~102.0
某社製ポリング法によつて作つたもの		97.0~98.0

この結果から見ると新脱酸劑を使用したものはこの金型鑄造のままで既に 100% 以上であつてこの様な値は從來得られたことを聞かない、そしてポリング法によつたものより相當良い値を有するものである。

故にこの新脱酸劑を使用すると全く酸素の含まないピンホールのない良いインゴットが出来ることが判る。

尙この金型鑄物を壓延並引伸したものに就ての研究結果は（還元瓦斯中にて加熱した場合の比較試験、腐蝕抵抗、其他の研究）何れ他の機會に發表する豫定である。

7. 實驗結果の考察 以上の各種實驗結果から新脱酸劑の作用並性質、純銅鑄物の瓦斯發生原因、ポリング法と非金屬質新脱酸劑使用法等の優劣に就て考察して見よう。

A. 新脱酸劑の作用並性質 新脱酸劑を鑄銅に加へた場合の作用を大體括めて見ると次の様である。

1. 超脱酸劑は或種の鹽類にて金屬銅と作用せず酸化物と作用し酸化物を還元して金屬狀になす作用を有する。
2. 銅の酸化物を吸収する性能を有する。
3. 鑄解點は銅より 300°~400°C 低い
4. 脱酸劑の最も有効に作用

する温度は  $1,350^{\circ}\sim 1,450^{\circ}\text{C}$  である。5. 非金属物質故金属中に過剰に加へても銅中に残る恐れなく従つて銅の諸性質を劣化する患が無い。6. 脱酸剤は作用完結すると流動性大の鎔滓となり鎔湯の上表面を密に蔽ふ故爐雰圍氣の侵入を防止する作用を有する。7. 鎔解方法如何に拘らず有効である。8. 脱酸剤の作用時間は速かである。9. 脱酸剤の有効時間は長い。10. 脱酸剤の使用量は少い。11. 使用時人體に害ある瓦斯等の發生なく且爆發作用等が無い故にこの脱酸剤は純銅用として適當なものである。

B. 純銅鑄物の瓦斯巢發生原因 Allen 氏其他は前述した通り純銅インゴット及鑄物の巢は水素のみ存在する場合と極少量の水素と酸素と共存する場合に生ずるのであると云ふことを發表して居る。筆者等は前述した各種の實驗結果から氏等と同様な結論を得その巢發生の機構も亦全く同意見である。即ち水素のみの場合は液體狀態の時に多量に含まれて居つたものが固體になつてその鎔解度が減少しその爲に生ずるものであり、水素と酸素と共存する場合は凝固が始まると兩者の平衡が破れ互に作用して水蒸氣が發生しその爲に生ずるものである。そして新非金属質脱酸剤を使用した場合巢の出來ないのはこれが銅中の酸素を完全に除去した爲である。

C. ポーリング法と新非金属質脱酸剤使用法との優劣比較 一般に電氣銅は電解銅板を反射爐で鎔解しポーリング法によつて作つて居る。この方法は電解銅板を爐に装入し鎔解し最初酸化させ酸素量  $0.9\sim 1\%$  位のものとし次に生松其他のものを投じて還元する方法であつてこの際あまり還元が過ぎると生松中より水素が銅中に入り巢を生じ又酸素量を多く残すと即ち還元を不充分とすると銅が tough pitch にならなくなる故普通酸素量を  $0.04\sim 0.05\%$  位に保つ様にして居る。従つてこのポーリング法によつて作つた銅中には相當多量に  $\text{Cu}_2\text{O}+\text{Cu}$  共晶が含まれ且水素と酸素との反應により生じたピンボールが多少存在して居るものである。それ故この方法では到底巢のない且酸化物の無いものを作ることは出來ないのである。この點に就ては斯界の權威者等が等しく認めて居ることである。従つてこの方法によつて作つた銅は還元瓦斯中で加熱すると脆くなる等の現象を生ずるものである。

