

# 電氣爐熔解法に關する冶金的考察

(第三回工學大會講演)

松山 寬 慈\*

## I 緒 言

鹽基性弧光式電氣爐の熔解法は一般には精鋼材及鑛石を用ひず且ライミイ滓によれり。然し高級鋼材精製の眞意義よりすれば強酸化 強脱酸法なる鑛石カーバイド滓法を優れりとなすものなり。殊に精鍊操作の完璧を期する爲精鋼材を装入し、所謂精鋼材・鑛石・カーバイド滓熔解法を茲に提示せんとす。

仍て該法の要諦を記し併せて兩方法の冶金的考察を行ひ更にガスの影響に就て研究せんとす。

## II 精鋼材 鑛石 カーバイド滓 熔解法

本法の主眼たる装入に精鋼材、酸化沸騰に鑛石を用ひ更に脱酸期にカーバイド滓となす熔解方法の要點は次の如し。

(a) 精鋼材 熔落の地金及滓の成分を一定にすることは特に高級鋼材の精鍊に當りては冶金的に最も緊要なり、本法に於て精鋼材を用ふる主旨は茲にあり然るに一般方法には精鋼材を用ひず、従て不明のスクラップ製罐屑等により熔落成分一定し難く就中磷分の高き場合頻出す高級鋼材の精鍊に當り磷分高きは最も避くべきことなり、尙本法は精鋼材の使用によりて磷 0.015% 以下に保つを標準とせり。

次に炭素は一般方法としては熔落に於て特に低きか或は不定なるも本法にては精鋼材を用ひて一定配合となし熔落の炭素量は製品炭素量と略同一となすを標準とせり、其の他 *Si*, *Mn*, *Ni*, *Cr* も精鋼材の使用によりて常に一定標準となす。

尙精鋼材の使用量は 1) 85%、2) 50% の 2 種なり。

(b) 赤鐵鑛 精鋼材の使用によりて、不純物殊に磷を除く作業を併行するの必要なきを以て、酸化期に於て熔鋼を充分攪拌し、酸化物を滓に逸出せしむると同時に熔鋼に心熱を持たしめ脱酸期に平衡を破るが如き温度の急變を越さしめざるを酸化標準とし此の目的に赤鐵鑛を用ふるこ

ととせり、一般に用ふるスケール或は弱酸化物に比べ赤鐵鑛の大なる利點は上の理由による、只赤鐵鑛を用ふれば脱炭速かとなるを以て装入に *Si* を 0.15% 配合するを標準とす。赤鐵鑛はカンバーランド産にして純當 10 kg を標準とす。鑛石を用ひ酸化沸騰せしむる時間は 1 時間を標準とす。鑛石を用ふる主目的は酸化沸騰により酸化物殊に磷を浮遊せしめヘビースターリングによりて熔鋼に心熱を保たしむるにあり。

(c) ホワイトカーバイド滓 本法の骨子たる滓は脱酸完全を期する爲カーバイド滓なり、但し強臭のものにあらず所謂ホワイトカーバイド滓を標準とす、石灰及炭粉の使用量及方法は第 2 表の如し。

精鋼材の使用によりて石灰は装入に純當 30 kg、螢石は 3 kg を用ひ酸化中は用ひず、大體に次の如きスラッグフォーメーション (%) を標準とす。

$FeO$  10     $SiO_2$  20     $CaO$  30     $MgO$  20

又脱酸末期即ち注出には次の如きスラッグフォーメーション (%) を標準とす。

$FeO$   $SiO_2$   $CaO$   $MgO$   $Al_2O_3$   $MnO$   $Cr_2O_3$      $C$      $S$   
<1    22    60    7    2~3    0    0    10~20    2~3

カーバイド滓による造滓法の是非は種々あるも本研究に於ては冶金的に何等の不安なきを證したり。

(d) 熔鋼心熱 精製と言ふも結局は地金と滓との平衡を失せざるを基とすべく此の平衡は温度にデペンドす。

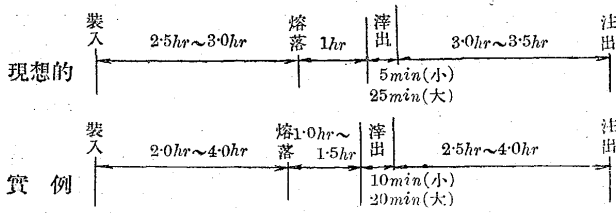
本法は酸化期中特に強酸化劑なる鑛石を用ひ酸化沸騰を著大にし、熔鋼より不純物を除去し、同時に熔鋼に充分なる心熱を保たしめ、之を脱酸期を経て、注出迄持續せんとするものなり。仍て差物の如きも湯熱の急減を防止する爲可成的滓出直後装入に分裝するを標準とす。

言ふ迄もなく爐中に於ては可成の高温を保ち注型温度は注型速度を考慮して可成的低きを立前とす。

(e) 熔解時間 理想的の操業時間と實例圖示の如し。

本法は一般ライミイ滓熔解法に比し稍長時間を要す、之れ充分なる酸化と十二分の脱酸とを行ふが爲なり。

\* 吳海軍工廠製鋼部



(f) 本法を採用せる理由

1. 試験時代に嚴格なる材質的検査に對し、極めて良好なる成績を示せること。
2. 實施後5ヶ年其の成績極めて優良なること。
3. 大型電氣爐に應用し極めて良結果を示せること。
4. 電氣爐製全材質に應用し極めて良果を示せること。

### III 一般熔解法

鹽基性弧光式電氣爐の一般熔解法として往時より殆ど本邦全般に用ひらるるは精鋼材及鑛石を用ひす且ライミイ滓による熔解法なり、唯無鑛石と言ふもスケールの如き或は砂鐵の如き弱酸化劑を偶々用ふることあるも多くは其の之を用ひず、從て熔解後の酸化時間は一般に30分を出でざるか甚しきは酸化期全然なきものすらあり(尙茲に言ふ酸化期とは熔落後滓出迄を意味す)又脱酸期の滓も時に弱カーバイドを伴ふものを見受くるも殆どライミイを採用するが一般にして精鋼材の如きは殆ど用ひらるることなし。

