

チタニウム⁽⁶⁾は酸素、窒素、硫黄、炭素との親和力が強いので、之れ等を除去し又は不活性とするために用いられる。18-8ステンレスに Ti⁽⁷⁾を加えると S フェライトを増加する。此の S フェライトは粒間腐蝕の感受性を減少するが熱間加工性を減少する。Ti を含んだ耐熱鋼は相当多く用いられ、0.2~3.0% を含んだものが多い。

ジルコニウム⁽⁸⁾は脱硫、脱窒、脱硫、結晶粒の微細化、高温加工性の向上等の目的で使用される。

コロンビウム⁽⁹⁾は Tr, Zr, Ta と同様、炭素及窒素と容易に結合して極めて安定な化合物を造る。粒間腐蝕の防止、クリープ抵抗の上昇等に極めて有効である。

タンタラムは高温度でクリープに耐えることを必要とする耐熱鋼に用いられる。

セリウムはステンレスに快削性を与える目的で添加される。

文 献

- (1) Robert H. Aborn, Metal Progress, June, 1954,
- (2) J. I. Morley, H. W. Kirkby, Journal of Iron and Steel Inst. Vol 172, Oct 1952.
- (3) J. A. Lena and M. F. Hawks, Journal of Metals, May, 1954.
- (4) Karl Bungardt, Edmund Pakulla, Kurt Tesche, Stahl und Eisen, Heft 5, 1952.
- (5) Hilty, J, of Iron and Steel Inst. June 1955.
- (6) 斎藤, 鉄と鋼, Vol. 41, No. 9.
- (7) Titanium in Iron and Steel.
- (8) Mack, Guillet, Trans. American Electro. Chem. Soc. 1923.
- (9) A. Kohn, Revue de Metallurgie. 48, 1951.

米國に於ける不銹鋼の弧光炉製鋼作業 及び製鋳作業の現況

日本金属工業KK*
川崎工場製鋼課長

中 島 康 治

先年3ヶ月間に亘り米國不銹鋼製造会社、原料会社、研究所等40有余の会社を視察し特に不銹鋼製造会社としては10数社を見る機会を得たので其の内不銹鋼の弧光炉製鋼作業及び製鋳作業について項を追つてその現況を報告する。

1. 弧光炉製鋼作業

A. 弧光炉の型式

視察致した不銹鋼熔解工場で弧光炉にて製鋼を行つている会社は第1表の通りである。

第 1 表

会 社 名	型 式	能 力	炉 数	製 品
Jessop Steel Co.	Top charge 式	Ton 12	基 3	工具鋼、不銹鋼の鋳、棒、合せ鋳
Firth Sterling Inc.	Side charge 式 Top charge 式	6 6	1 1	特種鋼棒、不銹鋼棒、棒
Enstern Stainless steel Corp.	Side charge 式 (装入機附)	20	1	不銹鋼鋳
Rotary Electric Steel Co.	Top charge 式	60	5	特種鋼、不銹鋼棒
Cruisible, Sanderson- Halcomb Works.	Top charge 式	10	4	不銹鋼棒、線
American Breake Shoe Co.	Top charge 式 Top charge 式 Side charge 式	3 0.5 0.8	1 1 1	鋳鋼、耐熱鋳物
Michigan Steel Casting Co.	Top charge 式 Side charge 式	4 1.5	1 1	鋳鋼、耐熱鋳物

* 東京都中央区銀座西6の6

生産と技術

Side charge 式の炉は Top charge 式の炉にくらべると比較的以前に設置されたもので何れも小型炉に多く手装人なる為初装入及び追加装入に時間、労力を要する等の不利がある為 (Eastern Stainless Steel Corp の 20 吨の炉は Sibe charge 式なるも平炉と同様な装入機を持つ) 原単位の良い Top charge 式の炉に切換へられつつある趨勢にある。