一方この新非金属質脱酸剤を使用すると前述した通り酸化物を全く混入しない巢のないものが出來且脱酸剤による悪影響等を残さないから銅の諸性質を劣化させる様なこと

は無いものである。従つて還元瓦斯中で加熱しても脆くなる様なことは無いものである。

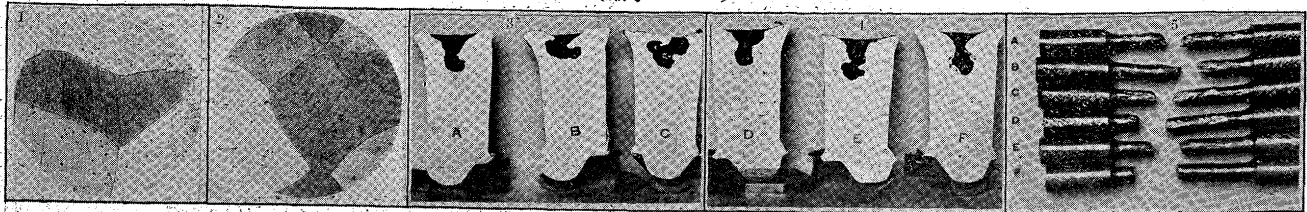
故に兩者の方法を比較するに後者の新非金属質脱酸剤を使用する方法の方がより優秀であることが判る。そしてこの非金属質脱酸剤が歐米諸國に於て従來 Bauer & Sachs,<sup>(27)</sup> Seidl & Schieffed Masing & Haase 氏が渴望して居つたものに良く合致するものである。

### III 總括 以上を總括すると次の様である。

1. 従來の純銅鑄造用の脱酸方法並脱酸剤を検討し新しい有效な非金属質脱酸剤を作つた。
2. この脱酸剤を使用して従來砂型鑄物で出來なかつた導電率  $98\%$  程度のものを作つた。
3. 従來の純銅の砂型鑄物の機械的性質は抗張力  $18\text{ kg/mm}^2$  伸  $20\%$  程度のものと考へられて居つたがこの非金属質脱酸剤を使用すると抗張力  $20\text{ kg/mm}^2$  伸  $57\%$  位のもの出來ることを見出した。
4. 新脱酸剤の使用方法を明かにした。
  - A. 添加温度は  $1,300^{\circ}\sim 1,400^{\circ}\text{C}$  が適當である。
  - B. 添加量は  $1\%$  (重量にて) で良い。
  - C. 添加後注入迄の時間は  $3\sim 10$  分が適當である。
5. 純銅砂型鑄物の鑄込温度による抗張力、伸、衝擊値導電率等の變化を明かにした。
6. 純銅砂型鑄物の鑄造に必要な諸事項即ち鑄物砂、中子砂、木型、込め方、湯口の付け方及注入法等を明かにした。
7. 従來のポーリング法で作つた純銅と新非金属質脱酸剤を用ひて作つた純銅とを比較してその優劣を論じた。
8. この脱酸剤を使用することにより従來銅の缺點とする性質がある程度良くなることを明かにした。
9. 純銅鑄物の巢發生の機構、原因を明かにした。
10. 脱酸剤を使用すれば金型鑄物で導電率  $102\%$  のものが得られることを明かにした。

終りに臨み本研究を當初より過去數年間絶えず御懇篤に御指導、御鞭達を賜り且本論文の發表を御許可された芝浦製作所研究所々長取締役黄金井晴正氏に衷心より感謝の意を表する次第である。尙本研究の各方面に渡り多大なる御援助をなした下された二宮弦氏、脱酸剤の研究に従事せられた村上透、福士忠麿兩氏並各種の實驗に従事せられた本村篤氏、尾田敏雄氏、竹村旗夫氏及其他の方々々に厚く感謝する次第である。

(縮小 0.375)