從て一般に熱持ちの良否不定にして理想の平衡状態に導き得ざること多く導き得ても破壊すること間々あるべく、結果の出來不出来を生ずるは當然なりと思惟す。

一般熔解法を時間別に示せば次の如し。

熔解迄	酸化期	脱酸期
2~4 hr	0~1/2 hr	1~2 hr

總計4時間内外にして、操業の如き晝夜4乃至8回に及ぶものすらあり。精製操作時間の長短のみが結果に及ぼす重要性に關係ありとは言ひ難きも、少くも不同の成果に導かるるの不利は免れず。

### IV 兩熔解法の冶金的考察

既に記せる如く兩熔解法の區別は截然たるものあり。今兩者の熔解工程を比較し併せて各其の熔解操業中15分毎(普法A鋼B鋼共)及30分毎(本法A鋼B鋼共)に採取せる地金及滓のサンプルを分析し兩者の成分別時間別に曲線とし比較せる結果は第1圖乃至18圖に示す如し。

以下説明の煩を避くる爲、精鋼材及鑛石を用ひす且ライミイ滓による熔解法を普法(一般法)として新に研究提示せる精鋼材及鑛石を用ひ且カーバイド滓による熔解法と假

稱す。

第1表

(イ) 熔解精鍊時間に於いて著しき差あり、第1表の如し。

	普法	本法
熔落迄 (h)	2~4	3
酸化期 (h)	0~1	1
脱酸期 (h)	1~2	3.5

(ロ) 装入酸化劑及脱酸劑

の使用量亦著しき差あり、第2表の如し。

第2表 ニッケルクロム鋼A及B

		普法(適當)	本法(適當)	
装 入 時	石 灰	50 kg	35 kg	
	螢 石	加へず	3.5 kg	
	フェロシリコン	加へず	2.5 kg	
	フェロクロム	加へず	加ふ	
	ニッケル	加へず	加ふ	
	精鋼材	加へず(0)	加ふ(50或は85%)	
	スクラップ	加ふ(75%)	加ふ(35或は0%)	
酸 化 期	削 屑	加ふ(25%)	加ふ(15%)	
	電極屑或は銑鐵	加へず	加ふ	
			普法(適當)	本法(適當)
	赤 鐵 鑛	加へず	加ふ(10 kg)	
	ス ケ ー ル	加ふ	加へず	
	螢 石	加へず	加へず	
	石 灰	加へず	加へず	
脱 酸 期	石 灰	加ふ(53 kg)	加ふ(27 kg)	
	螢 石	加ふ(7 kg)	加ふ(4 kg)	
	炭 粉	加ふ(12 kg)	加ふ(5 kg)	
	フェロシリコン	加ふ(12 kg) 但し 25% Si	加ふ(7.5 kg) 45% Si	
	フェロマンガ	加へず	(加ふ 1 kg 加へず(0))	
	アルミニウム	加ふ	加ふ	

(ハ) 精鍊(酸化脱酸期)工程中の滓の變化狀況

弧光式鹽基性電氣爐精鍊の變化は酸性平爐と同様に大部分滓によりて判定し得べく冶金的に最も重要なるものなり、仍て之が考察を詳細に行ひ、即ち次の各種につきて記すこととせり。

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
FeO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub>	CaO	C	P	S

尙試験に用ひたる鋼は2種にして共に Ni, Cr 鋼 A 及 B なり、尙 A, B 兩鋼共炭素はメデイアムにして A 鋼は Ni 低く Cr 高きもの B 鋼は Ni 高く Cr 低きものなり。

(a) FeO FeO は第1圖に示す如く本、普兩法著しき差あり、即ち酸化期に於て普法は20%、本法は10%にして、變化狀況亦普法は熔落より滓出迄漸次減少するも、本法は一度増加し後減するを標準とす、之れ前記赤鐵鑛により著しき酸化を行ふが爲なり。次で脱酸期に於ては普法は脱酸時間に従ひ漸減するも全期を通じ3%以上なり、然るに本法は脱酸期に入りて1時間以内に1%近くに激減し、注出に於ては1%以下にして此の點兩法大いに異なる所なり。

(b)  $MgO$   $MgO$  は第 2 圖に示す如く普法、本法大差あり殊に脱酸期に甚し本法は酸化期に約 2 倍の 20% となり、普法は殆ど變化なし、之れ明に本法は赤鐵鑛を用ひて強烈なるボイルを行ふ爲なり、脱酸期に入りては普法は注出時約 15% にして増加し、本法は注出時約 7% に減ずるは注目すべきことにして本法の脱酸期に於ける特徴を如實に示せるものなり。

(c)  $Al_2O_3$   $Al_2O_3$  は第 3 圖に示す如く本、普兩法の差稍大なり、即ち酸化期は兩法大差なく脱酸期に入りても一度滓出により減じ、差物時及注出時  $Al$  の追加により  $Al_2O_3$  の増加すること双方同様なるも、其の増加率は普法大にして本法小なり、之れ一面には  $Al$  の使用量普法は大なるも本法は小なるためにもよるべし。

(d)  $Cr_2O_3$   $Cr_2O_3$  は第 4 圖に示す如く本、普兩法差大なり、即ち本法はボイルの強烈に行はるる中間に於て一度増加す、脱酸期に入りては急に減じ殆ど零化す、之れ本法に於ては  $Cr$  を装入に加ふる爲なり、又普法の本法に比して概して少きは  $Cr$  を装入に加へず差物時に加へたる爲によるべし。尙普法は装入一定せず、時に  $Cr$  に富むスクラップ大部分のときと  $Cr$  なき製罐屑の場合あるも要するに熔落時の  $Cr_2O_3$  は本法に比し小なるは事實なり。

(e)  $MnO$   $MnO$  は第 5 圖に示す如く本、普兩法に相當の差あり即ち普法は酸化期も脱酸期も共に本法に比し高率なり。之に依りても本法は普法に比しよりサウンドなるを證するものなり。

(f)  $SiO_2$   $SiO_2$  は第 6 圖に示す如く本、普兩法に於て差少きも變化の道程には差あり、本法の熔落高きは普法と異り、装入に珪素を加ふる爲にして従て酸化期中酸化の進行に連れて漸減す、脱酸期には珪素を用ふる爲漸次増加すること及増加率本法、普法稍相似なり。