電流調整の方法、電極消費電 (米国では 8~9lb/Ton) 等を考慮して何れの炉にも自動電流調整装置を取附いている。

又米国では弧光炉に依る不銹鋼製造が 1930 年頃に初められたという古い歴史を待つ関係上逐次色々と改良が加えられ何れの工場の炉に於いても定格熔解量の 10~50% の過剰溶解を行つてをり特に最近では高電圧迅速熔解可能なる Lectromelt 会社製の Pop charge 式の炉が不銹鋼用の炉に大に進出している。

日本の炉に比べると同一の大きさの炉でも米国の炉の方が出鋼量が大きく又外気の滲入等に依る品質の劣化を防ぐために扉等が完全密閉水冷式になつている。

B. 耐火物

a. 天井煉瓦

Jessop Steel Co, Rotary Electric Steel Corp は珪石煉瓦を使用しその寿命 50~80 回である。

Firth Sterling Inc., Eastern Stainless Steel Corp はムライト ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) 煉瓦 (Al_2O_3 65~70%, SiO_2 25~27%, TiO_2 2.5%, 残り CaO, MgO, Na_2O , K_2O) を American Breake Shoe Co. はシリマ・ナイト ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) 煉瓦を使用している。そしてこの様なアルミナ系の高耐火性の煉瓦を使用している会社はその寿命が約 200 回である。米国ではアルミナ系のムライト煉瓦、シリマナイト煉瓦の Cost は珪石煉瓦の倍であるがその寿命が倍以上持つと云う利点があるので早晩アルミナ系に置換えられるのではないかと考えられる。

又超低炭素系不銹鋼製造の場合には大量送酸により炉内温度が $1800^\circ C$ にも達する為め当然アルミナ系煉瓦特にムライト煉瓦で使用されている。

不銹鋼用の電気炉は炉内温度が平炉に比し高い関係上スプリングの起し易いマグネシヤ天井煉瓦は全然使用していない。

b. 炉底煉瓦

Jessop Steel Co, Eastern Stainless Steel Corp はクロム煉瓦を Firth Sterling Inc., Rotary Electric Steel Co., American Breake Shoe Co. はマグネシヤ煉瓦を使用している。米国ではクロム煉瓦の方が廉価なる

由で使用している様である。

c. ライニング

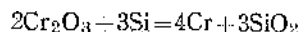
Jessop Steel Co. はクロム鉱石を Rotary Electric Steel Co. ではマグネシヤを Eastern Stainless Steel Corp, Firth Sterling Inc, American Breake Shoe Co は Harbison-Walker Refractories Co. 製のマグネシヤ系の Magnamix (MgO 80%, SiO_2 9%, CaO 6%, Al_2O_3 1~2%, Fe_2O_3 2.5%, 残り Na_2O , K_2O) を使用している。

ライニングにクロム鉱石を使用している所では高温に対して抵抗が大きいため超低炭素不銹鋼の製造及び不連続使用には良いといつているがクロム鉱石中のクロムが熔鋼に入るため又 5% クロム含有量以下の鋼を造ることが出来ないこと、スクラップからのクロム還元率が 75~85% で悪いこと及びクロム鉱石中からクロムが熔鋼に入り製品のクロム% がバラツクこと等の理由でクロム鉱石の使用は余り歓迎されていない様である。Magnamix が現在の処最も良いライニングとされその厚さも非常に薄く内張して出鋼量も増大せしめている。