寫眞 1  
×100  
0.5% 添加せる  
もの

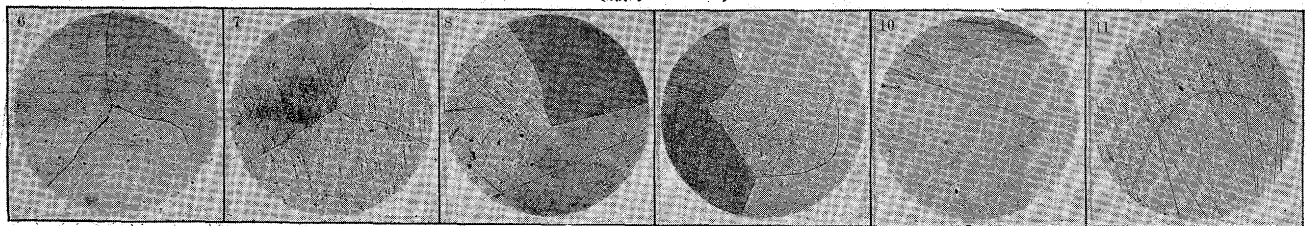
寫眞 2  
×100  
1.0% 添加せる  
もの

寫眞 3  
湯口の断面

寫眞 4  
湯口の断面

寫眞 5  
脱酸劑添加後注入迄の  
時間の影響を見た抗張  
力試験片

(縮小 0.375)



寫眞 6  
×100  
5 分間放置

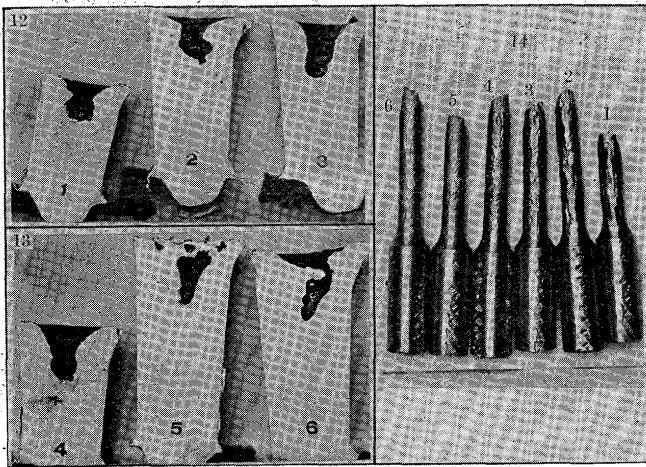
寫眞 7  
×100  
10 分間放置

寫眞 8  
×100  
15 分間放置

寫眞 9  
×100  
20 分間放置

寫眞 10  
×100  
25 分間放置

寫眞 11  
×100  
30 分間放置

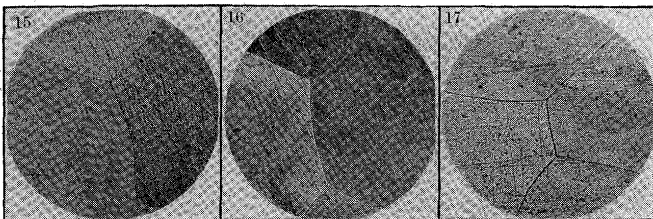


寫眞 12 湯口の断面

寫眞 13 湯口の断面

寫眞 14 鑄込温度の變化による抗張  
力、伸を測定した試験片

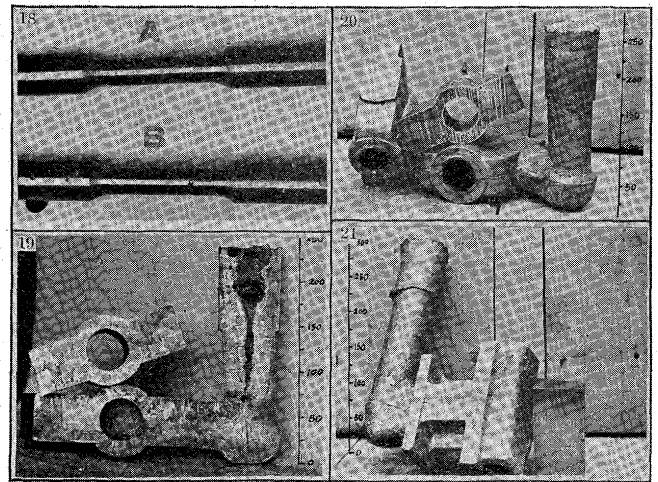
(縮小 0.375)



