

44

贈閱

# 鑛冶工程

國立雲南大學鑛冶工程學會會刊

民國三十五年一月出版

## 要目：

- |                  |      |
|------------------|------|
| 川康滇銅鑛紀要摘要        | 馮景蘭  |
| 會澤鉛鋅鑛床成因之我見      | 許傑   |
| 柏士麥煉鋼法之發展及其將來之發展 | 楊尚灼  |
| 平爐煉鋼中之化學反應       | 張行燧譯 |
| 街騰縣金鑛探勘報告書摘要     | 鄧經邦  |

國立雲南大學鑛冶工程學會

雲大鑛冶工程會刊印

KBC  
IG  
618.2-53

## 鑛冶工程目錄

對於培植礦業人才之我見	萬國強	二
柏士麥煉鋼法之改進及其將來之發展	楊尚均	二
會澤鐵山磁鉛鋅礦床成因及時代之我見	許傑	六
「川康滇銅礦犯要」提要	馮景雲	十
如何控制平爐煉鋼之化學反應	張行提舉	十二
「雲南省瀘河縣金礦探勘報告書」	孫經邦 姚庸	十八
高速鋼之機械處理及熱處理	徐祖耀	二十一
鍍化表面之過程	張能譯	二十五
編後		二十九
本系系友及同學錄		三十一

### 鳴謝

本刊因印刷費難于籌措，特向 明良煤礦公司  
捐募，承蒙惠捐國幣拾萬元，因而使刊物能早  
日問世，敬此致謝：

MA  
P618.2-53  
1



3 1760 8381 8

# 對於培植礦業人才之我見

黃國瀟

我國精冶人材，素感缺乏，至近清末，朝野人士，均與精冶為富強之要，羣起圖之，然以缺乏專材，故不獨對精冶事業，借材異地，即培養精冶人材之師資，亦多利用留學，如鎮江昇老之三學府北洋工學院之前身，北洋大學堂，北京大學之前身京師大學堂及滬南大學之前身滬南高等實業學堂，共鑄冶師資幾全為留學。此其明證。至民國初年，歐戰爆發，我國以未被牽入，從事鑄冶者，即不用鑄冶專家，亦多致貧而歸，鑄冶人材，遂不招資本家之重視，歐戰停後，世界經濟凋零，我國鑄業，亦一蹶不振，臨時出國來學者雖多，然習鑄冶者，究不踴躍，至抗戰前數年，各大學始多添設鑄冶系，以期培植精冶人材，供國家需要，及抗戰軍興，鑄冶人材之需要，求過於供，各鑄冶系學生之多，可謂空前，然以過去疏忽於培植，鑄冶專家，大部為資源委員會一案而空，復以交通阻礙藥品器材無法輸入，遂至各鑄冶系有貯資而無藥品器材以供實習或有藥品器材而無師資之矛盾現象，因之所培植之人材，其數雖多，而實則遜於戰前。現歐事結束，鑄冶人材，需要更多，此時而曾培植，已想過遲，然亡羊補牢，尤為未晚，負鑄冶教育之責者，不容忽視，作者服務於鑄冶事業及鑄冶教育界卅餘年，未過之經驗，對於培植精冶人材之歧路有所見，謹將一得之愚，提供於賢明當局。

### (1) 對於學校教育方面：

- (甲) 對於地域上之分配，宜地距適中，則師資易於延攬，而學生無遠地就學之苦，現我國大學有鑄冶系者，如四川貴州廣西湖南湖北河南河北東北等省，而西北及東南等省則無之，此二區亟應添設鑄冶系，以供需求，此點想早經教育當局復員會議之注意，初待辦之也。
- (乙) 對於學校設備之充實，宜廣籌經費，充實設備與建築使各種實習，均能實現，毋枉枉虛名，有請投而無實習，蓋工程一科，理論與經驗並重，缺一不可，毋可諱言，希教育當局，注意及之。
- (丙) 對於師資之延攬，與設備之充實，同等重要，蓋孔聖備而無師資，不過虛有其表，在抗戰期間，教師流動性大，加以待遇菲薄，生活不易維持，改業他途者，不在少數，故各系對於師資，不宜延攬，現抗戰勝利，政局穩定，教師之流動性較少，然亦宜充其待遇，使之能安於其位，毋使終日忙於生活，而忽略其研究工作，學校之特聘教師，其期限宜稍採半永久性，在延聘之前，宜慎重從事，延聘之後，不妨於試用制，試教半年，如能稱職，則聘期應為三年或五年，使之能有所建樹，如不能稱職，則來往旅費，應由學校負擔，如此則不致有濫竽之弊，而優良教師，得以展其所長矣。
- (丁) 對於精培未來師資，應在培植助教，宜擇本系優材生，充任助教其工作不宜過重，宜使之有讀書與研究之機會與精神，俟升任講師後，擇其優良者，表送出國深造，則師資不至缺乏而讀書與研究之風尚矣。
- (戊) 對於學生水準之提高，端在中等教育之良否，在抗戰期間，中學師資，亦不易延攬，今後中等教育水準之提高，自無問題，但值此青黃關頭，不得不有一救濟辦法，即各系宜嚴格招生，並多收先修班之預科，其課程可分文組與理工組，使之能在最短期而收最大之效果，如此則能質量兼顧矣。對於前修課程，似宜隨時修改，使有存留餘地，因課程之規定不外(一)分類詳細規定與(二)概括規定二者，現前修課程似屬於前者，前者由前規定，各校不得變更，能收命令統一之效，非不適用，但與我國地大人多，各省級數種類不一，如以南非級數屬佔大部，而規模不一，其級數不一，而非級數屬較少，此二區之課程，自不能一律，非略為變通不可，愚意由前修課程，其重要必



(啟)

修課呈爲各校所不可少者其餘則因地制宜，市各視當地情形，略爲變更，如此則學有所用，無的足適願之弊矣。

(2) 對於出校後工作方面：

礦冶工程經驗與理論並重，現學生實習期間僅三年級暑假時不過數週，實踐不足，雖畢業後，赴礦廠就業時，尙有三月至六月之實習，然所見僅限於一礦或一廠，不能多廣見聞，愚意二年級學生於暑期時應作地質與鑛山測量實習，其實習地點，不宜限於一礦，宜分爲二礦實習，使之多所觀摩，三年級暑期則作採冶實習，畢業後則由政府指定就近採冶設備完善之鑛廠，分區實習一年，其待遇不妨略爲從優，實習應不侷限於工程方面，其他如會計營業運輸等工作，亦宜兼顧及之，此一年實習，爲就業之必備條件，以後社任何礦廠工作，即可免除實習，如此則見廣聞多，且能了解社會上之實際情形，自無初離校後即赴礦廠工作之困難矣。

以上所舉誠能一一施行，則十年後我國尙缺採冶人材，吾不信也，樹人大計爲建國之基，刻不容緩，負責當局，能採及蒞焉，國家幸甚，民族幸甚！

### 柏士麥煉鋼法之改進及其將來之發展

楊 高 灼

#### 引 言

本文所論之柏士麥煉鋼法，係指酸性法而言。良以我國鐵礦，含磷皆不太高，不宜採用礆性柏士麥法，與奧國情形頗相異。本文所用資料亦多取自美國之出版物，及其私人之報告。

#### 過去情形之檢討

柏士麥煉鋼法，發明於十九世紀中葉，爲鋼鐵大量生產之先驅，經廿世紀初期，仍保持其領導之地位。嗣後平爐煉鋼法進步甚速，鋼質逐漸優良；而工業發達之結果，需求更佳之鋼料，於是平爐鋼遂取柏士麥鋼之地位而代之矣。試觀美國自1888至1939年之鋼料生產統計自明：

年份	柏士麥鋼產量 噸	平爐鋼產量 噸	柏士麥鋼與平爐鋼之比例
1888	2,541,493	245,250	10.33
1890	4,131,535	574,520	7.19
1895	5,498,223	1,237,644	4.32
1900	7,486,942	3,805,911	1.97
1905	12,254,340	10,047,841	1.22
1910	10,542,305	18,485,050	0.57
1915	9,281,579	26,570,584	0.35
1920	9,949,057	36,592,552	0.27
1925	7,530,837	42,582,377	0.18
1929	7,977,710	54,125,735	0.15
1930	5,639,714	39,255,073	0.14
1932	1,715,975	13,337,710	0.13
1935	3,175,235	34,471,750	0.092
1939	3,358,916	48,408,400	0.070

此半世紀之間，柏士麥鋼與平爐鋼之其例，自十倍而至不及十分之一，可謂一落千丈。然柏士麥鋼並非無改進之餘地，是以近年來研究此法者頗多。加以第二次世界大戰，鋼鐵供不應求。平爐之建造，費時久而需資本多。柏士麥爐輕而易舉，其產量尤易增加。於是久被人忽視之柏士麥爐，復得有被研究改進之機會，亦時勢使然也。

柏士麥爐之缺點

普通酸性柏士麥爐之缺點第一為不能精煉。第二為吹煉時間之短促，不能根據化學試驗之結果，以控制其成分。僅藉冷爐時觀察其火焰之形狀，而斷定其是否合度，故常致出品不勻。第三為空氣吹入鋼液內，氣體溶化於鋼內者頗多，影響其物理性質。

改進之結果

(一) 酸性柏士麥爐施行磷處理，已大見成效。其法為吹煉完畢後，使酸性之流與鋼液分離。傾鋼液於盛鋼桶中，和以祛磷劑，其成分約為石灰五成，氧化鐵層三成，螢石二成。結果如下：

鋼液內之磷	經處理後鋼液內之磷	每噸鋼所用之祛磷劑
0.147%	0.060%	78磅
0.150%	0.061%	78磅
0.188%	0.072%	78磅
0.192%	0.076%	78磅
0.100%	0.030%	60磅

由上表觀之，其後餘下之磷份，與原來所含磷份之多寡有關。若含磷不太多，則最後所餘之磷份，與平爐鋼內之磷份殆不相上下。祛磷劑需用之量並不多，於成本增加無幾。此法又不需特別設備，雖已成之工廠亦可採用。除此法外，則以柏士麥鋼液傾入另一平爐中，再加精煉，亦可收祛磷之效，所謂雙爐精煉法 (Duplex) 是也。此法久已有之，下文當再詳論焉。

(二) 用電眼 (Electric eye) 控制柏士麥爐之吹煉，在美國已普遍採用。其法為用一感光電池 (Photo cell) 因柏士麥爐吹煉時發生火焰之微弱，而生微弱之電流。此電流可用自動器記錄於紙上。冶煉之終點，一目了然。冶煉作業完全科學化，而往者因「而殊之弊可免矣。

(三) 氣體之溶於柏士麥爐中者，大部份為氧與氮。氮亦有之，其量甚微。柏士麥鋼中之氮，經研究結果，與平爐鋼中所含者無大差別。其影響於鋼料之物理性質猶小，惟氮為害最烈，尤以鋼中含磷在0.0%以上時為然。其影響為使鋼料呈脆性，其衝擊抗力 (Impact resistance) 低，冷時加工後 (Cold worked) 尤顯著。且隨時久則硬性增加 (Age hardening)，延性減低，為機械混份受活動負荷者 (Dynamic load) 之大忌。下圖 (一) 示鋼之衝擊抗力與氮及磷之成份之關係；圖 (二) 示冷時加工後之鋼料，其加工之程度，與氮、磷之成份影響其衝擊抗力之情形。

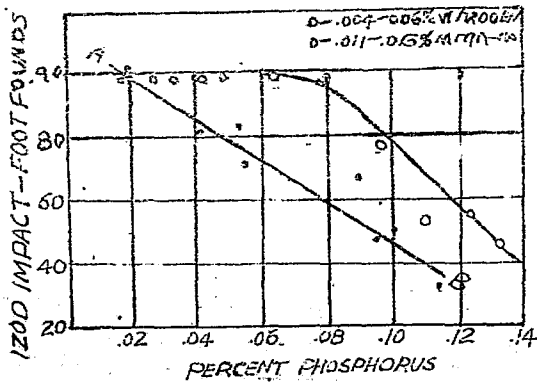
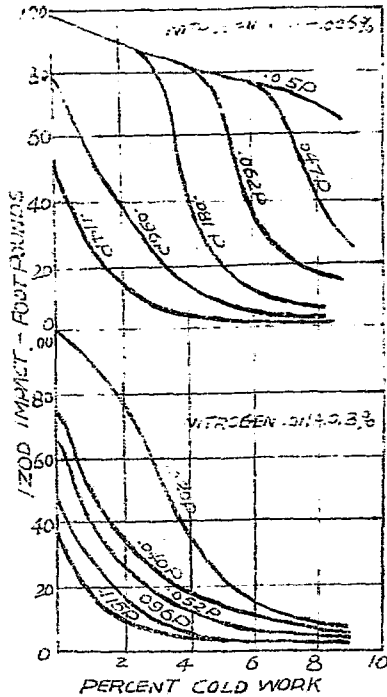


圖 (一)