C. 操業

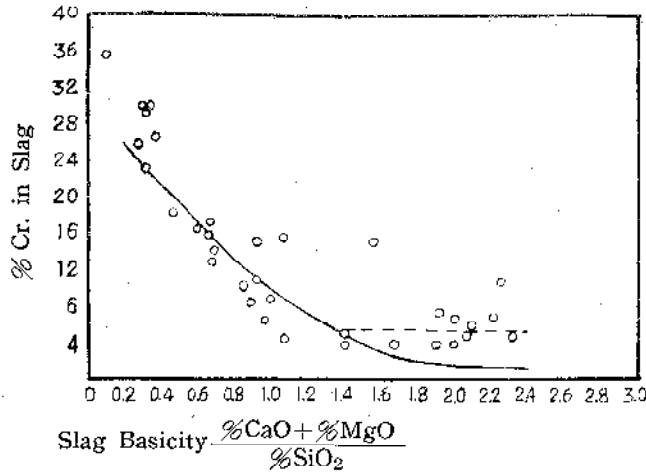
超低炭素不銹鋼製造以外の場合は何れの工場に於いてもオール・スクラップを使用している。スクラップの選別には可成りの注意を払ひ 18-8 と 18 クロムとは Magnet Crane に依つて選別し、特にクロム系の製品用のスクラップにはニッケルの混入を防止する為め 18-8 系のスクラップが入らない様に充分に注意を払つている。使用するスクラップは一般に板屑とかプレス屑の如き履歴のはつきりしたもののみを使用し、例へばグラインダ一屑の如き履歴不明瞭なる屑は使用していない。それ故スクラップの有害元素の分析等は特に施行していないようである。送酸後のクロム還元として (イ) Fe-Si 法、(ロ) Al 法 (ハ) Fe-Si と Al との混用の方法があるが米国では何れの工場でも Fe-Si による還元法を行つてをりクロム還元率は 90~95% である。即ち還元時の鋼滓の塩基度第 1 回の結果に基づき 1.6~1.8 の間に調整し還元率を出るだけ良好ならしめている。

又クロム還元率を良好ならしめるためにリロードリング (Reladling) といふ方法を行つている、即ち速やかに熔鋼と鋼滓とを同時に取鍋中に入れて両者を充分混合して



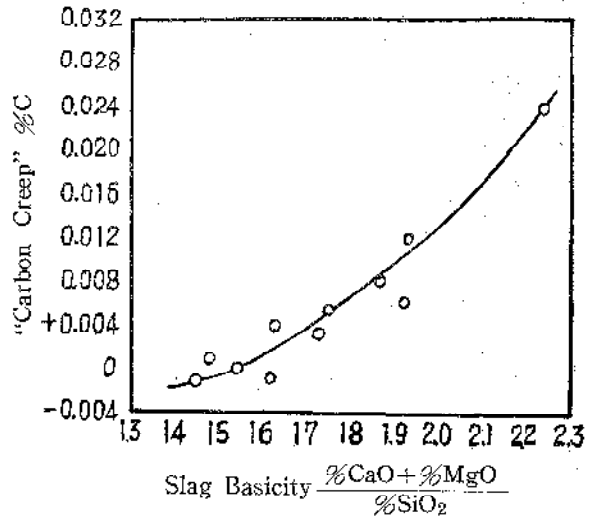
なる反応を行わしめている。

超低炭素不銹鋼を造る場合送酸後の炭素量は 0.015% 以下にする必要があり



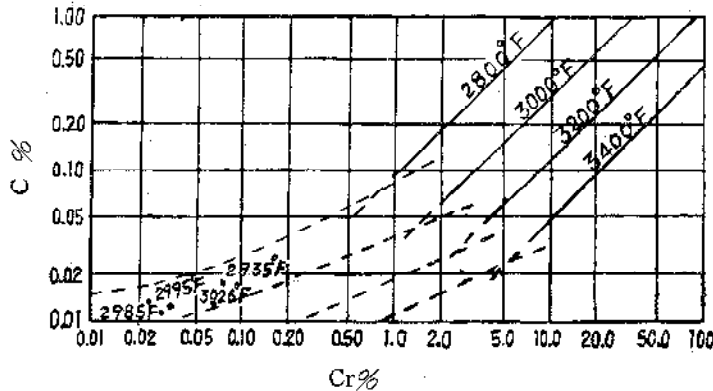
還元後の鋼滓中のCrと塩基度との関係
(Crafts 及び Rassbach 化の実測結果)

第 1 図



塩基度と熔鋼の炭素増減量との関係
(Crafts 及び Rassbach 化の実測値)

第 3 図



含クロム鋼の Cr-C-温度関係図
(Hilty, Hoaly, Crafts 化による)