寫眞 15  
×100  
1,300°C より鑄込

寫眞 16  
×100  
1,210°C より鑄込

寫眞 17  
×100  
1,120°C より鑄込



寫眞 18 酸化物と水素と存在する場合と水素のみ存在する場合との巢の發生状態比較

寫眞 19 接觸臺

寫眞 20 接觸臺を湯口の中央から切斷した所を示したもの

寫眞 21 接觸臺

縮小 0.375

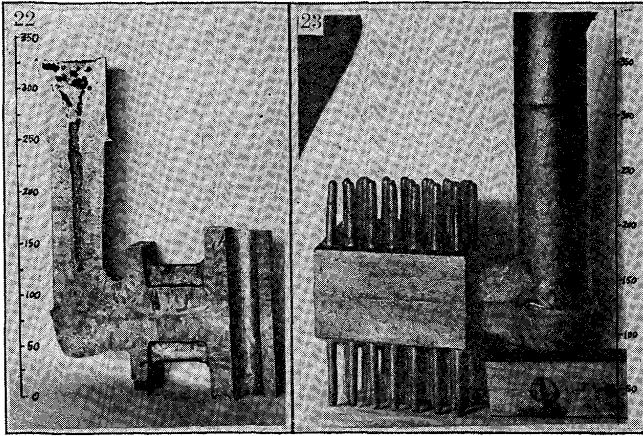


写真 22 接觸臺を湯口の中央から切斷した所を示したもの

写真 23 シャント・ターミナル

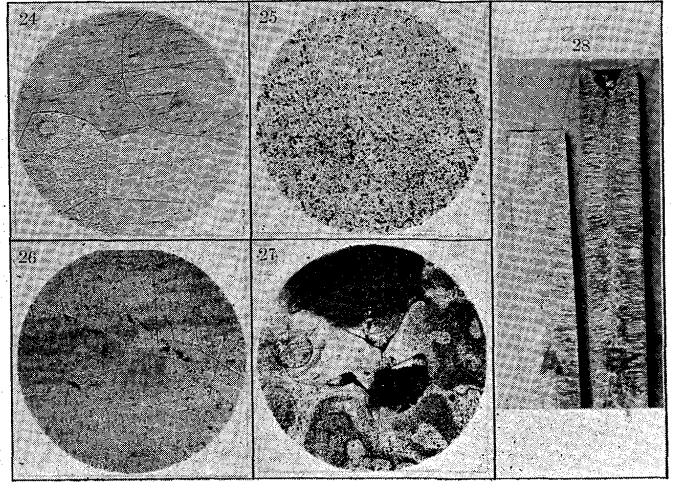


写真 24 ×100 鑄物本體

写真 25 ×100 鑄型接觸部と引け巢との中間部

写真 26 ×100 鑄型面に接觸せる湯口部

写真 27 ×100 引け巢に接した部分

写真 28 脱酸剤を使用せぬものと使用したものとの比較

縮小 0.375

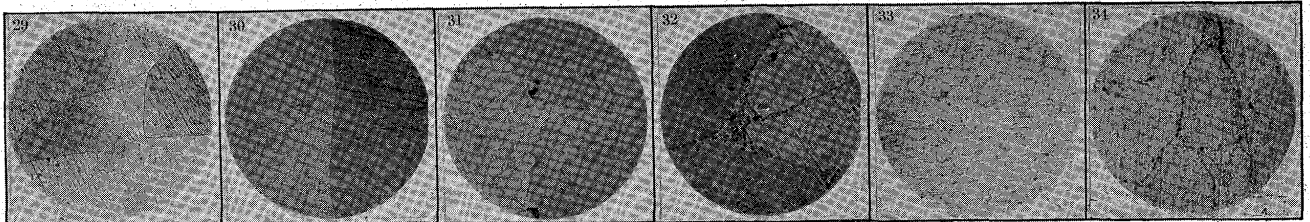


写真 29 ×100 新脱酸剤を使用せるもの金型鑄物

写真 30 ×400 新脱酸剤を使用せるもの金型鑄物

写真 31 ×100 木炭のみ使用金型鑄物

写真 32 ×400 木炭のみ使用金型鑄物

写真 33 ×100 某社製ポーリング法によつて作つた掉銅

写真 34 ×400 某社製ポーリング法によつて作つた掉銅

参考文献

1. Dick, Stözel, von Russel & Mathiessen; - Dinglers Polytech. J., 1853-62, 141, 207, 154, 192; 164, 438.
2. Caron; - Compt Rend., 1866, 63, 1129.
3. Hampe; - Z. Berg. Hütt.-u. Salinenwesen., 1873-76,
4. Delachanal; - Compt. rend., 1908, 147, 137; 1910, 151, 881.
5. Sieverts; - Ber., 1910, 43, 893 又は Z. physikal Chem., 1910, 74, 277
6. Guichard; - Compt rend, 1911, 152, 876; 153, 104, 272.
7. Carpenter & Elam; - J. Inst. Metals., 1918, 19, 155.
8. Ryder; - Trans. Amer. Electrochem. Soc., 1918, 33, 197,
9. Guillemin, Delachanal; - Compt rend., 1908, 147, 1309; 1910, 151, 881.
10. Lobley & Jepson; - J. Inst. Metal 1926, 35, 213.
11. Guillet & Röax; - Compt rend., 1927, 184, 724.
12. O. W. Ellis; - Amer. Inst. Mining Met. Eng. Tech. Pub., No. 123, 1928, 1-26.