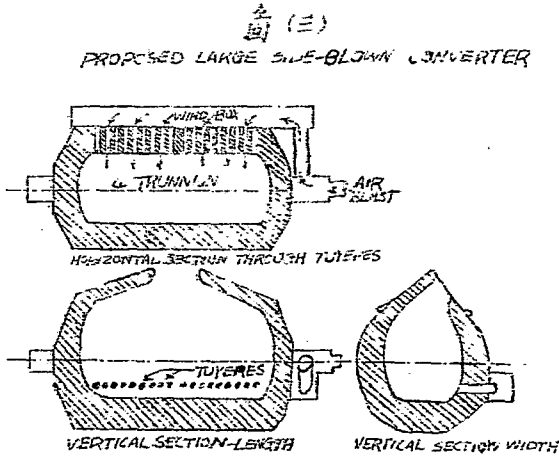


圖(二)

圖(一)，可見鋼料含氮在0.011%至0.013%之間者，其衝擊抗力之減低，與磷份成正比例，即沿一直線 AB 而向下。含氮在0.004%至0.006%之間者，在低磷時尚無大礙。當磷份超過0.08%時，其衝擊抗力亦沿一與 AB 平行之直線而減低。圖(二)所示衝擊抗力減低之情形，較圖(一)所示者尤甚。即低氮(0.004—0.006%N)低磷(0.047%P)之鋼料，經百分之八之冷作(Cold work)其衝擊抗力亦大受影響。至於含氮較高(0.011—0.13%N)之鋼料，雖磷份低至0.02%仍十分脆弱。氮之關係之大，於此可見矣。

夫既知病源，則不難對症下藥。知氮之作祟，則惟有設法使之減少耳。上述之柏士麥爐，均為低吹式(Bottom blown type)。蓋大量生產之柏士麥爐，容量在三噸以上者，皆底吹式也。小型之柏士麥爐，多為旁吹式(Side blown type)鑄工廠多用之。偶取此旁吹式爐所煉之鋼化驗之，發現其所含之氮

差 0.004% 左右，與平爐鋼所含者相差無幾。其物理性質，較平爐鋼同一成份者，亦無遜色。英國 Jones and Laughlin 製鋼公司特計劃一新型之吹火式爐為大區之試驗，其形如下圖（三）。



此新型之柏士麥爐，係採取穿火式之優點而擴充之。使鋼品含氮如穿火式所煉者之低，而其產量如低吹式之大。蓋如圖（三），如需加大容積，僅增加爐之長度（Length），及其風管之數目，其橫剖面可保持不變。如是則吹爐可保持一最適宜之情形。該公司用此新型爐吹煉百六十一次，試驗結果，甚為滿意。所出鋼料，含氮在 0.004 至 0.006% 之間，含磷 0.08%，已足與平爐鋼含磷 0.05% 者相副。現試驗仍在進行中，將來用新型柏士麥鋼所煉之鋼液，再入平爐中精煉之，使磷份更行減低，則出品之性質可與平爐鋼相等，而成本較低廉產量更大，前途之發展，蓋未可限量也。

祛氮劑之改進

普通柏士麥煉鋼法，以砂鐵錐為祛氮劑。最近美國 National Tube Co. 研究以液體之生鐵（即 Gird Pig Iron）為祛氮劑，而名其出品為 Killed Bessemer Steel。經五年之試驗所得結果，證明此柏士麥鋼較諸同等之平爐鋼有過之無不及。借此報告，未分析鋼中之氣體之成份，於其性質之改良，尙未有充分之解釋，猶待將來採用此法者之研究也。

故綜合而言，則鋼鐵工業，即將進入一新時期。

綜上所述，將來之柏士麥爐，其形狀將循圖（三）所示之趨向而進化。其在鋼鐵工業中之地位，必可一反昔日被人目為低級鋼料之煉爐，而為新興之工業國家所嚮往。我國鋼鐵業，較諸歐美，雖乎其後，但欲急起直追，當以採用最新式之柏士麥爐與平爐相輔為雙爐精煉法為佳。蓋我國產鋼缺乏，在三五十年之內，其來源殆極有限。若以生鐵入平爐中精煉，費時久而成本高，必難與外來之鋼鐵相抗衡。若採上述之雙爐精煉法，則建設之經費，可以減低，建設之時期，可以縮短，而所出鋼料，價廉物美，向患無市彌敷。

# 本文參考資料

1. The Arid Bessemer Process of 1940. by H. W. Graham, Metals Technology. Oct. 1940
2. A Study of Modern Bessemer Steels. by E. E. McGinley. Metals Technology. Sept. 1941.
3. A Method of Rapid Dephosphorization of Bessemer Steel. by G.M. Yocom, Metals Technology. Jan. 1941.
4. Photocell Control for Bessemer Steel Making. by H. K. Work, Metals Technology. June 1941.
5. The Manufacture and Properties of Killed Bessemer Steel. by E. C. Wright. AIM E Trans. 1944.
6. Report on the Development and Construction of the Experimental Converter. by R. R. Webster. (not published)
7. Report on the Properties of Steel produced in the Experimental Converter. by W. R. Webb, R. R. Webster and G. H. Enzian. (not published)

## 我見及因城采鑛鉛山鑛會澤

【附第一圖至第三圖】

會澤鑛山廠鉛鑛採因及時代之我見

雲南省會澤，鑛產豐富，銅鑛而外，則鉛鑛產量最著。地處縣城東北約六十公里。國內學者自是起考察，考在胡果，詳見大報。三十二年夏，筆者親在雲南東北帶地帶，道經該處，對鉛鑛鑛床及此相連之地質問題，曾作詳密之觀察。茲據我見，原敘於後。以見，該鑛山（Lead and Zinc Mine）之鑛床及鑛層。

鑛山廣為一寬緩之背斜構造。主要岩層為上石炭紀之馬平灰岩；在背斜之東南翼，有三疊紀之鑛山煤系及平口灰岩；構成傾向斜坡（Dip Slope）。馬平灰岩因受鑛液作用，局部變質而結晶；鑛床即含於結晶灰岩中。有沿灰岩層面（Bedding Plane）之線理而停積者；有沿灰岩節理（Joints）所成之線理而停積者；要之，皆為線理鑛床（Fissure Deposits）也。

鑛床成層狀（Bedded Deposits）。迄今所知者，僅有一層。鑛層厚約在十公分至一公尺半，含於背斜東南翼之馬平灰岩中。此層結晶灰岩在鑛山勢比較整齊，厚約三十公尺。其上尚有三十公尺未結晶之灰岩；再上即為下二疊紀之鑛山煤系。鑛床居結晶灰岩之下部，上距煤系之底部礫岩約五十公尺左右。鑛層



之走向及傾向與灰岩一致；走向東北——西南；傾向東南25°至32°（第一圖）。現在之維新洞及以前之興賢裕園二洞，皆係開採此層。礦床中所含之礦物甚為簡單，約如下列：

方鉛礦——見於維新洞之下部；為銀灰色細粒晶塊，與白鉛礦混合，為氧化帶中殘留之礦化物。

白鉛礦——為維新洞所產方鉛之主要礦種；呈土狀或鉛絲之纖維狀。

鉛丹——為紅色粉末狀。或包被於方鉛礦之外；或夾於白鉛礦中；次生之狀甚顯。為量甚微。

硫酸鉛礦——為產於方鉛礦洞際中之細粒晶體；或呈同心帶狀，包被於方鉛礦之外，呈淺灰、褐黃、及乳白等色。

赤鐵礦及褐鐵礦——礦層之頂部常為此二種礦物，呈塊狀，俗呼“鐵板磚”，鄉人以此為採礦之標索。

此外脈石（Gangue Minerals）之主要者為方解石，其結晶常雜於方鉛礦及白鉛礦中細小之針狀石英體常見於含礦層之結晶灰岩中，重晶石則常與褐鐵礦及白鉛礦共生。滑石亦有少許。

就維新洞中所見，礦床常具對稱組織：最外層為白色或肉紅色，曾經白雲石化（Dolomitization）之粗粒結晶灰岩，俗稱森石。次為赤鐵礦及褐鐵礦，其中時含結晶灰岩之碎塊。居中為鉛礦層，厚約五十公分至一公尺半。鉛礦層之中心部分為極純之白鉛礦，中雜氧化殘留之方鉛礦晶塊；其上下則為黃色土狀物，俗稱“黃泥類”，似為白鉛礦與褐鐵礦及粘土之混合物（第二圖）。現維新洞向下開採已逾一百六十公尺，鉛礦層之走向探測已達四百公尺左右；然仍未用前人業已開採之範圍。所採礦石以“黃泥類”為主，平均含鉛量在百分之十七以上。

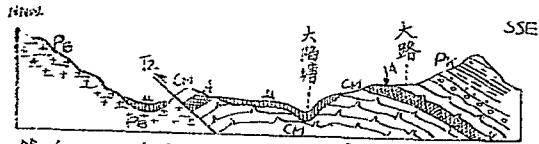
（乙）節理裂隙礦床

在礦山脈背斜構造之近於中軸地帶，灰岩因張力而生近於垂直之節理甚多。節理之裂隙因水之溶解線擴大。主要之節理礦床係停積於此裂隙中；亦有局部沿層面之裂隙者，但延展不遠，故統稱為節理裂隙礦床。礦床之局部呈不規則之囊狀或紡錘狀；時寬時窄，若斷若續，沿裂隙向地下伸延甚深；有時層面之裂隙伸出旁枝（第三圖）。白鐵山，打斷山及獅子口一帶，適居背斜之中軸地帶，其礦床均屬此類，為銻砂之主要產地。

所含銻礦，均為在氧化帶中曾經碳酸化及矽化之次生礦物，主要者為菱銻礦，異極礦，銻華及紅銻礦。此等礦物常混生於一處，殊難單獨存在者；常呈層狀或塊狀夾於褐鐵礦及褐色土中。礦床中之脈石為次生之石英，方解石及重晶石等。

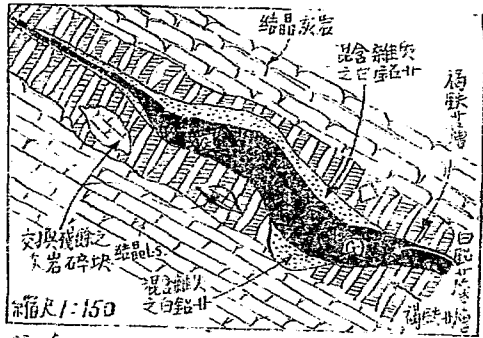
在白鐵山一帶，次岩因節理甚多，岩面破碎特奇，次生之銻礦及脈石有殘留於破碎之岩面間者。昔人開採，或係沿表面而溯潮向地下採掘。惟舊洞於沒難考，僅由老礦工之陳述，獲悉當年之舊洞近於垂直，且已深達地下二百公尺以上。現在開採之礦洞深處，最深者達八十公尺左右，係在昔人已採之“伏槽”（註

維新洞礦床剖面（一）

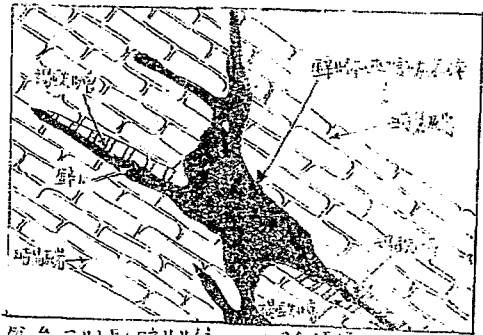


第一圖 維新洞剖面。C中上石炭紀灰岩（A為上部之石炭紀灰岩，B為下部之石炭紀灰岩，C為頁岩層，T2逆掩斷層。

一) 中找尋殘留之礦帶。



第二圖 示山脈之構造及其中之礦帶。G為氧化帶中之鐵礦帶。



第三圖 示山脈之構造及其中之礦帶。G為氧化帶中之鐵礦帶。

二、成因及時代

前段各層之礦帶，皆為埋藏先礦來。礦液在裂隙中發生停滯作用時，同時與圍岩發生交代作用。原生之硫化礦如方鉛礦及閃鋅礦，均因在氧化帶中遇含有酸液或極類溶液之地下水，經過氧化 (Oxidation) 及矽化 (Silicification) 而成碳酸鹽及矽酸鹽，如白鉛礦，菱錳礦及其極細晶體。此外，礦山一帶之錳錳礦，曾先後經朱羅人與黃德兩氏及周德宗與黃朝兩氏之調查。朱黃兩氏認其為中溫至淺成熱液礦床 (註二)；周黃兩氏則認其為中溫熱液礦床 (註三)；蓋以圍岩所受變質作用甚劇，而礦床中又無高溫礦物也。