第 2 図

第2図より例へば熔鋼の温度が 3400°F で炭素量が 0.015% となつたとするとその時のクロム%は 1.9% となる故最初のスクラップ量が多ければ送酸後多量の鋼滓を生じ又還元期には多量の Fe-Si を必要とする為め (還元率を向上させるために塩基度を上げると一層多量の鋼滓となる) 作業が困難になるので米国では何れの会社も熔け落後のクロム%を 6% 位になるようなスクラップ配合率にしている。

還元時、精練時に一番多量に附加する合金は Fe-Si, Fe-Cr であつて一般には Union Carbide International Co 製の Ferrochrome-Cilicon (Cr39~41%, Si42~46%, C 0.05% 以下)、Simplex Low-Carbon Ferrochrome (Cr63~67%, Si5~7%, C 0.025% 以下)、Low-Carbon Ferrochrome (Cr 67~71%, Si 0.3~1.0%, C 0.03% 以下) の如き低炭素のものを使用して製品の炭素を上らない様にしてている。精練期には第3図に示されている実測値より塩基度を 1.5 以下に抑へて熔鋼の炭素を上昇せしめない操業を行つている。

含チタンの A. I. S. I. 321 を製造する場合はチタンの少留低下を防止する為め CaO-Al₂O₃ 系鋼滓にして少留を 70% 位にして作業をしている。又含モリブデンの A. I. S. I. 316 を製造する場合には高価なるフェロモリブデンの代りに酸化モリブデン (MoO₃ 79~96%, Cu 0.5% 以下, S 0.05% 以下, P 0.05% 以下残り SiO₂) を初装入に使用している会社もある。

D. 造 魂

a. 内張煉瓦

一般には シヤモット煉瓦を使用しているが Eastern Stainless Steel Corp. では高温でスポーリングを起きにくく而も化学的に安定である高アルミナ質の煉瓦を使用している。

b. ストツパー、ノズル

注型温度の高い不銹鋼にはノズルとしては高アルミナ質をストツパーとしては熔損の少いグラファイト質のものを使用している (グラファイト質のストツパーを使用しても熔鋼の炭素は上昇しないとつている)

c. 取鋼乾燥

水分の分解により熔鋼中に水素が入りそのため誘起される欠陥を防ぐため取鋼の乾燥温度は 800°C 以上で充分な乾燥を行つている。

d. 注型方法

湯道煉瓦の乾燥不十分による吸温、その煉瓦からの砂疵及び湯道煉瓦を使用することによる歩留低下等の諸欠陥があるため下注法は何れの工場でも実施していない。

生産と技術

即ち上注法のみを採用している。

ケースの大きさは Sheet Form の板及び棒、線を製造している中小工場では 100~1000 キロ型の標準型のものを使用してをり Strip Form の板を製造する工場は 8000 キロ型のケースを使用し大鍋境を造っている。

注型速度は定盤の熔損、鋼塊の表面状況を考慮して小口径のノズルを使用して低速澆込法を実施している。

e. 押油加熱

Eastern Stainless steel Corp では電弧による押湯加熱を Pirth Sterling Inc. では天然ガスによる押加熱を実施し両社とも約10%の歩留向上を計っていますが他の会社では造塊量が多いためそれを設備する費用が莫大であるという理由で実施していない。

2. 製板作業

比較的規模の大きくない中工場では Sheet Form System を規模の大きい大工場では Strip Form System を採用してをり前者は古い設備を使用している傾向である。