(g)  $CaO$   $CaO$  は第 7 圖に示す如く本、普兩法共差少きも、注出に於ては稍差あり。

(h)  $C$   $C$  は第 8 圖に示す如く、酸化期に於ては本、普兩法共殆ど差なく兩者極めて低率なるも脱酸期に於ては著しき差を生ず、之れ普法はライミ滓なるに本法はホワイトカーバイド滓を目標とせるを以て脱酸の途中及注出に於て圖の如く兩法の差著しきは當然のことなるべし。

(i)  $P$   $P$  は第 9 圖に示す如く本、普兩法異常の差あり、即ち普法は酸化期に於て 3% 乃至 6%、脱酸期に於て普法 1 乃至 2%、本法は兩期共零に近し、之れ本法は精鋼

材を用ひ充分脱磷せる装入によれるも普法は精鋼材を用ひず屢酸化期中に脱磷を主とせることを意味するものなり、然も普法は滓出し及地金の脱磷其他不完全なる脱酸状況に導かれ脱酸期中に磷分の滓に含入さるるを示す、本、普兩法は茲にも大差あり。

(j)  $S$   $S$  は第 10 圖に示す如く本、普兩法異常の差あり、即ち酸化期に於て普法は 0.2 乃至 0.3% なるに本法 0.1% 以下なり、又脱酸期に普法 0.45 乃至 0.55% なるに本法 0.15 乃至 0.25% なり。

鹽基性電氣爐の通例として脱酸期滓の  $S$  の變化圖の如く上昇するは當然なるべきも兩法含有率の差大なるは本法の特色を明かに示せるものなり。

(=) 精鍊 (酸化、脱酸期) 工程中の地金の變化狀況  
次に滓と同時に採取せる地金のサンプルに就き試験せる結果を次の順序により記すこととせり。

a	b	c	d	e	f	g	h
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu

(a)  $C$   $C$  は第 11 圖に示す如く本、普兩法大差あり即ち本法に於ては装入を一定にし同時に精鋼材を用ひ  $C$  を揃へて酸化、脱酸標準を樹て脱酸期に入りても平衡を破らざる如く操業を行へる爲なり、然るに普法は装入一定せず、精鋼材も用ひず、熔落低く脱酸期に之が調整を行ふ等總てが一定標準なく、常に平衡を破るため結果亦良好ならざるは當然なり。

(b)  $Si$   $Si$  は第 12 圖に示す如く本、普兩法差あり、本法は赤鐵鑛を用ふる爲め、装入に珪素を計算加入し必ず 0.30% を標準とせるを以て、熔落は多く 0.10 乃至 0.15% にして之が強酸化により 0.05% 位となるを立前とするも普法は計算加入もせず、一定標準もなく 0.05% にして酸化は微弱なるか或は殆ど行はざるものなり。従て酸化期中變化なし、又脱酸期に入りて本法は滓出直後 0.30% 入れ後 0.05% を注出迄に補足するを標準とせるを以て直後の珪素量大なるも、普法は直後入れず漸次加入するを以て其の増加の狀況を異にす。本法に使用せる鋼は  $Mn$  の制限あるを以て珪素 0.30% 乃至 0.40% は必須のものなり。

(c)  $Mn$   $Mn$  は第 13 圖に示す如く本、普兩法共に大差なし之は  $Mn$  量制限ありて 0.15 乃至 0.20% なるを以てなり、事實本法は熔落 0.20 にして酸化期に少しく落ち、之を脱酸期に補足す、普法は熔落 0.10 乃至 0.15% にして酸化期中變化なく、脱酸期に補足す。

(d)  $P$   $P$  は第 14 圖に示す如く大差あり、本法は熔

落を低くして酸化期中殆ど脱磷せざるも普法は装入一定せざる爲、熔落一般に高く、脱磷を行ふを以て酸化期に磷低下す、此の點本、普兩法の異なる所なり。勿論装入は本法に於ては一定せるも普法は一定せざるを以て  $P$  の低きものもあるは言ふ迄もなし。

(e)  $S$   $S$  は第 15 圖に示す如く本、普兩法大差あり酸化期に於て本法は 0.01% なるに普法は 0.03% なり之れ本法に使用せる装入精鋼材は電氣爐製にして普法に装入せるものは製罐屑其の他なる爲なり、次に普法の  $S$  は脱酸期に於て急減するも尙本法に比して高し。

(f)  $Cr$   $Cr$  は第 16 圖に示す如く本、普兩法に差あり即ち本法は装入に於て  $Cr$  を加ふるも普法は加へず、其の爲普法は熔落 0.05% なるも本法は 1.0 乃至 1.5% なり、而して脱酸期には本法、普法共漸増す。

(g)  $Ni$   $Ni$  は第 17 圖に示す如く本、普兩法殆ど差なし。

(h)  $Cu$   $Cu$  は第 18 圖に示す如く本、普兩法大差あり即ち普法は装入一定せず、製罐屑を多く用ひし時代に於て、自然之より入り来る銅分大なるは言ふ迄もなし、然るに本法は精鋼材を用ひ、装入精選せるを以て、銅分低し。