按在美國密失斯必河流域，如Joplin District等處，鉛鋅礦穴都在古生代之灰岩中，常沿層面或稜面成層狀礦床，其礦床形態及所含礦石與脈石，與礦山廠之鉛鋅礦床極相類似。雖大多數學者均認其為淺成礦床，即認為係由地面水降入岩石裂隙中，將所含礦液停積而成，與火成岩體無關；然仍有堅持其為上升之熱液所停積者（註四），迄今尚無定論。礦山廠之鉛鋅礦床，雖與上述美國鉛鋅礦床相似，然重要之差異有二：（一），礦山廠礦床之圍岩變質甚烈，如在維新湖一帶，含礫之灰岩因變質而結晶，結晶灰岩達三十公尺之厚度；而在美國Joplin District等處，礦床之圍岩為綠石岩即(Boone Formation)，無顯著之變質；（二），礦山廠之礦床，開採深度已逾一百六十公尺，七綫之美國灰岩，其開採深度皆為一百五十至二百英尺，絕超過三百英尺者。總之，礦山廠之礦床，其圍岩變質之深厚，非熱液莫辦；而礦床之深度亦非淺成者所可與擬。礦是之故，筆者認為礦山廠一帶之鉛鋅礦床應屬中溫熱液之類。礦山廠附近無火成岩露頭，蓋與熱液有密切連繫之巨大火成岩體尚深藏於地下也。

以上係就礦床本身情形而推論其成因。實則礦床之生成，與附近之地質構造有密切之關係。各地質構造而會礦床之成因及其產生之時代，是絕緣未而求魚也。請再以礦山廠附近之地質構造中之。

按礦山廠及其東南附近一帶，逆掩斷層一再發生，均係自東南向西北推展，致地層復疊疊置，有如層瓦之叠積（註五）(或者稱之為“覆瓦式”構造(即Schuppenstructure))。在靜山廠之東北，為上石炭紀灰岩鋪於於二疊紀玄武岩之上，礦床即生於上石炭紀灰岩中。此種逆掩斷層與峇海(在礦山廠南四里)東南之褶皺為同一時期地殼運動之產物。在運動力較為和緩之地區產生褶皺；在運動力即為劇烈之地區則產生逆掩斷層。據野外觀察結果，此期地殼運動所影響之最新地層為三疊紀之滄陵江石炭岩；而第三紀上新統之褐炭層期未受影響。故此期地殼運動發生之時代，當在三疊紀以後，上新統以前，即在中生代末期，大致相當於長江下游之“零旗運動”。

礦山廠鉛鋅礦床之生成，與此期地殼運動有直接之連繫。此類礦床蓋與逆掩斷層及褶皺為同一時期(即中生代末期)之產物。礦山廠東北為一逆掩斷層，已如上敘；當時此逆掩之推動，在礦山廠之東北被堅實之玄武岩體所阻，致不能前進，遂生褶皺；而有礦山廠背斜構造之產生。同時因張力(Tensile Force)作用而發生與斷層線約成45°方向之節理裂隙；並沿灰岩之層面弱點而生與剪力面(Shearplane)約呈平行之節理裂隙。此外，由於褶皺褶皺所引起之張力，在背斜之中軸地帶亦發生節理甚多。含礫之熱液，即在逆掩斷層發生之過程中，受動力之擠壓，遂沿上敘種種裂隙而上升，上升至中深地帶(Intermédiate depth)，所含礦質之溫度降低至適當之程度而沉積於裂隙中，同時與圍岩發生交換作用礦山廠鉛鋅礦床產生之過程，大致如此。

此篇所言，僅舉概要。筆者另著有「雲南台潭礦山廠及峇海一帶之地質礦產」一文，別成專冊，並附詳細地質圖，願與有志於此者共商討之。

註一：昔人在地下開掘之坑道，俗稱伏槽，其中礦體之大部分已被採去。

註二：朱德人，黃雲：雲南礦產誌略，民國二十九年出版。

註三：周德忠，黃朝田：雲南會澤鉛鋅礦，西南礦產調查局臨時報告第十六號，民國三十一年油印。

註四：Lindgren: Mineral Deposits。

註五：P. 443。

註六：除可集：會澤礦山廠一帶地質圖。

# 「川康滇銅礦記要」提要

馮景蘭

明清以還，吾國產銅中心，漸移西南，尤以川西、康東、滇北地理上極接近之區域為最著。

作者民國二十七年春，隨國立清華大學遷昆明，得有機緣，致力於川康滇三省主要銅礦之研究，計於該年秋聘資源委員會之命，調查雲南永勝銅礦，二十八年及至二十九年秋，應川康銅業管理處之約，勘測西康東部及四川西部各礦，三十年秋，因滇緬鐵路局之請，調查該路西段保山順寧間地質銅礦，三十一年元月，滇北領務公司，約赴東川，視察湯丹落雪各廠，四月偕西南聯大同事及學生，參觀易門鐵礦到達易門銅礦區之邊沿，九月爲雲南建設廳，調查路南銅鉛鋅礦，每次名著有報告，除列該區域之位置交通地質礦床及銅業。

「川康滇銅礦記要」一書，綜述四年來野外觀測之結果，關於西南銅礦之地理分佈，造成時期，母岩圍岩，產狀構造，及礦物成份等，各略作分析，以推測其成因，試作一分類，估計其儲量，研究其產量多寡，銅業盛衰之原及將來發展之可能及途徑，茲列舉結果如左：

(一)本區域之造礦時期，約分六次：(1)震旦紀前，由花崗岩侵入所造成之彭縣銅礦。(2)震旦紀後期，因基性岩漿侵入，所造成之湯丹落雪銅礦。及會理通安銅礦。(3)下二疊紀由玄武岩岩漿所造成之銅礦，在榮經天全、寶興、路南、永勝、宜威等地，往往見之。(4)上二疊紀以迄下三疊紀之水成馬互下銅礦，見於榮經天全雅雅永勝宜威瀘寧等地。(5)在中生代末至第三紀初所造成之低溫熱液礦床，如會理之鹿廠，峨邊之龍門廠。(6)新生代末，由玄武岩風化淋濾所得之含銅溶液，充填於二疊紀灰岩內之礦床，如路南之綠鎮洞，越嶲之汪家橋，此中以第二期所造成之礦床，較爲深厚，以第三期及第四期所造成之礦床，分佈最廣。

(二)以母岩之種類言，由基性岩漿所造成之銅礦，實比由酸性岩漿所成之銅礦爲多，由噴出基性火成岩所成之各式銅礦，地點最多，分佈最廣，但其質量，實遜於由岩基性侵入火成岩所造成之銅礦。

(三)以礦床成因，與圍岩之關係言，則川康滇銅礦之在結晶片岩中者，常爲深透礦床，在略經變質之砂岩及頁岩中者，每爲高溫至中溫之熱液礦床，在含炭質頁岩中者，皆水成礦床，在玄武岩中者，可爲中溫至低溫之熱液礦床，在輝石岩中者，有岩漿分沁礦床，在中生代礫岩中者，爲低溫熱液礦床，而在古時代石灰岩中之銅礦，成因複雜自高溫熱液礦床，中溫熱液礦床，以至冷液礦床，無不有之代表。

(四)以礦區多寡，分佈廣狹，及經濟價值言，凡生於玄武岩內及含炭質頁岩內之銅礦，其目最多，分佈最廣，但放而不聚，貧而不富，少經濟價值，產生於震旦紀片岩千枚岩，石英岩及石灰岩中之銅礦，其較深厚，充填於紅色頁岩中之銅礦，只見有會理鹿廠一處，爲確有經濟價值之實例。

(五)川康滇銅礦之產狀，備極複雜，脈狀、瘤豆狀、結核狀、馬尾絲狀、節理面充填，裂隙孔隙充填等，形形色色不遑殫舉，但每一產狀，對於成因均有密切之關係，對於開採，均有深切之影響。

(六)研究本區域十五主要銅礦之礦物成分所得結果爲：(1)黃銅礦爲最常見之原生含銅礦物。(2)具有馬尾絲構造之銅礦，如東川之湯丹落雪，及會理之紅崖，皆以黃銅礦爲主。(3)黃鐵礦、石英、及方解石，爲銅礦中最常見之脈石。(4)次生銅礦各處大都相似，但多少不同，濕保受風化及次生富化程度不同之影響。(5)凡在山高谷深侵蝕劇烈之銅礦區中，次生銅礦比較少見。

(七)以成因言川康滇主要銅礦，可分六類：(1)屬於岩漿熱液礦床者，有會理之力馬河及天全寶興之白銅尖子。(2)屬於高溫熱液礦床者，有榮經之白水河，榮經之銅廠紅，天全寶興之鹿東式銅礦，東川通安及易門各廠之一部。(3)屬於中溫熱液礦床者，有麗東式銅礦及東川銅礦之大部通安各礦山之一

部，會理天寶山，越嶲巧藥槽銅鑛之一部，榮經天全青紅坡式銅鑛，保山沙河廠式銅鑛，路南老旺廠式，挽千山式，及永勝綽錢河，帶竹箐式銅鑛之全部。(4) 屬於低溫熱液銅鑛者，有瀾東北各縣，玄武岩或玄武凝灰岩中與沸滷石共生之銅鑛，峨眉山門廠與白鐵鑛共生之銅鑛，及會理龍巖紅綠岩中之銅鑛。(5) 屬於冷液沉積銅鑛者，有越嶲之川康口廠及在深橋路南之綠銅鑛，及易門銅廠何式銅鑛之一部。(6) 屬於水成鑛床者如榮經之山后壩及前后聚壩，天全之銅廠溝，洪雅之文興廠，宜威之西冲，玉波之天寶山，彌勒之南紅溪等，總屬水成結核銅鑛，餘如永勝之大寶壩米里廠及寶坪廠之一部，雖與馬豆子礦稍異，亦屬水成沈積，各類之中，尤以高溫及中溫熱液銅鑛，儲量最大，低溫熱液，冷液及水成等鑛床分佈較廣。

(八) 以含銅成分之高下言，越嶲巧藥槽銅鑛平均含銅達百分之二十以上，應居首位，雲南瀾那之馬豆子銅鑛，含銅只千分之五、六處居末位外，其他各式銅鑛，以平均含銅百分之二、三者為最多，然因質含礦物性質之不同，鑛料質賦之不同，交通難易之不同，成分高下尚非決定某一鑛鑛，有無關係價值之惟一因子，例如含銅最高而含錳亦最重之巧藥槽銅鑛，其經濟價值未必能超過成分最低而易採之馬豆子銅鑛其一例。

(九) 以儲量言，東川各區，儲銅最多，約共達十萬公噸以上洪雅久興廠，峨眉山門廠，[鑛量]最少，各不過二百公噸，其他各廠之儲銅量約在數千公噸以至數萬公噸之間。

(十) 每一廠區之現年產量乃物質環境，開發程度，及其他種種因素之總和，與成分高下極量多少雖甚有關係，但非必定之關係，例如西康會理龍巖銅鑛，總共儲銅達七萬公噸，僅次於東川各區地形，且發東川不易，但因鑛料關係，停採已久，產量甚少，此人事之應當努力者。

(十一) 川康鑛產將來之能否發展，應視將來能否解決現極嚴重之燃料問題，解決此問題之途徑，可分四端，整理交通開發煤鑛普通造林，積極地補充林木燃料之不足一也，設法選礦提高成份，消除地殼冶煉時燃料之銷耗二也，研究轉運之難易，利用地形之高下，移鑛就煤，有時且選煤就鑛為經常三也，提少用銅鑛中有經濟價值之物質，而以銅為其副產品四也，譬如(1) 會理龍巖綠岩中之銅鑛，平均含銅只百分之三，但可直接冶煉，一次成銅鑛，加以儲量豐富，交通便利，堪稱佳鑛，惟林已盡，[燃料]，無法應用，如易門煤礦開發後，低價低者，與廠實有開發之可能。(2) 永勝米里廠銅鑛含於風化[岩]之泥土內，經洗選後，含銅達百分之四十，因之燃料之消耗銳減，即粗銅之產量激增，東川會理，[鑛]之銷路頗多，使用新法選煉，可望收效。(3) 儲量最多之東川落雪廠，海拔三千五百公尺，高出附近金沙江濱煤田達二千餘公尺，運煤就鑛上山難，移鑛就煤下山易，似堪注意而加以改變者。(4) 彭縣銅鑛，含硫過多，假冶過久，費時費料，鑛者苦之，但如利用該區鑛砂，製造工業上之必需之硫酸，而以銅為副產品，應能維持，總之值此物價高漲之抗建時期，後與舊談談非易易，但如因地制宜，因鑛制宜，則川康鑛產之將來，雖視於地質及經濟背景，不能如錦繡之冠世界，供給國用，尚可作進一步之努力也。

本著作，全文共五百頁約十餘萬言，對於川康十五處主要銅鑛之交通、地質、鑛床、鑛業等，各有較詳之敘述，未附西南產銅地名千餘處，因印刷困難，且每涉及國防資源未刊行。

# 如何控制平爐煉鋼之化學反應

張行焜譯

“本文譯自一九四一年美國鑛冶工程協會，鑛鐵理論文第一百四十五部，原名為Controlling Reaction in O-Hprocess爲B.M.Lavsen所作”