A Sheet Form System

a 荒圧延

Eastern Stainless Steel Corp では二重非逆転式ロール機を使用している。即ち、

ロール寸法	30"×66"
初厚	25mm
終厚	6mm
パス回数	10回

である。

使用ロールは合金中抜ロールでその硬度はショア-75の如き可成り硬いロールを使っている。

鋼片加熱炉は天然ガス燃料の自動温度調節装置を有する Carrier Type の雙列連続式加熱炉で、炉長 12m 炉内鋼片を運搬する金具は 25~20 の材質のもので温度は 1100°C に保たれているにも拘らず殆んど損耗しないとの事である。Carrier Type なるため鋼片が炉床に触れることはなく、上下両面から均一に加熱せられる様になっている。それ故不均一加熱がなく圧延された板には部分的の肌荒の如きものは認められない。

b 仕上圧延

Eastern stainless steel Corp Cruisible, Park works の何れの工場でも荒圧延機と同一型式の圧延機を使用している。前者は 30"×66"、後者は 28"×78" の合金中抜ロールで圧延している。

加熱炉は河工場共 1 基の圧延機に奥行 4 m、幅 4 m の炉を 3 基も設置し加熱能力と圧延能力とをバランスさせている。燃料は天然ガスを使用し 18-8 系の加熱温度は

1100°C に保持している。

18-8 系不銹鋼は普通鋼に比し高温強度が大なるためロールは普通鋼よりも寧ろ細いものを使用しているが強度の大なる合金中抜ロールを使用しているのは細い強いロールで 1 回のパスでの圧下量を大にしてパス回数を少なくし仕上り板の硬化を起さぬ内に (800°C 以下では圧延しない) 圧延を終るように常に心掛けている。1 枚通しの最低厚さは roll Flattening のため河工場とも 2mm までとしそれ以下の薄い板の圧延は重ね圧延に行っている。

c 焼鈍

Eastern Stainless Steel Corp ではバッチ式の炉を使用するが均一焼鈍困難なるため Radiant Tube Type の連続式焼鈍炉に切換中である。Crisikle, Park Works では Radiant Tube Type の連続式焼鈍炉でその炉長は 20m で被焼鈍板は一定の間隔に設置されているカーボラダム製の Radiant Tube からの副射熱によつて上下から均一加熱が行はれている。この様に間接均一加熱されているため焼鈍後の板には加熱ムラがなく附着スケールも一様であり又温度差も ±10°C である。炉から搬出された板はカーバイドの析出を防止するため Eastern Stainless Steel Corp では Cunvyer Table 上で上下面から扇風機で Cruisible, Park works では water spray をかけ更に扇風機で急冷を行つている。

d 酸洗

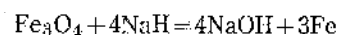
Eastern Stainless Steel Corp では可性曹達法を採用しているが Jessop Steel Co, 及び Cruisible, Park works では水化ソーダ (NaOH) 法を採用している。

イ) 加性曹達法

此の方法は加性曹達 60% 硝酸曹達 40% の 450°C に熱せられた液中に板を浸漬して次に水中に浸漬して板の表面の scale を機械的に剝離し易い状態にして次に 10% 硫酸、最後に 10% 硝酸、1% 硝酸にて完全に scale を取る方法である。18-8 不銹鋼の場合は十分に Descale されるが 18 クロム不銹鋼の場合には完全に Descale するのが困難なる場合が稀にはあるようである。

ロ) 水化曹達法

この方法は熔融加性曹達中に水素とナトリウムを作用せしめて生じた水化ソーダ (NaH) を 1.5~2.0% を含ませた液に要焼洗板を浸漬する。すると



なる反応に依つて Scale (酸化物) が還元されて Descale の作用が行はれる。

此の際に槽の温度は 375±10°C が最も有効だとされている。これよりも温度が高い場合には水化曹達の損出が多く、低い場合には加性曹達が板に附着して加性曹達の損失が大きくなる。水化曹達の濃度は 0.5% 位で効果

あるが浸漬された鉄の scale と接触するとこのような僅かな量では急速に消費されて了う。又水化苛達が 2% 以上の場合は槽の表面で空気と反応してこの損失が大きくなる。それ故上述の如く水化苛達の濃度は 1.5~2.0% に保つ様にしてゐる。