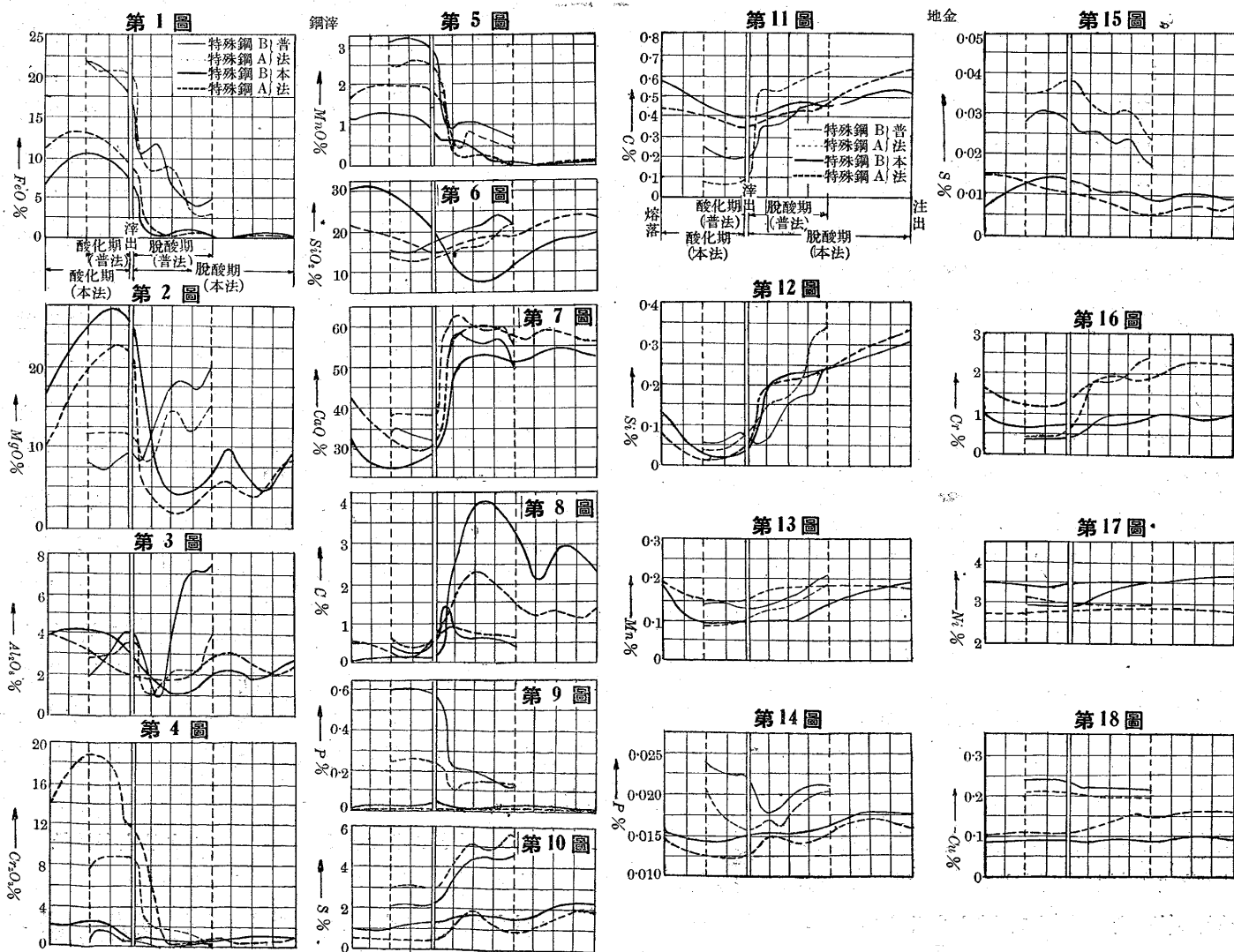
(ホ) 總括

本法は装入一定せるを以て、滓及地金の成分一定し、自然無理なる操業の變化を要せず。之に反し普法は装入一定せず常に平衡を破るを以て自然注出の成績不定となり、成績不良なるものの混淆を免れず。

是等の詳細は上述滓及地金の細説の隨所に見出し得る所なり。

鋼材の高級性を増すに従ひ、本法の普法に勝る價値の増大するは贅言を要せず。

尙茲に用ひたる鋼は本法、普法共各 2 種宛なるも、是等の滓及地金の分析値は兩法を夫々用ひたる他の數十種の熔解に於ても同一傾向をとれることを附記す。



### V 滓と地金との含有ガスに関する考察

カーバイド滓の良否に就て種々の論議あり。然し本法採用理由の項にも記述せる如く、本法試験熔解を経て、實行期間滿5ヶ年に垂んとし、此の間成績極めて優秀にして結果に對して、何等の疑義を挾むの餘地なし。

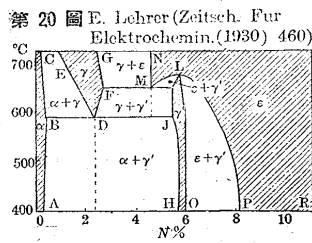
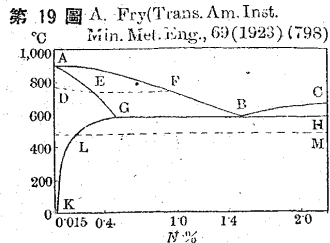
されど最近最も注目されたるはカーバイド滓には窒素の含有量一般法即ちライミ滓に比し大なるを指摘するものあり、成程分析結果の示す所は、本研究にもある如く然り、然し夫は滓のことにして地金の含窒素量は兩法共に0.015%以下にして之が差は認め難し。

茲に於て次の各項に亘り、主として窒素の含有状況と其の影響とに就て研究し、カーバイド滓の採否に對する判断を明にせんとす。

尙水素及酸素に就ては本報告中一部記せるも詳細は別報すべし。

- (イ) 鐵鋼に對する窒素の溶解度
- (ロ) カーバイド滓とライミ滓熔解による窒素量及酸素量
- (ハ) 地金の含窒素量が材質に及ぼす影響
- (ニ) 滓の含窒素量が材質に及ぼす影響
- (ホ) 地金の含窒素量と鍛鍊及熱處理の影響
- (ヘ) 酸化の程度が含窒素量に及ぼす影響
- (ト) スラッグラインの位置による滓の含窒素量
- (チ) 電氣爐容量が滓及地金の含窒素 酸素 水素量に及ぼす影響
- (リ) 總括
- (イ) 鐵鋼に對する窒素の溶解度

鐵、窒素系の状態圖は第19圖のA. Fry (Trans. Am. Inst. Min. Met. Eng., 69 (1923) (798) 及第20圖のE. Lehrer (Zeitsch. fur Elektrochemie.) (1930) (460)



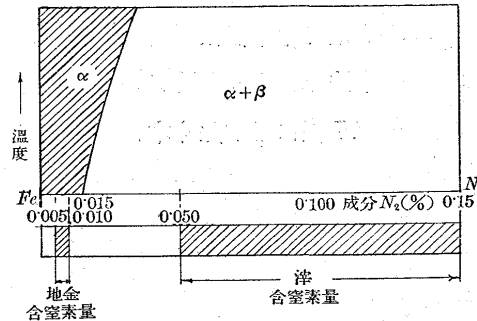
の兩者あり。前者は鐵側の固溶體範圍を研究せるもの、後者は之より新しく研究し800°C以下に於ける含窒素量10%迄の範圍を稍詳細に研究したるものなり。