吾人欲使煉鋼學得到科學的基礎——即對於產品之性能在冶煉期即有相當把握時；吾人必須對於煉鋼學所依據之原理有深刻的認識。猶如認錯，何者是先決條件；何者爲次要條件。譬如決定溶解與溶鋼間不平衡狀態之濃度關係，自屬主要之條件。但是欲將整個煉鋼方法清晰了解，必須對其中各種反應之速率，有正確之認識。平爐中自熱溫度下所有反應都可認作非常迅速者，但有些反應事實並非如此；此種反應之所以不同，對於吾人對煉鋼方法之了解最爲重要，本文意在指明煉鋼方法中之主要反應爲炭之氧化作用，其進行步驟即可決定氧氣在溶鋼與溶渣中之部份壓力；且能產生攪拌作用。而此種現象皆爲影響全部煉鋼程序之進行。

## 平爐中之反應速率

由普通試驗證明，雖在煉鋼溫度下，當反應物質成液態形態時，平衡可立即達到——此即所謂「均相反應」也。平爐中有非反應速率甚慢，蓋因反應物質在溶渣與溶鋼中擴散之速度甚慢，而經過長時間運動之後始能彼此互相接觸，而後立即反應。如果不同相之反應物質，能够得到較好之混合與攪拌，則反應速率立即加快。下列諸例可以解釋此種情形：

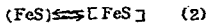
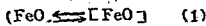
- 一、彼斯麥爐中，空氣與溶鋼得到甚爲完善之接觸，故其反應能在數分鐘內即可完成。
- 二、如將弱液傾入稠有溶渣之深桶中，使溶鋼與溶渣混爲一體，則溶鋼中之含磷量及含氮量可以減低。
- 三、將粉狀之  $\text{CaO}$  攪拌於溶鋼中，去硫作用十分迅速。
- 四、將溶鋼鑄入稠有鉍絲之鐵模中， $\text{Al}_2\text{O}_3$  之形成與沉積，數秒鐘內即可完成。

前三實例可證明，任何使溶渣與溶鋼接觸面增大，以及使溶渣與溶鋼混合均勻之方法，皆可因減少不同相之反應物質擴散時間，而使整個煉鋼速度加快。

如欲對此動態之關係得到充分了解，最好將不同反應分開研究。而最後談至炭之氧化作用，此爲最重要且難於使其得知圓滿之解釋者。

## 溶渣與溶鋼間之主要反應

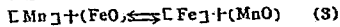
溶渣與溶鋼間最簡單之擴散作用是：



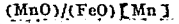
註：( ) 符號代表溶渣中某物之濃度；而 [ ] 代表溶鋼中某物之濃度。

此反應只能在溶渣與溶鋼接觸地帶發生作用，此甚明顯。其反應速率可以因攪拌或增加各相之對流而加速。此即與接觸面有關者。

鐵之反應可用下列方程式表示之：

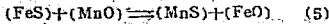
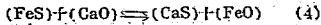
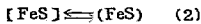


此方程式代表溶鋼中之鐵可以同溶渣中之氧化鐵作用，同樣溶鋼中之鐵亦可與溶渣中之氧化錳作用。此即與方程式(1)(2)同爲可逆反應者。當其反應達到平衡時，



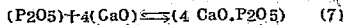
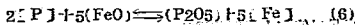
之數值在某種溫度下，俱有固定大小。此反應在平衡中可於一小時之內達其平衡狀態。如圖(1)所示。加MnO於溶滓之後[Mn]之濃度之改變由圖(1)之上曲線表示之。如加Mn於溶滓中則[Mn]之改變由圖(1)下曲線表示之。(下曲線明顯表示，加錳於金屬中，三十分鐘後Mn之濃度即可分佈均勻，而生效果)。不論加錳於溶滓中，或加氧化錳於溶滓中，其與溶滓應用時，[Mn]之濃度在一小時左右可達均勻分佈之狀態。自然各相中Mn之含量與鋼相之重量有關。吾人可以想像到，此種反應之速率與反應帶之大小，以及與溶滓，金屬二相之接觸面發生直接關係。反應物質與生成物物質皆依靠擴散作用進入或離開反應帶。

硫從金屬中移入溶滓之反應，可由下列諸方程式表示之：



反應(4)(5)皆在溶滓內進行，或者較為迅速。但反應(2)：金屬中硫變成溶滓中之硫則與錳之變化相似。事實證明去磷作用幾乎與去錳作用同樣進行亦如圖(1)。

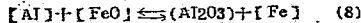
去磷作用並非使磷變成磷化物而沈積於溶滓中。其作用蓋如下列方程式：



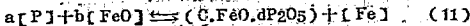
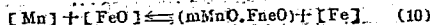
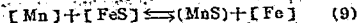
雖然反應(7)可以立刻達到平衡，惟整個去磷作用依然因反應(6)中溶滓與溶鋼間有物質互相變換之故，而緩慢其進行。

溶滓與溶鋼中之錳，硫，磷互相變換，其進行速度蓋依據(一)溶滓與溶鋼間接觸面大小如何。(二)以及爐渣之容積如何。(三)更重要者即CO之形成，有攪拌之作用，因之可使反應物與生成物加速移入與離開接觸帶。此處吾人即遇到因藥作用而生之重要影響之一。然此種情形在燒渣與在溶滓中各有不同。在溶滓中，因兩相之接觸面甚小，而金屬層之深度甚大，通常無氣泡溢出，故無攪拌現象，於是整個反應速度比較在爐渣中為慢。

反應(1)(2)(3)(6)均為非均質者。其反應帶僅限於不同之接觸地帶；而反應(4)(5)(7)則相反，此為均體反應，其反應物質皆在均體之溶滓中，在金屬相內亦有同樣之均體反應，而生成物物質為異相者，生成物反應後即由均體溶滓中沈澱而出。其簡單之實例即加錳於溶滓中所生之急速反應如下方程式：



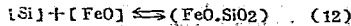
而下列諸方程式亦然：



至少從反應速率立場而言，此種反應可以認為均質者，因其可能發生於整個溶滓相中。此種反應在燒渣溫度下可以立刻到達平衡狀態。但吾人有充分之條件證明，事實上此種反應在正常之平衡中不會發生。當反應(11)在溶滓相內當錳之含量超過百分之十時始可形成。而反應(9)通常在混合體中進行。但在溶滓相中，[Mn]、[S]之濃度值，攝氏一千五百至一千六百度時為數甚高，反應(9)因此難於進行。而反應(10)則需要較通常平衡中活性能更大之[Mn]及[FeO]始能進行。[Mn]反應(10)發生之實際情形，對於本文討論，增色不少。其重點在於溶滓中[Mn]濃度必須與溶滓中(MnO)之濃度相平衡。而[MnO]之濃度因

鹼性液中CaO或Zr及其他含氧質多而稀淡(dilute)；且[FeO]之濃度因[C]之存在而減低。在[FeO]之濃度超過與反應平衡時之濃度之時，炭即立刻生成CO而逸出。此即吾人遇到上述爐中炭反應之第二影響。

此種作用於液相中之均體反應，在不加蓋可能發生者為矽與錳之氧化作用，此種反應多於溶化時發生，且矽之含量較高時始有發生之可能。



由此反應所生之矽酸鐵多沈積於金屬相中。而其反應速率甚為迅速。僅於反應物質在溶液中之擴散情形限定其進行之快慢。生成物矽酸鐵可能吸收MnO而變成復矽酸鹽。故液相中MnO之活動性甚小。在溶化期間矽之氧化間接使Mn之氧化變為迅速之均質反應。

#### 炭之氧化反應

將含炭量甚高之融溶生鐵加入含FeO量甚高之爐，溶於鋼中，則有猛烈之沸騰現象。由此可知，在煉鋼溫度下，炭之氧化作用，反應速率甚快。但實際情形所反應通常甚慢。常常僅到每小時只有百分之.05至.10之參加反應。其所以變慢之原因，主要者認為氧由溶液中供應而來，經過長時間之運動始能到達液鋼中。或因CO氣泡之生成應有較為適宜之環境。故反應速率為之限定。如欲對此種詳細情形了解，似乎先要談談反應構成之正確情況。

Korber & Oelsen兩先生之實驗室工作，已足以使吾人了解其真諦。

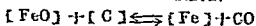
如將不含炭而只含有定量FeO之金屬，融溶於砂坩鍋中，上面加以飽和二氧化碳之液體封蓋，作為液體，砂坩鍋遇到融溶金屬時即行之熔蝕，生成與表面相同性質之液體。於是金屬液緊似為液體所包圍。如加炭於金屬中，最初不發生沸騰現象，如炭量一直增加達到十五倍炭反應平衡時之濃度，始有氣泡逸出。但如以鐵絲插入金屬中，或將坩鍋傾倒，沸騰可以立刻發生。如將鐵線管與金屬中之FeO化合變成矽酸鹽時，則炭量之濃度超過C反應平衡時之濃度，沸騰亦可立即發生。此種現象足以證明，氣泡不僅在液體之金屬體內難於發生，而在液體與液體之接觸面上其發生亦為困難。當金屬液與固體接觸時，則CO氣泡，甚易外逸，猶以供有粗糙表面，形狀特殊之固體為佳。

與此種情形相類之包括氣體由液體中外溢之反應甚多。最普通者為蘇打水或啤酒中之二氧化碳氣；如此兩種液體不經攪動，靜置於光滑之玻璃器皿中，CO<sub>2</sub>氣可能長時間溶解於液體中。如以形狀簡單而粗糙之固體，引而與之接觸，則CO<sub>2</sub>氣立即外逸。致於何以粗糙固體之接觸，可使液體之氣體外逸，至今尚未研究清楚。或兩相間之接觸面有些地方因液體之表面張力之故，未能為液體充填，致使形成空隙，足供CO<sub>2</sub>氣散其中。於是由此種CO<sub>2</sub>氣泡開始發生。此即與應用氣流通過含有同種氣體之液體，是除液體之氣體同屬一種現象。氣體液體之氣泡，對於溶解氣體者，相當於真空現象，溶解氣得以擴散其中，而使急於外逸。

平爐中之實際情形，與上述者相同。吾人發覺鋼液中上面與下面之溫度所差甚微。而含鐵量與含炭量亦甚均勻。然含氧則上面較度較為多。蓋因鋼液中大部分之氧氣由液相中而來。炭之均勻分佈，足以指示CO在液相中以及液相與液體之接觸面發生或並不迅速。如CO在液相與液體接觸面發生時，則金屬表面之含炭量應較上部為高。而Mn, S, P之含量亦遠不能與液體達到平衡。

吾人根據上述情形得一結論。即CO氣泡若非在固體之接觸面不會由溶液中外溢。上列所述：插鐵棒或鉗子(固體)於液相中，可使液體發生沸騰之現象。而CO氣泡多由液體發生，經過液體而上升，於是發生浮力作用，液相中之濃度及成物水因之均為常態。故炭反應，必須先使液體與液體與氧化鐵之液體達到足以發生反應之條件，同時應有適當之環境，使CO氣泡易於生成。

液相中[FeO]與[C]之濃度積





上列反應之進行趨勢與 CO 之過量部份壓力成正比，此所謂之過量部份壓力蓋以實際情況下  $[FeO] \times [C]$  之濃度積，與理論情況下二者之濃度積相若何而定。如第二圖曲線 A 表示溫度為  $1600^{\circ}C$  CO 之壓力為一大氣壓力時平衡狀態下  $[FeO] \times [C]$  之濃度積為一常數  $0.01$ ，(濃度以重量之百分率表示之) B 曲線則代表在正常狀態下(即無未反應之鐵石，與臨時之攪拌與攪)之多數平衡中所得對之  $(FeO)$  與  $(C)$  之濃度，B 曲線所表示之數值較 A 為高，蓋因通常快到冶煉終了時之平衡中 (1)  $[FeO]$  之濃度極低與  $[C]$  平衡時之數值，(2) 而 CO 在溶液中之濃度也超過其應有之壓力。此種變易以第三圖之曲線表示之，此二曲線依次表示 FeO 與 CO 之過飽和量若何。何以 CO 之壓力與  $[C]$  之含量成正比？並無相當解釋，但曲線 A 可以指示出： $FeO$  之過量數值除非  $[C]$  之含量特別稀少時皆可維持一固定常數。 $[FeO]$  之過量數值所以能維持一固定數值，皆因  $[FeO]$  是最先將 O 氣帶入反應帶中，而使  $[C]$  之進入反應(當其濃度超過  $0.10\%$  至  $0.15\%$  時)始相當迅速。故反應物質之供應及反應之固定速率，可使過量之  $[FeO]$  維持一常數。

比較  $0.20\%$  及  $0.08\%$  之濃積，當二者凝成鋼液時，前者所含之  $[FeO]$  時少，然  $[FeO] \times [C]$  之濃度積則較高。但是 CO 氣之形成非常微弱，由此可以推測，CO 之反應率，與其說是根據  $[FeO] \times [C]$  之積而定，不如說係對  $[FeO]$  之多少而言。即是多數平衡之研究也指示吾人，C 之反應進行快慢，與  $[FeO] \times [C]$  濃度積之關係甚少。有時  $[FeO] \times [C]$  之值甚小，但 C 反應之進行甚快，亦有時  $[FeO] \times [C]$  之值甚大，而 C 反應之進行甚慢。