尚この酸洗工程は

水化苛達→水中浸漬→10%硫酸→
10%硝酸+1%沸酸

にて Descale を行つている。水中に浸漬せしめるのは鉄の表面で steam が発生して附着した還元金属が落ちる為に行はれる。

此の方法の特徴は酸のみを使用する酸洗法に比べるとピッチングを起す危険がなく、表面均一に Descale され、水素脆性を起すこともなく、場所及び時間が節約されて能率が非常に向上するといふ利点を持つている。

唯ナトリウム、水素の如き危険物を取扱つているが設備が完全なるために何の心配もなく作業をしている。

e) 冷間圧延機

Eastern Stainless steel Corp では 12" & 34" × 48" 及び 18" & 44" × 84" の 2 基を Crisible, Park Works では 18" & 49" × 66" を 1 基設置している。

作業ロールは合金チルドロールで硬度はシヨア-90 のものを使用し捲へロール作業ロールに底、凹み等が入らないように硬度シヨア-60 の鍛鋼ロールを使用している。作業方法は 1 枚通しを行い、1 回のパス当り圧減率を大にするため油を充分使用している。全圧下率は strip Form では前方張力、後方張力をかけない関係上 10% 以内である。ロールクラン調節はガスに依り行われ鉄の絞りを防止するためには又 Bridle Roll を作業ロールの前方に設置して鉄噛み込みと同時に上方にあがり鉄を同時に押上げて防止している。

f) スキンパスミル (Skin Pass Mill)

Cruisible, Park Works では 30" × 72" の 2 重非逆転式圧延機を使用し全圧下率 1% 以内である。

B Strip Form. System

この System としては Cruisible, Midland Works 及び Washington Steel Corp の 2 社を視察した。後者の会社は Hot Strip System の装置を持たず、他社から Strip を購入してそれから製品を造つている。

a) Hot Strip mill

Cruisible, Midland Works では Batch type の鋼片加熱炉で加熱されたスラブはスラブ運搬機で 2 重逆転式圧延機、Steckel Mill にかけるられて 180mm の厚さから 2~6mm に圧延せられ捲取機に捲つけられている。この作業は全部自動的操作である。

イ) 二重逆転式圧延機

ロール寸法	31½" × 69"
電動機	5000馬力
ロール回転数	60~120r.p.m
初 厚	180mm
終 厚	25mm
パス回数	9~12回

ロ) ステツケル・ミル (Steckel Mill)

ロール寸法	27" & 49" × 66"
電動機	5000馬力
ロール回転数	70~170r.p.m
初 厚	25mm
終 厚	2~6mm
パス回数	5~8回

これは圧延機の両端に備えつけられ加熱炉の内部に Reel があつて圧延された Strip は交互にその Reel に捲きつけられる。その時に Strip が再加熱されるようになってゐる。

b) Colci Strip Mill.

イ) 四段冷間圧延機

Cruisible, Midland Works では 4 High 3 Tandem Mill を 1 セット、4 High Reversikle Mill を 2 基設置している。

i) 4 High 3 Tandem Mill 1 セット

ロール度	16½" & 53" × 66"	3組
ストリツブ速度	245~675f/m	
"	300~785f/m	
"	340~880f/m	
電動機	各1500馬力	
全圧下率	50~60%	

ii) 4 High Reversible Mill (捲取機付) 2 基

ロール寸法	16½" & 53" × 56" 及び 12½" & 33" × 26"
ストリツブ速度	0~850f/m (両スタンド共)
パス回数	3~4回 (両スタンド共)
全圧下率	50~60% (両スタンド共)

ロ) Sendzimir Mill (捲取機付) 1 基

Washington Steel Corp で設置しているこの圧延機の諸元は次の如くである。

Work roll	1.578" × 39"	2本
Ist, inter. roll	2.812" × 39"	4本
2nd. inter roll	5.031" × 39"	6本
Backing roll	8.858" × 39"	8本
初 厚	3mm	
終 厚	0.4~0.5mm	
パス回数	10~13回	