然し茲には窒素0.5%以下の固溶體範圍に就きてのみ必

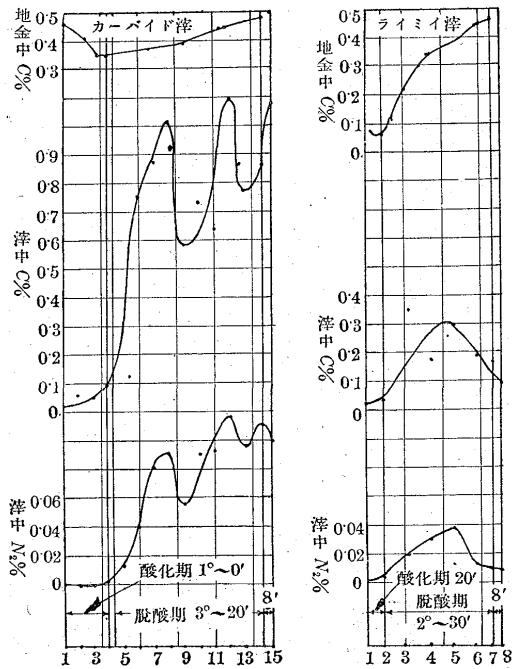
要なるを以て主として、此の部分に就て考究することとせり、即ち之等の研究によれば、常溫に於ける固溶體範圍は前者0.015% N<sub>2</sub>、後者0.300% N<sub>2</sub>にして、飽和量は前者0.30% N<sub>2</sub>、後者0.43% N<sub>2</sub>なり。而して茲に取扱ふ鹽基性弧光式電氣爐製鋼材地金の含窒素量は0.005乃至0.010%にして0.015%を超ゆるものなく、高周波電氣爐の如きは酸性平爐と共に0.005%以下なるを普通とす。

故に假に上記電氣爐鋼の常溫に於ける含窒素量を最大範圍0.015%とするも Lehrer.の研究によれば論なく固溶體の範圍内にして、此の範圍極めて小なる Fryの研究によりても、尙固溶體範圍を出でず、即ち固溶體範圍を出

第21圖



第22圖



(Fry)と實際電氣爐熔解に於ける地金及滓の含窒素量範圍とを對照し第21圖に示せり。

- (ロ) カーバイド滓とライミ滓熔解による窒素量及酸素量

カーバイド滓及ライミ滓の滓及地金中の窒素及酸素の含有變化状況は第4表の如し。

でざることは、要するに鋼の物理的性質に極端なる差を生ぜぬこととなり、尙此の點に關しては次のハ項にも記述せる如くにして0.02%以下の窒素の鋼中に於ける、有害の程度は極端なるものとは言ひ難し。

次に常溫に於ける窒素の鐵に固溶する度

第 4 表

		酸化期		脱酸期					
		熔落	滓前	1	2	3	4	5	6
				(注出)(取鍋)					
滓	カーバイド滓 N <sub>2</sub>	0002	0002	0165	0410	0620	0980	1100	0985
	ライミイ滓 N <sub>2</sub>	0024	0036	0192	0300	0384	0133	0118	0089
地	カーバイド滓 N <sub>2</sub>	0075	0060	0048	0060	0057	0057	0060	0089
	ライミイ滓 N <sub>2</sub>	0069	0047	0047	0062	0068	0071	0086	0080
金	カーバイド滓 O <sub>2</sub>	0240	0246	0118	0050	0055	0030	0028	0040
	ライミイ滓 O <sub>2</sub>	0515	0151	0140	0108	0048	0045	0064	0042

第4表に示す如くカーバイド滓及ライミイ滓兩者共地金の窒素及酸素量は殆ど差異を認めず、唯滓中の窒素量に就ては兩者の差稍大なり、兩法の地金及滓中の C の變化及滓中の窒素の變化を酸化期 脱酸期に亘りて比較し第22圖に示せり。

(ハ) 地金の含窒素量が材質に及ぼす影響

Ni Cr 鋼を 50 kg 高周波電氣爐にて熔製し半量は其の儘注型残部半量は石灰窒素を加へて注型せり。

其の各の含窒素量及成分は次の第5表の如し。

第 5 表

	N <sub>2</sub>	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
窒素を加へざるもの K 90 1/2	0089	32	08	45	021	027	366	88	11
窒素を加へたるもの K 90 2/2	0186	34	09	45	022	027	366	89	16

上の兩者の断面を比較すれば次の寫眞1に示す如く、窒素を加へざるものと加へたものとは著しき差あり。

次に兩者に就て夫々焼鈍 (1,800°C×2 h 爐冷) 及焼入 (850°C×1 h 油)、焼戻 (630°C×4 h 油) し其の機械的性質を測定せる結果は第6表の如し。

第 6 表

	弾性 限 (kg/mm <sup>2</sup> )	抗張 力 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 張 (%)	斷面 絞 (%)	斷面 状態	切斷 位置	硬度 ブル リル	衝擊 値 (ft.lb.)
K 90 1/2 B	1 497	769	267	573	F	A	2.15	6.93-6.04
燒鈍	2 454	753	274	520	F	A	2.15	6.53-5.79
窒素を加へ ざるもの	3 468	744	254	549	F	C	2.15	5.12-5.14
平均	4.73	7.55	2.65	5.47			2.15	5.92
K 90 2/2 B	1 482	775	245	490	F	B	2.16	6.23-5.62
燒鈍	2 512	778	250	510	F	B	2.17	5.74-5.29
窒素を加へ たるもの	3 465	760	235	490	F	B	2.17	5.57-5.28
平均	4.86	7.71	2.43	4.96			2.16	5.62
K 90 1/2 A	1 726	856	248	636	Rd	C	2.51	7.43-
燒入 燒戻	2 707	742	255	648	Rd	A	2.41	7.27-6.59
窒素を加へ ざるもの	3 718	845	246	627	Rd	A	2.53	6.32-6.17
平均	7.17	8.14	2.49	6.37			2.48	6.75
K 90 2/2 A	1 724	878	242	623	Rd	A	2.55	7.29-6.72
燒入 燒戻	2 735	864	249	627	Rd	B	2.52	7.42-6.94
窒素を加へ たるもの	3 751	858	251	627	Rd	A	2.55	6.34-6.18
平均	7.36	8.66	2.47	6.25			2.54	6.81