13. Villachon & Chandron; - Compt rend., 1929, 189, 324.
14. W. E. Prytherch; - J. Inst. Metal., 1930, vol 1, 73-80.
15. N. P. Allen; - J. Inst. Metal., 1930, vol 181-124.
16. Pilling & Bedworth; - J. Inst. Metal., 1923, 29, 529.
17. P. Siebe; - Metall u. Erz., 1927, 24, 288-289; Z. Metallkunde., 1927, 19; 311.
18. Hessenbruch; - Z. Metallkunde., 1929, 21, 46.
19. 岩瀬博士; - Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., 1926 [i] 15, 531.
20. Heyn & Bauer; - Metallurgie., 1906, 3, 82.
21. C. M. Stubbs; - J. Chem., 1913, 103, 1445.
22. Showronski; - Trans. Amer. Inst. Mining Met. Eng., 1919, 60, 307
23. W. Stahl; - Metall u. Erz., 1924, 21, 69-70.
24. Prytherch; - Brit. N. F. Metals. Res. Assoc. Res. Rep., No. 63A, 1925.
25. 海老原博士; - 金屬研究 大正十四年一月號
26. Archbutt; - J. Inst. Metal., 1925, 227.
27. Burkhardt & Sachs; - Metallwirtschaft, 1932, 11, 239-242.
28. Seidl & Schiebbed; - Z. Metallkunde., 1926, 18, 241-246, 315 321, 343-346.
29. Masing & Haase; - Wiss. verröff Siemens-Konzern., 1928, 7 (1) 321.
30. E. Weintraub; - Bull. Soc. franc. Eléct., 1924 [iv], 4, 229-230.
31. Leon Guillet; - Rev. wet., 1924, 21, 174-182.
32. Mathiessen; - Philosophical Transactions., 1860, 85-92,
33. Laurence Addicks; - Trans. Amer. Inst. Mining Eng., 36, 18, 1905,
34. A. L. Norbury; - J. Inst. Metal 1925,
35. Kurt Illig; - Zeitschrift für Angewandte hemie vol., 40 (1927) 1160-1163.