生産と技術

この圧延機は20段式で作業ロールは 2nd. inter. roll (駆動ロールである) の摩擦に依つて廻されておりましたこの作業ロールの直径は非常に細いために roll flatning は殆んど考えられないので四段冷間圧延機よりも薄い鉄まで圧延可能であり、そして1回のパス当りの圧減率も大きいという特徴を持っている。

c Skin Pass Mill,

Cruisible, Midland works 及び washington steel Corp. 共に捲取機付の二段圧延機を設置している。

Midland Works の諸元は次の如くである。

ロール寸法	28"×56" 及び 25"×26"
パス回数	両スタンド共 1回
全圧下量	両スタンド共 2%以下

Washington Steel Corp の諸元は次の如し。

ロール寸法	16"×40"
パス回数	1回
全圧下量	2%以下

3. 結 論

i 旧設備の炉は Side Change 式の炉が多く比較的

設置年月の新しい炉は高電圧迅速溶解可能にして原単位の良好なる Topcharge 式の炉が多い。

ii 炉耐火材は耐火性の優れたものを使用して寿命の延長を計ると同時に出鋼量の増大をも計っている。

iii 熔解作業としては鋼滓の塩基度を調整してクロム還元率、熔鋼の吸炭防止等の品質向上を計っている。

iv 造塊作業においては取鋼の乾燥を充分に行い低速鑄込を実施して常に良鋼塊製造に努力している。

v 熱間圧延作業においては圧延機の能力に調和する加熱炉を持ちその作業は比較的細いが強度大なるロールを使用して1回当りの圧減率を大にして圧延終末温度は800°C以上にしてはいる。

vi 冷間圧延作業は Strip Form では50~60%の圧下率をかけているが Sheet Form では張力をかけられない関係上全圧下率は10%以下に止めている。

vii Skin Pass の圧下率は2%以下である。

viii 焼鈍は均一加熱で而も副射加熱を行い肌荒を防止している。

ix 酸法は加性曹達法よりも優れた水化曹達法に切換られつつある傾向にある。

鋼中の非金属介在物について

関東特殊製鋼KK* 標 正

1. 緒 言

鋼中に含有される主要な非金属介在物は酸化物、硫化物、窒化物である。これらの介在物は鋼の物理的、化学的諸性質に非常に大きな影響を及ぼすことは周知の通りである。特に鍛鋼製焼入ロール及軸受鋼の如き高級工具鋼においては直接性能に大きな関係があるために重要因子として考えられている。

非金属介在物を形成する基礎的元素は酸素及硫黄の二元素であり、その成因に就ては内生的による場合と外生的による場合とに大別される。

内生的とは熔鋼中に含有される酸素及硫黄が脱酸剤その他の金属元素と化合し酸化物、硫化物として凝固後鋼中に含有され生じたものを云ひ、外生的とは炉床、ノズル等耐火物と熔鋼との接触のさい化学的侵蝕、機械的破壊、熱的破壊により耐火物が熔鋼中に混入し凝固後鋼中に包含されたものを云ふ。

従つて内生的成因による非金属介在物量は鋼中に含有

される酸素及硫黄量の分析値よりほぼ決定出来る。

酸素及硫黄と熔鋼中の諸金属及脱酸剤との諸反応については既に多くの研究があり Bell^①により一括報告されているからこゝでは触れる要がないと考える。

非金属介在物の化学組成を知るためには化学分析により決定出来るが非金属介在物の結合状態は複雑であり、この結合状態は化学的な方法では求めることは出来ない。結合状態を知るためには顕微鏡試験が必要である。又顕微鏡試験によれば分布量、形状、大きき等分布状況を簡単に知ることが出来る。顕微鏡的に介在物の組成を決定する方法については種々な方法^②があり、分布量、形状、大きき等分布状況を測定する方法としては学振法、その他の方法^③がある。

本邦においては学振法が制定され広く使用されているが測定誤差が大きいため信頼性に欠ける憾みがある。測定誤差の発生原因としては個人誤差以外に研磨技術の良否が大きき影響すると云われ、これに関しては高島氏^④の研究がある。然しながら吾々の経験では試料研磨面

* 神奈川県辻堂1110