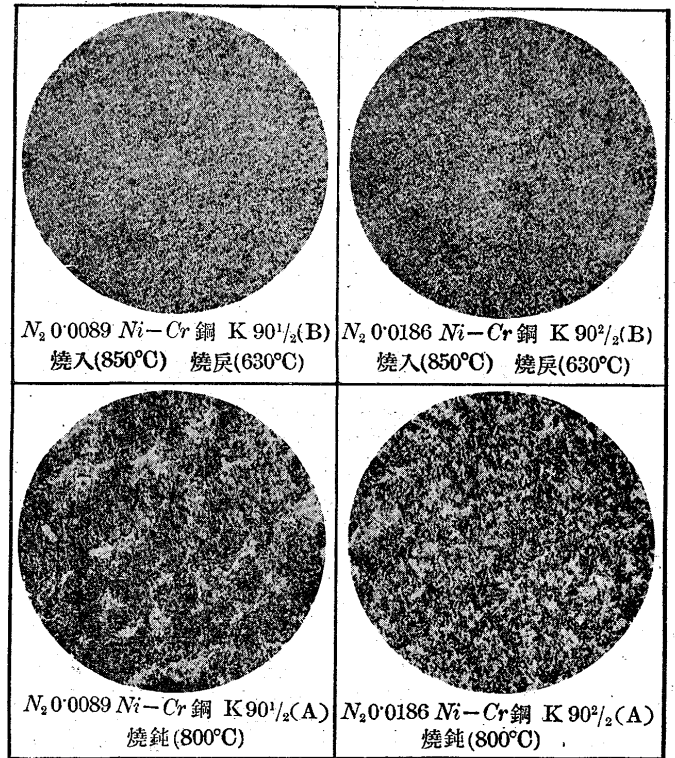
上の兩者に就ての顯微鏡組織は次の寫眞2の如し。

寫眞 1



上の結果によれば普通鋼材の窒素含量 0089 と特に窒素を加へたる 0186 との機械的性質には差殆どなし、而し後者の量は Fry の常溫溶解度 015% を突破するものにして普通の製鋼法にては生起し得ぬ大量のものなり。

寫眞 2



(ニ) 滓の含窒素量が材質に及ぼす影響

今注出地金の含窒素量は殆ど等しきも注出滓の含窒素量に可成りの差ある A, B 2 熔解をとり (B は注出 280, A は注出 111 にして B は A の 2.5 倍) 滓中の含窒素量の差が地金の静的及動的試験による差異の有無を比較せり。此の結果兩者に於て全然差を認めず、尙之等兩熔解の注出 10 分前と注出直前及取鍋に於ける分析成分は殆ど差を認めず。之等の滓及地金の含窒素量の差は第7表に示す如し。



第 7 表

		試料採取時	滓含窒素量	地金含窒素量
A 熔解	1	注出 10 分前	096	0098
	2	注出直前	111	0087
	3	取鍋	102	0110
B 熔解	1	注出 10 分前	243	0098
	2	注出直前	280	0094
	3	取鍋	254	0109

之等の抗張性及衝撃値は第 8 表の如し。

第 8 表

		降伏點 (kg/mm <sup>2</sup> )	抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸縮 (%)	硬度 (フリネル)	衝撃値 (ft.lb.)
A 熔解	1	98.0	110.0	19.4	54.0	319
	2	99.5	110.9	21.6	58.7	321
	3	100.0	112.4	21.2	58.7	334
B 熔解	1	96.2	110.3	22.6	57.8	329
	2	95.3	110.0	20.8	57.8	326
	3	97.0	112.9	21.0	54.9	337

(ホ) 地金の含窒素量と鍛鍊及熱處理の影響

電氣爐鋼の含窒素量は上述の如く 0.005 乃至 0.010% なるも、之を

第 9 表

炭素鋼		含窒素量(%)
イ、	鑄造の儘	0059
ロ、	(イ)を 700°C にて焼鈍	0062
ハ、	(ロ)を 850°C にて焼入	—
ニ、	(ハ)を 600°C にて焼戻	0059
ホ、	鍛鍊の儘	0056
ヘ、	(ホ)を 700°C にて焼鈍	0047
ト、	(ヘ)を 850°C にて焼入	—
チ、	(ト)を 600°C にて焼戻	0059

鑄造の儘及之を熱處理せる場合並に鍛鍊の儘及之を熱處理せる場合の含窒素量の變化を試験せる結果は第 9 表の如く大差なし。

(ヘ) 酸化の程度が含窒素量に及ぼす影響

酸化の程度特に酸化期に於て鑛石を極めて多量に用ひたる場合と、少量用ひたる場合とに就て次の材質に就き試験せり。

イ、炭素鋼 A ロ、炭素鋼 B ハ、ニッケルクロム鋼

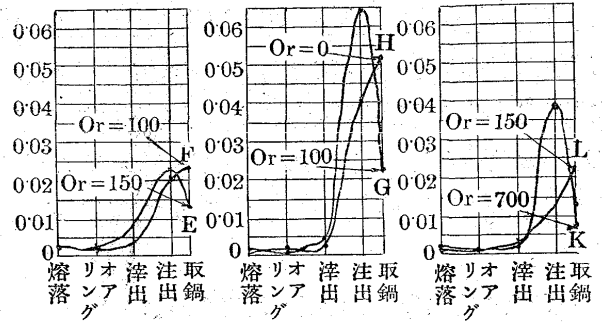
第 10 表

材 質	炭素鋼 A		炭素鋼 B		Ni, Cr 鋼 C	
	30 吨	30 吨	30 吨	30 吨	30 吨	30 吨
熔解 番号	E	F	G	H	K	L
赤鐵鑛使用量 (kg)	950	100	100	0	700	150
溶落 N <sub>2</sub> %	0029	0029	0015	0012	0015	0018
オアリング //	0024	0021	0012	0015	0012	0015
滓出 //	—	0029	0037	0015	0022	0029
注出 //	0224	0208	0651	0407	0387	0149
取鍋 //	0119	0224	0224	0507	0059	0228