冶煉後階段中之去渣作用

研究去渣作用，必須先考慮到去渣反應時之各種物理環境，普通 C 與 FeO 作用生成 CO 起見，並非以溶液與渣相接觸而作為反應帶，只是在 CO 氣泡生成地帶進行反應，此即所謂渣，如渣中之渣各相。反應之進行快慢係由 C 與 O 相遇之數而進入此反應帶之快慢如何。C 根本分佈於渣中相中，且其密度在渣例有渣相中而會較  $[FeO]$  為高，再者其溶解度亦低，故反應進行之快慢並不受  $[C]$  之影響。O 之反應完全由渣上部而來，經過渣中之空間，穿過渣層及渣層進入反應帶，其運動速度大抵相當於其作用之全部速率。反應本身可以造成攪拌現象，幫助反應進行，但此種攪拌作用較為重要，蓋渣中與生成 C 之渣接觸地帶，經常要過量之  $[FeO]$  始能使反應繼續進行，然其後有猛烈之攪拌作用， $[FeO]$  之濃度作用似甚甚微。

最近 Styri 曾在雜誌中討論到在激性平衡中去渣作用之物理環境，以及許多影響反應速率之因素，他的意思說：C 反應本為迅速之均體反應，只是  $[FeCO]$  供給有限，故影響 C 反應之速率，作者對於 Styri 之觀點非常同意，並且對於 Feid Fette 及 Schenck 諸先生所討論之溶液溶液中均體反應之速率及其作用於渣中，則甚常有討論之餘地，蓋其所包括之諸原理，對於煉鋼之各動情形，極強不同，諸如下面所舉之實例即可證明)同時 Styri 認為：

將普通由水溶液中均質反應所得之反應率請解釋，應用於渣中之反應則有不同，此種作者亦曾指出，此種原理應用於渣中之情況下，實屬不可能之事，例如下列三種情形，對於上述諸原理則不能生效。

(一) Styri 認為 C 之反應必為迅速者，發於於渣中相中，任何部份只要該處有 FeO 與 C 共同存在則可立刻到達平衡狀態。然反應之進行則依集  $[FeO]$  由渣層供給而來之快慢若何，此種假設不但與上述諸原理相背。他認為其之存在於渣中相中而言，亦不甚合理。Styri 對於此之解釋，是若何複雜的，他認為其對於渣的作用不盡相同，更因其為何種砂狀或成塊狀可能形成阻礙了。而其另外尚有一條：

(二) FeO 與 C 在渣中化合，必定甚為迅速，生成過量之 CO 溶解於渣中，CO 之壓力由 C 氣泡生成之困難。對之有所覺易，如上節所討論者，由此看來反應速率應依  $FeO$  之供應與 O 與 C 氣泡生成或所應有之物理環境，絕非依據化學中所謂之濃度與活動性而決定。

(三) 此為非均質之反應，蓋因 FeO 與 C 作用只能在金屬與汽泡接觸帶發生，同時其反應速率（依據反應物質由各部供應之情形而定）且與反應帶之分佈與面積有密切之關係。

還有另外兩種情形，對於 C 與 FeO 之反應有很大的影響

(一) 在這種高爐之表面上，因汽泡之生成甚易，所以整個反應之速率可能依據此種固體表面之面積與性質之改變而不同，例如，每次溶球，將爐底之粗細及面積加以改變，則其結果大有不同。然對此點作者並無清晰之收效，尙擬更完善之研究。

(二) 炭反應有自強的意思，因為 (1) 炭反應在 CO 氣泡生成地帶，（即面積與金屬接觸地帶）造成自己的反應帶，同時 (2) 反應速率增加，CO 之攪拌作用可使 FeO 之供應因對流加速而加速。

此種現象可用下列兩例說明：(一) 用人工方法，諸如加木柴於爐中，便生攪拌作用。FeO 含量在短時期內兩次減少，然片刻之後，FeO 含量又兩次增加，其最後之成份較前增加為高。(二) 炭反應將近終了時，如 Si 於爐中溶解發生猛烈之沸騰現象，此即由於 FeO 因沸騰而加速其由溶渣返回溶渣之作用。

#### Carbon, Reaction, and the Open--Hearth Gas-Slag--Metal, System

在這種連續步驟的任何情況下，吾人必需注意的一點就是，在溶爐中，氧氣在各相中之部份壓力永遠有很大的差別。用燃料的溶爐裏，如果燃料在爐室上面完全燃燒，燃燒氣中氧氣之部份壓力，平均數值高於 0.01 之大氣壓力。此數值雖較 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 在 1600°C 所含氧氣之部份壓力為小，却遠超過溶鐵和 FeO 時之氧氣壓力（約為 1/100,000 大氣壓力）而更超過溶鋼（含有木炭之冶煉品）所含氧氣之部份壓力，（10<sup>-4</sup> 大氣壓力）如此看來，抽開氣體與溶鋼中氧氣壓力相差之量由一千倍到一萬萬倍之多，故氧氣不難由爐內長氣管與溶渣而進入溶鋼中，而其相差之量，却遠超過此補足以達到平衡狀態，但是 P<sub>2</sub>, Cr, S, Mn, 在溶渣與溶鋼之間則易達到平衡狀態，因此吾人不能不說：炭之反應控制整個平爐煉鋼之速率。在普通冶煉情況下，以當量而言，因溶渣而減低之炭量，較最後所得溶渣中所含 FeO 之數為高一二倍。根據各相中氧氣部份壓力之相差懸殊，吾人得到一個結論，溶渣中之氧氣壓力大小，應界於抽氣與溶鋼兩者之間，此即因 (一) 氧氣從抽氣中進入溶渣，(二) 又從溶渣中進入溶鋼，兩種作用之結果。

在煉性冶煉法裏，溶渣的強基性是獨立的變數，與 C 反應無關。而 Mn, S 與 P 之分佈，與 C 反應之進行只有間接關係，因其分佈係依據溶渣中氧氣壓力或 FeO 有效之 FeO 數量也。具體言之，吾人只能在炭反應到達穩定的情況下（此即因炭反應而消滅由溶渣進入溶鋼中之過量氧氣，使溶渣中之氧氣部份壓力，維持固定之數值，因此溶渣與溶鋼間之作用，可以達到平衡狀態，）方可達到抽氣，溶渣，與溶鋼間之暫時平衡，上述諸情況明顯指示吾人，溶渣中之氧化鐵與溶鋼間之氧化鐵，彼此之關係不有固定之數值，亦非由計算而可預先得知者。此即與 Mn, S, P 之分佈量不同，蓋 FeO 之分佈，依據反應速度，擴散速率，以及其他因素，（如溶鋼所接觸固體之性質與面積）而改變。上述推論，會有許多事實之證明，此即由廣泛之觀察者達平衡以及各種不同情況下之冶煉而得之結果。由此吾人立刻注意到過量之 FeO 依三種情況而改變，與 C 之含量無關係。

過量 [FeO] = 0.04% 至 0.07% 猛烈之 Lime 沸騰階段。

加 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 以後，溶渣現象漸次減低，而至固定狀態之後，過量 [FeO] = 0.07% — 0.11%

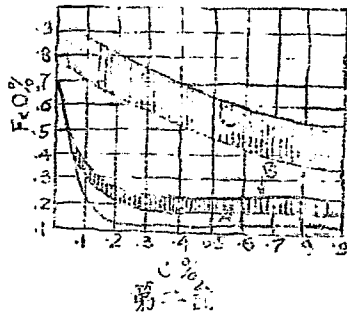
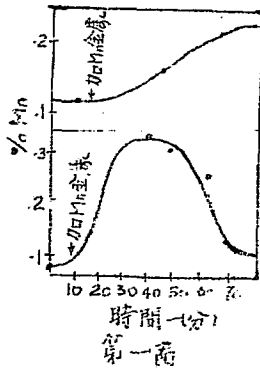
如 7 分至 30 至 60 分鐘之內，或者人工攪拌以後 15 至 30 分鐘之內，過量 [FeO] = 0.10% 至 0.15%

過量 [FeO] 之含量，加增石之含量時增高，而平衡之後，即又達固定平衡時溶渣所含 [FeO] 之 [FeO] 1%。如前節「正常」量與 C 含量之關係相同，以及溶渣之強基性與流動性無甚影響。

上述情形可以指示吾人一種主要的觀念，即是溶液中FeO之成份，並非直接控制平爐冶煉步驟的主要因素，但為間接的因素，與他種基本因素，如渣之鹼基性，含炭量，及渣液之溫度有因關係。

含炭量在某個限度之內，FeO在溶液中之百分率，依溶液之鹼基性增高而增高，而且根據由觀察而得的數值做曲線時，吾人可以看到，一定之鹼基性之溶液，[FeO]之百分率，與溶液中之含炭量，（不超過一定限度時）無關。由此可知 [FeO] 在溶液中之數量，只是間接變質，與炭反應不生直接影響，如CaO於溶液中，炭反應速率減低，[FeO]增高，此後炭之減低量，依然反其原來之速率；相反之現象即如SiO<sub>2</sub>可減低(FeO)之數量，而使炭反應在短時間內加速，此後炭之減低量依然反其原來之速率，此種現象可指示吾人，溶液中氧氣壓力，在較高壓力之熱氣與其低壓力之溶液之間，終于到達動力的平衡 (Dynamic Balance)。

此圖係由田中君所繪。



# 「雲南省騰衝縣金鑛探勘報告書」鄧經邦合編

## 第一節 金礦鑛床分類

騰衝金鑛分脈金(Gold Quartz Veins)砂金(Placer)二種。脈金以水頭石英脈爲代表，長五十三公尺寬四至六公尺，坐東，西向，由北向南係斜，白色不透明至半透明之石英，表面富含結晶之黃鐵礦，極有含金可能。探勘時因受種種限制，僅鑿入四、二〇公尺，即淘洗未見金跡，然此或由未能深達脈之內部，亦未可知。此種脈金，據當地情形觀之，似屬中溫熱液脈床(Mesothermal deposits)。至砂金則皆爲次生沖積礦床(Place Deposit)覆于河床底岩之上，逐層沉積，頗有粗細，砂層厚薄不一，其中以盛含綠泥石者含金較豐。本區礦床大部均係淺層礦床。(Shallow Placer Deposits)其中板橋，管口，馬鹿灣，烏渡口小河，馬鹿塘小河等地，爲河床砂礫礦床(River placer Deposit)，大蒿壩，許家田及金廠河北岸，爲山邊形砂礫礦床(Hillside Placer Deposits)。寶竹壩則屬秘級砂礫礦床。(Tlual Placer Deposits)除寶竹壩爲第四紀沖積砂層外其餘均係近代沖積層。

## 第二節 組織

區內除水頭石英脈係生於變質頁岩內，有極大之露頭露出外，其餘均係砂金，其組織可分述如次：

### 第一目 表土

各鑛區之表土，多不甚厚約可分下列數種，茲分區加以敘述。

#### A. 古永輝古永河許家田鑛區

1. 砂質黏土層 本層多夾腐植質，爲農人用以耕種之土層。多呈灰褐色或黑色，厚度自〇、一五至一、三〇公尺，散見於各鑛區。

2. 黃色砂層 本層位於表土之下，結構鬆散雖不甚厚分佈頗廣。尤以板橋，管口兩地，所鑿鑛井，均能遇此砂層大蒿壩則代之以灰色細砂層，厚僅〇、七〇公尺中混微量之變質頁岩及石英之角礫石棱角尚銳。葫管口小河及許家田均未發見此種砂層。

3. 黏土層 此層以許家田發育至盛。分佈既廣，沉積亦厚有達三、五〇公尺者。黏土呈白色，中混少量之石英碎塊，大蒿壩亦有此黏土層之分佈，厚達二、八零公尺，有時呈灰色。板橋管口等地，則從未見及。

#### B. 三益溪大河鑛區

1. 黏土層 在金廠河南岸者，厚零、七七公尺呈黃色，含鐵質頗多，結構頗密。其在北岸者，厚僅零、三零公尺，爲灰色之砂質黏土，結構疏鬆，間混礫石。馬鹿灣則爲黑色沙質黏土，厚自零、二五公尺，以達零、五五公尺。

2. 黃砂礫及黃砂泥之交互層 此層在金廠河南岸之寶竹壩地方最爲發育，爲黃色之砂礫及砂泥，交互沉積而成。間夾薄層灰色或含硫質黏土，砂層向南傾斜，與地表大略符合。大蒿壩礫層較厚(最厚達三、一二公尺)，砂泥層較薄(最厚達二、二零公尺)，交互之層次竟有達十餘次者。有時形礫層中，尙微有金跡，惜太貧耳。至金廠河北岸，爲山邊形砂礫床，與寶竹壩之砂層迥異。表土之下砂已合金全無此交互層之沉積，馬鹿灣亦然。