其の詳細は第 10 表及第 23, 24, 25 圖に示す如く鑛石を多く使用し酸化の程度大なるものが注出時に於て其の小なるものよりも滓の含窒素量大なり、又之を取鍋に移し採取せる滓の含窒素量は注出時其の量少きものは増し多きものは減す、之は酸化の程度により滓の窒素含有量に略一定

の平衡を生ずるためなるべし。唯其の絶対値の大小は前記せる如く最後の炭粉よりの時間差によるためと認む。尙滓に於ては斯く大なる差ある含窒素量も地金に於ては何れも 0.005 乃至 0.012% 前後なるを附記す。

第 23 圖 炭素鋼 A (滓) 第 24 圖 炭素鋼 B (滓) 第 25 圖 ニッケルクロム鋼 C (滓)



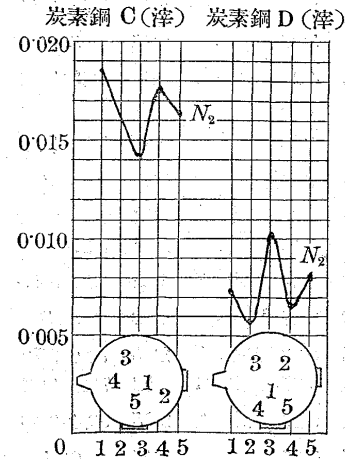
(ト) スラッグラインの位置による滓の含窒素量

攪拌容易なる部分と困難なる部分とに就て試験せる結果は次の如し。爐のスラッグラインの位置によりてカーバイド滓の含む窒素量に差ありや否や、同時に滓の成分に變化ありや否や、即ち 30 吨容量の如き大なる爐に於ても或は 6 吨容量の如き小爐に於けると同様に攪拌を充分に行ひ得る場所と否とに就て變化ありや否やを明かにせんとす。

即ち次の二熔解に就て第 26 圖の如き位置に於て同時に試料を採取せり。1. 炭素鋼 C 熔解 (C 25)、2. 炭素鋼 D 熔解 (C 45) 之等の結果は第 11 表及第 26 圖に示す如く滓に於ては差を生じ攪拌の容易なる部分よりも困難なる部分は含窒素量稍大なり。

即ち炭素鋼 C 熔解 (C 25)、D 熔解 (C 45) に於ては何れも攪拌容易なる部分、即ち前者に於ては 2, 3, 5、後者に於ては 1, 2, 4, 5 は窒素の量小にして之に比べて攪拌

第 26 圖



稍困難なる部分、前者に於て 1, 4、後者に於て 3 は窒素量稍大なり。尙兩熔解の絶対値に差あるは何れも注出前に近きも前者は後者よりも炭粉投入直後なるためなり。

尙滓の一般分析に於ては部分的の差小なれども一般に注出口に近き部分は稍不利なるを以て本結果より見

て攪拌は充分に行ふの要あり。

第 11 表

炭素鋼 C		炭素鋼 D	
試料採取場所	窒素含有量	試料採取場所	窒素含有量
D 16732 (1)	1838	D 16775 (1)	0740
" (2)	1644	" (2)	0664
" (3)	1401	" (3)	1034
" (4)	1764	" (4)	0645
" (5)	1676	" (5)	0835

(チ) 電氣爐容量が滓及地金の含窒素 酸素及水素量に及ぼす影響

イ、30 吨爐      ロ、6 吨爐

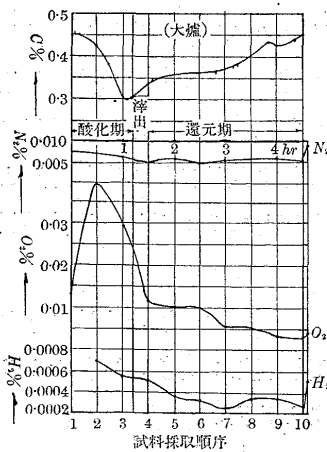
炭素鋼 C, C' 共に略同一成分なり。炭素鋼 C は 30 吨炭素鋼 C' は 6 吨爐にて製造す。之による滓の窒素量の變化は次の如く。

注出に於て	30 吨爐	0.0750%
	6 吨爐	0.1028%

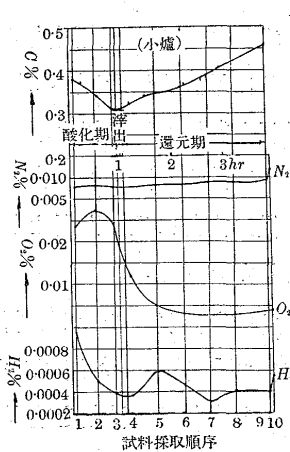
にして大差なし。之は一例なるも各十數熔解を比較せるに大體に於て 0.100% の前後にして 0.050 乃至 0.150% の中間にありて 30 吨爐と 6 吨爐とによる差は認め得ず。

次に地金の含窒素量の變化は第 12, 13 表及第 27, 28 圖に示す如く 30 吨爐と 6 吨爐とに於て殆ど差なく 0.005% 乃至 0.010% にして爐容量によりての差なし、尙酸素及水素に就ても同表及同圖に示す如く窒素と同様に爐容量による差を認めず。

第 27 圖



第 28 圖



第 12 表

試料採取順	N <sub>2</sub> % 含有量	O <sub>2</sub> % 含有量	H <sub>2</sub> % 含有量
熔落 1	0075	0134	—
2	0072	0399	00070
滓出 3	0060	0290	00055
4	0048	0120	00051
5	0060	0104	00036
6	0048	0101	00032
7	0057	0055	00024
8	0057	0053	00033
9	0060	0032	00032
注出前 10	0054	0027	00026
取鍋 11	0089	0037	00048

第 13 表

試料採取順	N <sub>2</sub> % 含有量	O <sub>2</sub> % 含有量	H <sub>2</sub> % 含有量
熔落 1	0080	0240	00097
2	0083	0280	00052
滓出 3	0077	0246	—
4	0077	0118	00036
5	0089	0050	00060
6	0077	0055	—
7	0089	0030	00029
8	0089	0028	00043
注出前 9	0089	—	00038
取鍋 10	0116	0040	00057

(リ) 總 括

之を要するに次の如し。

イ、現在迄に研究せられたる状態圖の内信すべきは E. Lehler のもの及 A. Fry のものなり。

而して飽和固溶量は兩者大差なきも常温に於ての固溶量は前者 300%、後者 0.015% なり。前者の如く 300% ならば實用上問題とならざるも假に後者の如く 0.015% とせば實際問題として地金の窒素含有量 0.005 乃至 0.010% に接近す。併し現在迄研究採取せる試料數百に就ては何れも 0.015% 以上のものなく電氣爐熔解に於て製造する鋼は悉く α 單相以内のものなるを以て特に窒素による影響殆どなしと認む。

ロ、カーバイド滓とライミ滓熔解に於て滓の含窒素量はカーバイドの方ライミに比して可なり大なり。されど兩者の地金の含窒素量は差なし。仍てカーバイド滓及ライミ滓共に地金に對しての窒素影響は同等と認む。

ハ、普通鋼材の窒素含量 0.0089 と特に窒素を加へたる 0.0186 との機械的性質及顯微鏡組織は差異を認めず、但し注型断面に於ては稍異れり。

ニ、滓の含窒素量は偶々 30% 位のものあるも大部分は 0.050 乃至 0.150% なり。併し滓に於て含窒素量高限なると低限なるとを問はず、地金の含窒素量は全部 0.005 乃至 0.010% なるを特記す。

ホ、地金の含窒素量は鍛鍊、熱鍊により變化することなし。

ヘ、酸化の程度大なるもの程滓中の含窒素量は大なる傾向あるも地金の含窒素量は殆ど差なし。

ト、爐内の位置に就て攪拌困難なる部分の滓の含窒素量は大なるも攪拌容易なる部分は含窒素量少し。

チ、爐容量の大小による滓及地金の含窒素量は酸素、水素と共に差異を認めず。

之を要するに鹽基性弧光式電氣爐製鋼材は窒素による有害なる影響全然なきを確め得たり。



## VI. 結 論

鹽基性弧光式電氣爐による高級鋼材熔解法を提示し其の冶金学的考察を行ひ次の結論を得たり。

1. 各工程中の滓及地金の一般分析により精鋼材及鑛石を用ひ且カーバイド滓による熔解法(本法)が斯界一般に

行はるる精鋼材及鑛石を用ひず且ライミイ滓による熔解法(普法)に比し冶金的に優秀(Sound)なるを證せり。

2. 熔解中に生起作用する窒素はカーバイド滓(本法)なるとライミイ滓(普法)なるとを問はず、鋼材に悪影響を及ぼさざることを證せり。

## 高周波電氣爐鋼の砂疵輕減に関する實驗

(第三回工學大會講演)

湊 勝 宣\*  
小林 佐三郎\*

### DIMINUTION OF SILICATE INCLUSIONS IN HIGH FREQUENCY ELECTRIC FURNACE STEEL.

Katunobu Minato and Sasaburo Kobayashi.

SYNOPSIS:— A number of alloy steels were melted in a 500 kg. acid-lined high frequency electric furnace. The excellent diminution of inclusions were attained by the following operation.

The Fe-Mn (0.2~0.4%) and acidic slag (1~2%) were added before melt-down of the furnace charge. The FeO-enriched slag was removed twice and replaced by glass or CaO-SiO<sub>2</sub> mixture during the refining time. Then, the electric circuit was broken for 20~30 minutes after the last deoxidizer was added and made again for few minutes before tapping.

## I 緒 言

高周波電氣爐は種々の合金鋼が容易に熔製される點で賞用されて居るが其の材質方面には尙多少の疑問を持たれて居る。Wever<sup>1)</sup>, Dörrenberg<sup>2)</sup> 及び其の共同研究者は高周波電氣爐に依り精淨なる鋼を作る爲の熔解法を報告し Campbell<sup>3)</sup> は亦脱硫脱磷の方面から研究して居る。

其後 Adams<sup>4)</sup>, Bardenheuer 及び Bottenberg<sup>5)</sup> は鋼滓として珪酸曹達又は硝子を使用することに依り鋼中の非金属夾雜物を減少させる方法を述べて居る。

一般に高周波電氣爐鋼に於ける材質的短所の一つは顯微鏡的乃至肉眼的の砂疵が他種のものに比較して必ずしも輕微では無いことである。依て此等の砂疵を輕減することを主目的とした精鍊法に關して實驗を行つた。

## II. 實 驗 方 法

容量 500 kg の高周波電氣爐に主成材料を熔解し鋼滓組成並に熔解方法を變へて出鋼に至る迄の間に鋼滓及び鋼浴試料を數回に亘り汲み取つて分析に供した。又取鍋試料は鑄型に鑄入の際ノズル直下にて採り鋼塊は總て底部外層より僅に内部に入った所より切り出してサンド量の比較試料とした。

此等各試料のサンド分析は Dickenson<sup>6)</sup> の方法に準じて行ひ<sup>7)</sup> 高クロム鋼のときは溶解液に 1% の鹽化ナトリウムを附加して溶解を容易ならしめた。

尙本文に記載した成績は數回以上施行したものの平均又は代表的のものである。

## III. 鹽基性ライニングの場合

(1) 普通熔解のサンド 爐床をマグネシヤでライニングし鋼滓を添加せず其の儘熔製して出鋼する簡単な普通熔解法に依るときは鋼浴面の大部分は大氣中に露出し熔解

\* 株式會社日本製鋼所室蘭工場

<sup>1)</sup> F. Wever and G. Hindrichs: St. u. E., 1928, S. 11.

<sup>2)</sup> O. Dörrenberg and N. Broglio: St. u. E., 1930, s. 617.

<sup>3)</sup> D. F. Campbell: Engineering, 1930, p. 409.

<sup>4)</sup> C. A. Adams, J. C. Hodge and M. H. Mackusick: Metal Progress, 1934, No. 3, p. 15.

<sup>5)</sup> P. Bardenheuer and W. Bottenberg: Archiv Eisenhüttenw. 1934, Juli, s. 1.

<sup>6)</sup> Dickenson: J. I. & S. I., 1926, I, p. 177.

<sup>7)</sup> 小林: 鐵と鋼 Vol. 18. No. 12.