3. 灰粗砂層 本砂層僅分佈於馬鹿灣西北部，由地表強至底岩均之，爲附近花崗岩風化後沖積而成，他處則尙未見及。

#### C. 明龍鎮馬鹿塘小河鑛區

1. 砂質黏土 厚度自零、二五公尺至零、七五公尺，中夾少量之腐植質。

2. 黃色砂礫層 本層僅位於該礦區上游，係由金礦河之廢石流下沉积者。厚零、一至零、三公尺，與含金黃砂礫無二致，惟不含金耳。

第二目 金層

區內含金砂層多係黃色粗砂層及綠色砂礫層間亦有例外者，茲仍分區加以詳述。

A. 古永鄉古永河許家田鐵區

1. 黃色粗砂層 此層分佈極廣。其在板橋河口者尤覺發育。係黃色粗砂及百分之三十至五十之礫石所組成。結構頗堅，不易崩落。地下水富含氯化液礫石之面上，亦沉积有薄層氯化液而呈黃色。其含金量為每立方公尺三、五兩。其分佈於大嵩驛者稍厚〇、五〇公尺，中混塊狀角礫石、塊見金跡。葫蘆口小河此處又告殘缺。許家田有時此層厚達一、九〇公尺，係中粒黃砂，有時因綠泥土增高之故，間混綠色。其中大塊之變質頁岩約佔百分之四十，得命老拾數磅耳。

2. 綠色粗砂層 本層位於黃色粗砂層之下，分佈不廣而含金量較富，其見於河口者每立方公尺僅有五、五兩。因綠泥石化作用頗劇，花崗岩片岩中之黑雲母、角閃石等均一部份變為綠泥石，混有百分之五十至六十礫石。葫蘆口小河與此種砂層之分佈，然含金量不富。該地此層厚達一、四九公尺，間混少數之變質頁岩及石英碎塊與結核狀鐵礦。大嵩驛許家田皆缺乏此種砂層。

B. 二盆鎮大河曹鐵區

1. 黃色粗砂層 此層在首項頗稱發育，厚二、九六公尺。每立方公尺砂土含金三、一兩，緊接其底者，呈黃色或褐色，砂石極細，係由含結核鐵礦極多之砂結而成之膠岩結構極堅，為第四紀，所沉积者。

2. 白色石英砂礫層 此種砂礫層分佈於金礦河北岸。上接表土，下連底岩。砂礫粗大，結構極鬆，內多夾直徑達〇、六〇公尺之乳白色石英大塊，輪廓尖銳，似由附近山上流下沉积者，金之分佈較稀，惟顯特較豐耳。

3. 淡綠色砂礫 此層分佈於馬鹿驛東南部，與古永河區之綠色砂礫層相當。中多綠泥石及石英碎塊，結構較鬆，每立方公尺含金〇、一至三、三兩。

C. 明龍鎮曹河鐵區

1. 黃色砂礫層 此層在金礦河屬者含金，但甚微。其分佈於馬鹿驛小河兩岸，淘洗無金，想係由上流而下之廢石故耳。

2. 綠色砂礫層 此層為本區之主要金層，位於黃色砂礫層之下，分佈過於全鎮區，厚自一、五〇公尺以至三、八〇公尺。其出水面層之固積質甚土。每立方公尺含金量，不及三兩。

3. 第三種岩 綠泥岩 此種岩之成分詳列於下：

矽石 膠岩內之底者隨花崗岩及變質岩二種，茲分述於後：

1. 花崗岩底岩 此種底岩之成分詳列於下：

(1) 黑雲母花崗岩 此種岩層，為區內最發育之岩層，多見於大嵩驛南面板橋及馬鹿驛等地，呈塊狀或細粒結構，土人呼為「亞布底」是也。此種底岩，表面風化頗烈，金粒易積其中，故開採時常須將風化之細砂，一併加以淘洗以收斂之金粒亦可全部收集。

2. 變質岩底岩 此種底岩之成分詳列於下：

(1) 頁岩 此種岩層之見於河口者，位於馬鹿驛花崗岩之上，而與之或不整合狀態。變質尚不強烈，色淺，因受鐵汁污染，上多黑色斑點。表面已風化為黏土。其可塑性，較易黏結其上，土人呼為「歇底」，良好之底岩也。其餘如大嵩驛許家田，葫蘆口小河等地，其底岩亦均係此種岩層。大嵩驛所見者位於該驛之西北端，亦與黑雲母花崗岩及不整合。圖

(2) 白雲岩 此種岩層，僅見於明龍鎮馬鹿驛小河兩岸，為白色結晶細粒所組成。以當地情形度之

· 底岩似由山相岩層構成者。(探井因水未會至底岩)。

附註：請參閱各區礦床剖面圖及地層柱狀剖面圖

#### 第四節 共生礦物及岩石

a. 礦物 區內與石英脈共生之礦物有結晶完整(正方晶系)之黃鐵礦，方鉛礦，褐鐵礦，白鐵礦等。其中除自然金以外，其與金共生之礦物，首推磁鐵礦作黑色或褐色之細粒狀產出。有時褐鐵礦則膠結或附著於岩石間。黃鐵礦方鉛礦亦間有見及。矽石則僅有辰砂夾於塊狀之石英中生成。

b. 岩石 區內所見岩石以酸性中性之火成岩及大部份之變質岩為最普通。壘水頭石英脈之圍岩即係變質頁岩。其尤常見者，當推黑雲母花崗岩及普通花崗岩。多成塊狀質頗脆，或已受風化作用變為粒狀長石及石英粗砂。黑雲母則顯雜其間。石英多乳白色。不透明至半透明。間夾有深綠色條狀角閃石，頗似低溫至中溫之產物。變質岩中有原係安山岩受青泥化作用而呈綠色斑點者，有原係頁岩，受風化變質作用而成碎點之雲母片岩。板岩及角頁岩等。硬質頗大，輪廓圓滑。或呈塊狀，其中並間能見及脈狀石英夾於其間。表面有時散有條狀或粒狀之綠色或黑色斑點。或沉積層之黃色或褐色膠性鐵質。此種變質岩石，類多受附近花崗岩侵入體之影響變質而成。其他如綠泥石、綠泥石、方解石、磁石、白雲石、黏板岩、千枚岩、絹雲母片岩等，雖為量較少，然亦散見於各區，尤以綠泥石、綠泥石、方解石及磁石等最為常見。在黃口，葫蘆口小河，馬鹿洞等地，綠泥石尤多，構成主要含金之綠色砂層。

#### 第五節 砂金之形狀及來源

本區砂金多為極細之末狀，工人稱為「蚊眼」其稍大者，亦不過「蒜子麵」(工人稱金之如蒜子麵大者)而已。探勘時曾於黃口湖底一重三厘，質有瑣淘獲二重半厘之金粒，即其稍大者。一般金粒因受流水之長時期沖洗搬運作用為許多岩石礦物所破壞，故多呈鱗片狀。表面現極美麗之金黃色，有者棱角猶存，顆粒尤偉。是殆距離母岩較近者。

區內金礦多屬砂金。底岩僅壘水頭石英脈及和尙塘頗有可能。惜以物力財力未及且時間過短，未能探確，然所有含金，均係由底岩風化崩解之後經流水淘洗搬運金粒之比重較大沉積砂層之中成為今日所見之二次沖積礦床，此其生成過程如此，殆為一般礦床學者所公認。故欲知砂金之來源，必先悉底金之所自。當花崗岩岩體將畢之時，內部仍留一部份石英及其他礦物之酸性溶液。此種含金石質，一遇壓力鬆弛之處，即突噴外溢，侵入圍岩之裂隙內，起熱液交換作用如綠泥石化作用，即其顯著之例，迨後圍岩波縮，溫度遞減，黃鐵礦，含金黃鐵礦，以及自然金等，遂次沉澱結晶而出。因其結晶點較石英為高，故得先行結晶於石英脈邊緣，石英隨後結晶成石英脈。如今日所見之壘水頭石英脈表面之盛含結晶黃鐵礦，殆即如是生成者。含金石英脈之圍岩因受劇烈之風化作用，逐漸分解，同時石英脈亦隨之崩潰，為山溪河流之水運搬，此時含金黃鐵礦氧化褐鐵礦金粒受被分析而散，與其他自金粒隨波逐流而漂浮，因此其較高，遂先行沉積於河床岩之表面，或為底岩風化後成之黏土包裹，成為主要之含金層。而其他一部份較細金粒沉積稍晚，遂與細碎粗砂同時沉積，構成上層之含金砂層。其中極細之金粒，則因初時水力過大一時不易沉澱，一至河床轉曲，支流傍入，或峽外深潭水流速度減低，斯時金粒乃得下沉，故礦床忽厚忽薄，乍富乍貧極不規則。此種二次沖積礦床之生成，為時已久，舉凡今日所見之古余河，大河馬鹿洞小河及其傍入支流兩岸田地，均係其沉積範圍。而源出變質岩花崗岩中母水，其現代河床礫石及所成沖積層中，皆含有金，此皆來源其下流之含金石英脈中，當無疑義。

此外探勘黃口時，曾於狀井中發現礦苗(Float)一塊，為不結晶之乳白色石英輪廓圓滑上夾極細之自然金粒，由此可知其必來源於古水河上游之含金石英脈。惟古水河上游之大高頭小河，許家田葫蘆口小河二支流探勘結果均無所得。是或山和尙斯至金龍寨間長數里之山脈中有含金之石英脈存在，下游砂金之當時集積於此是歟？然該地人跡不到無路可通林深草高岩懸壁陡蓋自開闢以來，即從無人問津者，而充深間

時時間既甚短促，經費亦指撥萬分機械之設備毫無藥品之購置上較普通方法猶捷，每座山採出「手每柄斧，奈山何」之句，輒令人悵然不已也。又大河各支流中，多見石炭大體，其中尤以金廣河上游白石過打河谷，有徑達〇、六〇公尺者，若能假以時日，撥專款刑要加以有細搜求，未始無區金之發現！

# 高速鋼之機械處理及熱處理

徐 祖 耀

(Mechanics and Heat Treatment of High Speed Steel)

——材料試驗處二十三年度調查研究報告稿——

兩國高速鋼之製造於前年兵工界材料試驗處研究之結果，現已由二十八號正常出品，作者服務處為備球研所開列所撰此文，奉特技委勳勵本會編譯委員會所擬也。

(See also "High Speed Steel" in "Engineering")

高速鋼 (High speed steel) 或稱鋒鋼為主要之合金工具鋼 (cutting tool steel) 其主要成份組成約為：

- 一、錳 (Mn) 百分之二至九
- 二、鎳 (Ni) 百分之零至二
- 三、鉻 (Cr) 百分之零至十二
- 四、鎢 (W) 百分之零至六 (〇、三係特低者)
- 五、矽 (Si) 百分之零至二〇、七五
- 六、碳 (C) 百分之零至二
- 七、鉬 (Mo) 百分之零至二

有時尚特別加以鈷 (Co) 及鈾 (U)，據試驗結果含鈷之高速鋼性質特佳，最普通者常稱十八號十八號高速鋼即含有百分之四之鈷，其合金元素以錳為最主要有鉻及鎢 (Cr & W) 之生成，當材料作處理後成為馬氏體 (Martensite) 之組織，此非僅為鎢之功效而鉻等物能保其組織之穩定，故其機械性能極好且穩定，若為處理後可能使此金屬至一定之硬度可以作切金屬之工具 (Metal-Cutting Tools)。

鋼錠欲製成成品必須加功及加熱處理成爲一定大小尺寸之工具，並改變鋼之內部組織使其各用，處理之成效影響鋼性 優劣至鉅，以制鋼爐 (Controlled Atmosphere Furnace) 或高速電爐 (High Frequency Electric Furnace) 所製煉高速鋼已無任何困難，現將檢研者以爲處理問題，茲略論如下：

## 一、高速鋼之機械處理

機械處理約分鍛鋼 (Forging) 及軋鋼 (Rolling) 二種，前者應用蒸氣或空氣錘 (Hammer) 後者應用軋鋼機 (Rolling Mill) 行之，其處理之情形分述於後：

### (一) 處理前之準備

A. 退火 (Annealing)：鍛鋼在處理前須先經完全退火 (Full Annealing)：將鋼錠放入退火爐中，加熱至約攝氏九一五度；保持此溫度至數小時，使其冷至六五〇度 (以慢速冷至攝氏六五〇度以較之冷速可增快因鋼之性質而異) 然後在七六〇度時將鋼保持長久，該時之退火溫度爲低於其臨界溫度 (Lower Critical Temperature) 之類，且高溫退火 (Tempering) 之功效而鋼之組織 (Recrystallization) 鋼錠經此處理後，性質變軟而乘高速鋼之鋼錠須爲鑄成，若有劇烈之溫度變化即易損壞，在加功前宜注意及此。大約自七〇〇度冷至二九〇度需十小時，此種溫度下降之速度 (cooling rate) 應控制在攝氏〇、五度每小時；而鋼之組織則爲：

其有麻田紋或粗粒鐵 (Sorbite) 之組織。

B. 磨光 (Grinding)：鋼錠經退火後，遇有表面不光有孔隙等情時，即應在砂輪機上磨光之必須。並表面光潔為合用。

### (二) 處理時應注意之事項：

A. 鋼錠不能在冷時加工，否則即行破裂，而此破裂不能由操者而察且在熱處理時，裂痕因而增大。

B. 鋼錠加工前之預熱溫度必須較昇高否則冷鋼受突熱之變化而易裂或因受不均勻之膨脹而受過大之變形。

C. 最高煨製溫度不能超過—— $1000^{\circ}\text{C}$  度至冷至  $900^{\circ}\text{C}$  度時應避免驟擊——

D. 煨粗完成後應即在鋼條上蓋以熟石灰或其他不良之熱導體，使不致驟冷而自行硬化也。

E. 精細工具如小鑽等不能由煨製直接而成尚須機器處理者須在退火後行之。

F. 所選擇之鋼錠，大小與最後成品之大小，其面積收縮率 (Percentage of Reduction of Area) 須在百分之八十五以上。

### (三) 煨製 (Forging)

鋼錠經退火後，先放在煨製預熱爐中，然後放入爐中；漸漸昇高溫度 (見(二)B項)，至  $1050^{\circ}\text{C}$  度時即行取出在砵錘下輕輕錘擊之，因鋼錠此時具有鋼錠組織 (Ingotism) 稱為薄弱故也。然後再入爐，煨至  $1000^{\circ}\text{C}$  度錘擊可較重，待冷至  $930^{\circ}\text{C}$  (角上約已冷至  $800^{\circ}\text{C}$  度)，再煨之，如此經數次後，鋼錠已不致破裂，乃用全力擊之至一定尺寸，例如八吋方之鋼錠首先稍稍錘擊第二次錄成七吋方；第三次成五吋半方，四次始至三吋半方。

鍛鋼時如發現角上有細裂痕時應立即將其切去 (Gongtng) 否則裂痕必延長而有全裂之虞。

### (四) 軋製 (Rolling)

前曾提及高速鋼鋼錠極為強硬且脆，而軋製時溫度不能過低，(即低時無法如鍛製時可再煨熱之) 故軋鋼時首先所系軋空 (Pass) 須小，則鋼錠亦須用較小者，或尺寸較大之鋼錠先經軋成小鋼條後，再行軋製。鍛製溫度與軋製同，其完成溫度 (Finishing Temperature) 須在  $840^{\circ}\text{C}$  度以前。

### (五) 鍛製與軋製之比較

鍛製較軋製為優者：

- 易於去除角上破裂 (Gongting)，否則磨去較深之裂痕頗不經濟。
- 工作中溫度過冷時可再入爐中熱之。
- 鍛製之方向縱橫皆可。

軋製較鍛製為優者：

- 準確控制減縮度。
- 減縮較速。
- 尺寸準備均勻。

### (六) 斷面組織 (Fracture)

機械處理不但使鋼錠製成一定尺寸之半成品，並能將鋼之組織變細而改善其性質。但處理不妥時，有劣質之性質，處理後可由肉眼視其斷面組織之大概。如鋼條斷面有下列情形時即由不良處理之結果：

A. 紋狀或砂狀 (Streaked or Sandy Appearance)：由於鋼錠熱處理時其碳化物 (Carbide) 之大小及分佈不均所致。(圖略)

B. 片狀 (Spongy)：由於最後完成溫度過高所致。溫度在  $900^{\circ}\text{C}$  度時，鋼為沃斯田鐵 (Austenite)



之組織，如溫度過高時，該項組織之顆粒逐漸變大，此大形之顆粒將留於最後之斷面上，即便熱處理後，亦復如是。（圖略）故機械處理時供備鑄錠甚為重要，必須依照：（一）鋼首先結塊時，溫度須均勻，並須足夠之高溫而易使其變形（二）最後變形須在低溫進行使顆粒細密也。

（七）內部組織 (Structure)

機械處理鑄錠時，內部組織由粗而漸趨細密。首先加功於鑄錠時，其所具之針狀組織 (Cellular structure) 或骨狀組織 (Skeltru) (為高速鑄錠時組織) 漸被擊碎使成碳化物 (Carbide and tungstid esör ö-wäsg rö-hätösh) 或圓球狀組織 (Göbblööv)。繼續加熱時，不規則形之圓球被延長而為帶狀 (Tringer)。此種帶狀組織並非所理想者，故尚須加功，或變換方向加功，使帶狀破裂而成均勻分佈之極小圓球，此為最後所要求之組織。此各種組織，可由顯微鏡下視之，可決定鑄料是否已至處理之最後階段也。（圖俱略）

三 高速鋼之熱處理

熱處理之用於高速鋼及合金鋼極為重要；高速鋼工具應用時間之長短，應用時之利鈍否無不賴之，熱處理分三階段行之，即退火 (Annealing) 淬火 (Quenching) 及回火 (Tempering) 是也。

（一）退火：經機械處理後之高速鋼須經退火後始行淬火，退火之目的與炭素鋼及其他合金鋼之明火處理 (Normalizing Treatment) 相似，即解除所受各種之應力使性質改為柔軟也。

A. 退火方法

- a. 為避免氧化及表面生成硬壳 (Scaling) 後致害於鋼質；鑄料最好放入「退火箱」內混以細砂，石灰或灰 (Ash)，角上封以火磚，投入退火爐中，漸漸熱之。
- b. 退火溫度約為九一五度 (視成分不可而變)，在此溫度維持八小時，(視尺寸大小，四至十小時不等。)
- c. 溫度昇高及降落均應緩慢，平均。冷時約每小時六——九度。
- d. 退火溫度過高及時間過久與其他鋼相同使其顆粒變大。

B. 退火結果

以一八，四，一 (含炭約0.7%) 之高速鋼經退火後 (退火時間溫度如圖) 其硬度 (Brinell) 可自二五〇——二六〇減低至二二八度或以下。

若以百分之十三錳之高速鋼在八四〇度時退火。當退火溫度至八五七度時，鋼之顆粒即變粗大，且無軟化之現象；故退火之時間及溫度皆宜注意及之。

(二) 淬火 (Quenching or Hardening)

高速鋼之淬火溫度頗高 (一千二百度以上) 如將冷鋼料立時至此高溫，則將受不平均之膨脹力使對鋼性有損害，故高速鋼之淬火須分二步行之。

A. 預熱 (preheating) 將欲淬火之鋼料放入冷

爐中，漸漸昇高溫度 (溫度須均勻) 至八二〇度——九〇〇度。在此溫度時，鋼由肥粒鐵 (Ferrite) 變成奧斯田鐵 (Austenite) 但在預熱時極可能介入若干碳化物之初生溶液 (Preliminary solution of the carbide)。

• **退火 (Heating for Quenching)**——淬火後須維持一定之淬火溫度。其溫度因成份而異。其溫度之範圍如下：  
 鋼之退火溫度 (一)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體和珠光體轉變點 (調劑)。其溫度之低和高如下：一二三〇——一二九〇度。  
 鋼之退火溫度 (二)：鋼之退火，要至鋼之奧氏體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (三)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (四)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

鋼之退火溫度 (五)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (六)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (七)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (八)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (九)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (十)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

鋼之退火溫度 (十一)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (十二)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (十三)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (十四)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (十五)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

鋼之退火溫度 (十六)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (十七)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (十八)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (十九)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (二十)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

鋼之退火溫度 (二十一)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (二十二)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (二十三)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (二十四)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (二十五)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

鋼之退火溫度 (二十六)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (二十七)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (二十八)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (二十九)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (三十)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

鋼之退火溫度 (三十一)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (三十二)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (三十三)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (三十四)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (三十五)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

鋼之退火溫度 (三十六)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (三十七)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (三十八)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (三十九)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (四十)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

鋼之退火溫度 (四十一)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (四十二)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (四十三)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (四十四)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (四十五)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

鋼之退火溫度 (四十六)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (四十七)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (四十八)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (四十九)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。  
 鋼之退火溫度 (五十)：鋼之退火，要至鋼之鐵素體轉變點 (調劑)。

形皆被解除而成一穩定態，皮萊得 (Pearlite) 網之麻田酸鹼全被消滅故不如炭素鋼淬火後者組織之變弱也。

## 鉻化表面之過程 (CHROMISING PROCESS)

June, 1945

晚近俄國及德國研究之概察

譯自 metallurgia  
British Journal of metal

By D.W. Rudoff,

張 能 譯

晚近冶金界會密切注意到應用鉻化表面的過程而增進鋼鐵對於外面侵蝕的抵抗力。這種分散性進入金屬表面的步驟，能否很成功的順利的達到直接有賴於鉻能否很有效的很均勻的達到被處理的表面內，同時鉻在分散時所應具備的良好條件，是否具備。關於溫度及液體的鉻化合物 (Ferrochrome) 的應用，這兒只作為參考的敘述，吾人本篇着重於鉻蒸汽體狀態氯化鉻 (Chromous Chloride) 之應用，這一種方法，在德國及蘇聯有很顯著的進步。

在近代發展中的各種為增加鋼鐵對外抵抗性的表面處理中，冶金界密切注意到鉻化的過程，這一過程是對於金屬表面的一種分散作用，為着能夠很成功的很順利的實行施運種工作，兩個很基本的條件是非具備不可的：(a) 很有效的，很均勻的分散於被處理的表面，(b) 保持優良的現象，鉻能滲透被處理表面內相當的深度。金屬表面局部的含有非金屬物質被處理表面就發生缺點，使鉻化表面對外的抵抗力受到相當嚴重的阻礙。

為着討論上面的兩個基本條件中第一條件，首先應該選擇探究用何種狀態的鉻化合物 (Chromic bearing Substance) 固體液體或是氣體的狀態。無論何種狀態的處理，都是基於兩種作用，一種物理的接觸作用，第二種，是與金屬表面的化學反應。鉻金屬原質在液體狀態的應用限於在高溫時不影響被處理金屬的性質。

常用鉻金屬原質在氣體狀態處理鋼表面時，不很適當，因為鉻的蒸氣壓力低。多年改用氯化鉻 (Chromous Chloride) 其作用基於下之化學反應： $CrCl_2 + Fe \rightarrow FeCl_2 + Cr$ ，這反應可能產生鉻於金屬之表面，當被處理之金屬與  $CrCl_2$  接觸時。應用這一反應的時候，一定得移開新生的  $FeCl_2$ ，目的在使反應可以繼續。 $FeCl_2$  的沸點為  $820^\circ C$ ，舉一例說如在  $1100^\circ C$ ，蒸氣壓力為  $25mm$  水柱 高。所有氣體狀態的鉻化過程

• 都是基於蒸汽壓力的應用。

蘇聯的發明

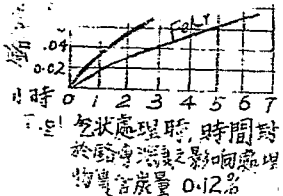
在德國，由於G.Beacker, K.aeves 的研究工作氣體過程處理的應用，有很顯著的進步，同時這一方法，已被莫斯科鋼鐵聯合、Mescow Steel Institute, 的研究者，作過嚴密的討論，蘇聯的研究者，更進而研究兩種狀態，固體狀態(Solid Phase)與氣體狀態(Gas Phase)氧化過程的比較。一組試驗指出溫度對於氧化厚度的影響

	處理過程中的溫度C				
	950°	980°	1100°	1380°	1360°
氣狀處理時氧化層之深度mm	0.025	0.03	0.05	0.19	—
固狀處理時氧化層之深度mm	0.013	0.1	0.03	0.1	0.16

溫度對於氧化層深度之影響 0.12% C Steel (二小時處理)

根據A, N, Minkevitch之試驗，

在固體狀態處理時，需要氧化的表面，常用一種混合物55% C 45% Al2O3塗覆，Al2O3之應用在於工作後，使金屬表面沒有好的成跡。處理時間之長短，影響氧化層之深度，吾人可於980度C 溫度時處理時間之長短討論之，氧氣之消耗量每小時達40—50L，在這些試驗中，應用金屬原質之鐵或用含 55.46% 之Fe及0.25% C之鐵化鐵氧化之情形很相類似，這些實驗之結果可由F, 1中看出。



另外一組實驗指出氧氣的流速(Flowrate)也影響表面處理的結果，當其他條件沒有變化時，氧氣流速增大氧化層深度也增大，在980度C時處理四小時，氧氣供給量為20L/h 每層深度為0.05mm如H2供給量為50L/h 每層深度為0.08mm，如H2再增至70L/h, 每層深度即為0.11mm，

把氣體狀態(Gasphase)氧化過程應用於各種不同的含炭鋼上，就發現，炭成份高時就有減低氧化層厚度之趨勢，討論的物質是下面幾種：(1)Armcoiron. 0.23% C (2)0.12% C 鋼(3)0.045% C鋼(4. 00.81% C鋼其結果如第二圖示(2)及(4)

兩種鋼其表面硬度由Vickers Units而定出，實驗出之值如下表

處理溫度時間	鋼之種類	vickers硬度單位 lker 負荷
980°C4hr	(2)	108—113
980°C4hr	(4)	878—958
1150°C1hr	(2)	105—117
1150°C1hr	(4)	876—1008
1150°C5hr	(4)	1103—1219

氧化時對於Armco鋼物鐵經過六小時在980度C, 可以產生每層之厚度為0.1mm, 每層含炭量25%

汽狀過程表面處理 ( Gasphase process )

在汽狀處理進行時，必需克服的一大困難，是如何減低相當高的汽體的密度，他妨礙汽體本身及帶運汽體 ( Carrier gas ) 均勻混合物 ( Homogeneous Mixture ) 的產生，但是近代一個德國學者N.Benn ( ch.wkoeh及W.Tofaute的報告這樣敘述到：研究者在尋找帶運汽體 ( Carrier gas ) 上他們已經成功。(他的成份沒有披露) 這種汽體在低壓下變更由 20—200mm wg 而與汽狀氯化物形成一均勻混合物，這種方法應用於商業上就產生一種特別的真空爐 ( Specialty type of vacuum furnace ) 由此等方法造出之塗層具有特別優良的品質，呈現一光滑而均勻的塗層。

由此種方法造成之塗層，對侵蝕的抵抗力，可由下面實況之結果得一例證。

	每小時，每一平方公尺內損失之重量g.當侵入干：			
	45% 酸液 HNO <sub>3</sub>	10% 酸液 HAC.	69% 儲積 之 H <sub>2</sub> O 20% HNO <sub>3</sub> 20% H <sub>2</sub> O 在 60.c	Artificial Seawater 在 20°c
未經熱化 18%cr 8%Ni	0.1	0.0	0.02	0.01
未熱化 17%cr 鋼	0.3	0.2	0.07	0.01
0.1% 熱化	0.05	0.06	0.04	0.01
0.1% 0.5%				
0.5% 熱化	0.05	0.03	0.05	0.09
0.1% 0.3. 55%			0.05	0.09

由上面之數據可知經熱化后之物質，對酸之抵抗力較未經熱化之 18%cr 8%Ni 之合金特別優良但將其侵入于 HAC 中則其抵抗力較弱，實際上在比較淺的塗層中由 0.1—0.2um 塗層保護的能力只暫時的性質。

各種汽狀處理過程，由物理化學的見地來講，C.wagner vstern 之研究工作是重要的，而且還是一種非常重要的說明，他們所處理的主要問題是：Cr 化合物在蒸氣壓力平衡時的情形，我們將要以其有專利權的汽狀化過程，及較早的研究，者參與討論。

【與 Cr 化合物有關的 Cr—H<sub>2</sub>—Cl—系的蒸氣壓力平衡狀態及化學反應式 Fe ( Mixed crystal ) + CrCl<sub>2</sub> ( gas ) — cr ( Mixed crystal ) + FeCl<sub>2</sub> ( gas ) 他們曾作過詳細的研究。

C.wagnev 的工作是致力於整個分散過程的分析，亦曾注意到 ( Deactivation of gas stream ) 當此變化過程中某一階段時，假設 Cr<sub>2</sub> 在帶運汽體中，其濃度不致低於 25% 時，Wargeav 即導出一公式關於帶運汽體流過被處理表面時之最小流量。

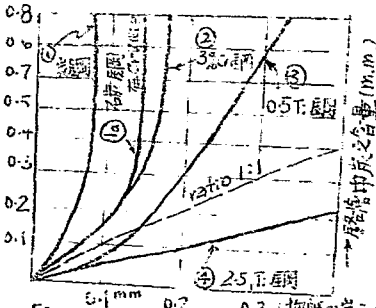


Fig. 3 汽化處理時，物質含碳量與表面層之含碳量之相互關係

在總應用方面，下面三種物質特別適於熱化。

0.1c	0.5Ti	YP	21300 lb	U, TS	48280—59640 lb	Elong 20%
0.1c	0.5Mn	YP	56800 lb	U, TS	78100—93400 lb	Elong 15%
	0.5Ti					
0.1c	3.5Mn	YP	53900 lb	U, TS	92300—113300 lb	Elong 15%

鹽池過程 (Salt bath process)

把熔融的氯化鉻及其他金屬化合物，如BaCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> 混在一池中，溫度高至1200度C時CrCl<sub>2</sub>尚穩定，而不分解，蒸汽態之CrCl<sub>2</sub>之濃度，受溫度及分壓力等因素之控制。鹽池方法，能够隨意保持CrCl<sub>2</sub>之濃度到30%以上，還是認為以鹽池方法進行熱化過程的主選優點，因為在進行熱化時，可以選擇很適當的濃度。一般認為CrCl<sub>2</sub>之濃度在20%於相當時間內，即可產生相當厚的熱化層。

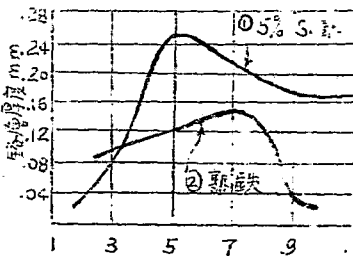


Fig. 4 比率  $\frac{CrCl_3}{CrCl_2}$  之不同對熱化層深度之影響

汽化處理過程的主要缺點是只限用於某些特別的物質這是由前述的原因，即最後混入於層中，就，就混雜於分散物質中，因此只能產生較淺的熱化層，在需要上是很不適當的。原在金屬中炭的含量及在熱化層中炭的含量之相互關係，可由Fig. 3 了著。圖中表示各種鋼汽化處理後獲得之特性。

我們由圖上可知，含有2.5 Ti之合金鋼其效力特好。熱化層中含炭量減少到原來鋼含量之下 (在ratio: curve之下) 0.5% Ti: 鋼，含炭量不到0.13% 處理後，表面效力尚好成份為: C. 0.1% - Cr. 3%, Mn 3% 之合金鋼，熱化處理後亦可得好之結果。加入Ti以後的效應可由鐵鋼曲線上看出，加入Ti以後，很大的影響看出，熱化層的厚度，當Ti的成份多，為形成，它的結構能加快分散的速度，同時影響熱化層的厚度，高成分Ti的熱化層，在1100度C時，汽化處理四小時，可達0.22mm之厚。

主要應考慮到的問題，是由於這樣的事實，那些在工業製品的鋼中，存有的 C, Si, Mn, Al, Ti 等，物質也起化學反應，此類物質的反應，某些對熱化過程是有利的，其他一些是有害的。應用反應加速劑 (Reaction Accelerator) 即可影響池中的反應。並且也影響分散的過程。參看Fig. 4把CrCl<sub>3</sub>及CrCl<sub>2</sub>配成各種不同的比例熱化層的厚度就有很大的變化。圖上表示出在熱化 (Wrought Or Soft Iron) 的情形，在1100度C，處理四小時，使  $\frac{CrCl_3}{CrCl_2} = 7$  則最深的熱化層到0.14 m.m., 但當Si之摻雜含5% Si之鋼若  $\frac{CrCl_3}{CrCl_2} = 5$  可以以

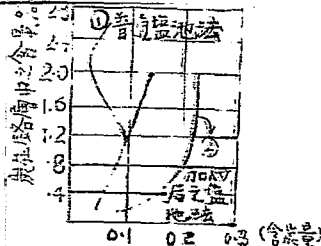


Fig 5 物質含量對於用鹽池方法造成之層中含量之影響

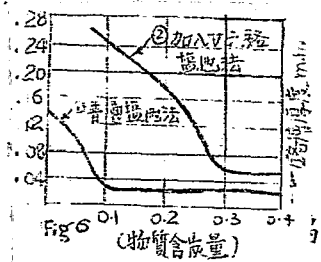


Fig 6 (物質含量)

我們探討鹽池法中物質含量對於層之影響

我們撰稿，使我們的刊物，在內容方面，不致顯得過份的貧血而空虛。

限于印刷條件，我們把相當優秀的校友的稿件，割愛了，預備留到下一期向他們深致歉意。

當前，我們的國家民族，正面臨着一個艱苦，而又迫切的，課題，工業建設。工科科學的學習者及工程事業的從業者，變肩所負的責任，將日益重大，基於這樣的理由我們把在技研會的感感之得獻給社會，秘請教於社會先進之士。

生於層之深度為10.23mm在此等型鋼中，能形成如此深之滲化層可以說由於該層具有S之構造

當時論氣狀過程時，些係在炭之後而進入滲化層。用有一適當化學成分之池即可把不利的物應取消，如加氯化 ( Vanadic Chloride ) 可使小部份之 V 與C同時滲進鋼中去，因而阻止 C 滲入此化層中，用這種方法，可使該層中C的成分大量減低，如下 Fig 5 所示滲透的速度不受相伴的V的滲透的影響，因此亦可產生較深的滲層，這種很有益的同時加入V的效應，可由 Fig 6 看出。

由上圖表看出，0.1% C 鋼加入V於鹽池中後，滲層之厚度較之用單純的鹽池增加到六倍與七倍之間，用氣體加熱鹽池 ( gas Fired Salt Bath ) 最近德國所用者如 Fig 7 所示，可達1200度 C，爐子外壳可放於一電熱鹽池中而間接加熱，在此種溫度可產生1mm厚之滲化層。

後

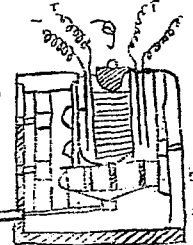


Fig 7 近代所用之

## 本系系友及同學錄

(甲) 國治系之部：—— (一) 二十三年春季畢業者——(一九三四級) 姓名 李惠修 馬榮樞  
董 禮 何 崇 張伯庸 (二) 一九四〇級—— 姓名 李 源 趙 賢 郭經邦 吳錫鈞 張 琳  
畢光宏 蘇一村 姚 皓 (三) 一九四一級—— 姓名 畢 訓 郭 嶺 余國博 王光中 黃國華  
郭仲貴 黃元貞 趙以瀾 李光輝 趙朝珍 馬紹良 葉長溶 張永高 方 柄 何思周 楊德泰

(四) 一九四二級—— 姓名 陳迪武 徐祖耀 李 賜 王 贊 殷子文 朱子華 毛月波 干述之  
何志遠 梁效群 劉克明 黃元才 秦長勝 李鏡村 李志宏 何啓謙 袁九章 孫振濤

(五) 一九四三級—— 姓名 林萬驥 張 彬 劉濟和 俞在明 黃克剛 劉邦端 胡全安 楊光瑞  
程金鏡 王錫欽 朱學智 李雲文 趙廣裕 黃 憲 畢錦秀 洪十文 劉鳳堯 張行煜 張福祖 方景璋  
張運元 薛景波 林志輝 曾昭柏 張子珍 張賢智 (六) 一九四四級—— 姓名 甘振凱 熊國植  
牛乃麟 李希勳 李尚賢 沈崇雲 李樹人 江詩菴 宋汝義 胡光沛 陸景雲 胡承祖 黃其信 王雲  
孫浩章 劉清雲 李應琦 范承詞 李維恭 馬仲勳 (七) 一九四路五級—— 劉紹矩 張志培 周慈瑞  
董光華 包志剛 茅士中 程翠茵 黃春霖 張裕昭 景維群 溫光輝 齊宗遠 胡年澄

(八) 一九四六級—— 楊德英 魏志德 岳 誠 龔廷棟 李慶聲 高錦雲 張 能 尹程泰 遊國信  
張文波 于光華 朱亦龍 陳鴻圖 楊朝鏡 范重模 荀誠中 (九) 一九四七級—— 李兆熊 張耀祖  
武 煌 趙 庚 李志勳 丁貽禮 魏廣謙 梁德謙 潘際天 鄭廷達 楊希明 張木錦 郭良棟 白 瑛  
趙世昌 周永壽 玉家駱 錢 賢 項 強 丁麗華 胡仲堯 彭 績 陳 伯 華世鏞 蘇繼會 翁大昭  
張翼昌 甘德傑 玉季琦 朱存已 史水佩 王 暢 (十) 一九四八級—— 劉國康 戴贊富 劉家瑞  
郭建輝 朱應辛 徐壽泰 蘇祖佑 斯廷昌 楊沈武 鍾志祺 邱 福 李錦志 王永年 張文敏 黃憲章  
陳梅輝 李 惠 崔容廷 駱廷齡 呂貴林 高義方 盧英佐 (十一) 一九四九級 葛家珍 陳仕堯  
邱 沅 方榮民 李德蘭 王承祺 唐學昌 楊新華 彭程漢 黃祖華 高冲霄 周鴻盛 王世昌 劉 劍  
馮景泉 盧世雄 吳祖麟 卓建中 馬國梁 趙家猷 黃天德 李 斌 趙錫蘭 周 磊 孫 智 科則文  
朱人傑 劉永群 馬炳昌 王國憲 楊之滂 周 琦 徐 翔 楊之凱

(乙) 探礦專修科之部—— (一) 一九四〇級：—— 姓名 梁國環 郭若瑛 吳錦天 羅志學 (二)  
一九四一級：—— 和鏡璋 宋現生 關開濟 湯汝輝楊文龍 宋述武 薛運青 沈其器 (三) 一九四  
二級：—— 張 訓 蘇仲勳 趙 熙 (四) 一九四三級：—— 馬光圭 (五) 一九四四級：——  
楊本業 范如崇 (六) 一九四五級：—— 張學明 趙玉文 張文華 陳孝規 甘錫陽



