

# 自動熔削 (ホットスカーフィング)

KK田中製作所志村工場\* 中西 実

## 1. まえがき

鋼製品の素材である鋼塊の表面には、その製造過程に、不可避免的に発生する、脱炭層、微細な亀裂、不純物の介在等種々の欠陥が存在しているが、これらの欠陥はその後の圧延工程においても完全には除去されず、製品表面に残され、品質の劣化を招くことになる。

そこで、これらの欠陥は最終圧延工程にのせる前に取り除いておく必要がある。比較的最近迄、これらの作業はすべて機械的切削、すなわち、セーパー加工やニューマチックチップングに依存していた。

しかしこれらの機械切削方法は、その作業性が著しく悪く、到底全製品にわたってこれを行うことは不可能で、特に著しい欠陥を除去するのみにとどまっていた。

この作業性を改善するために用いられるようになったのがガス熔削法である。

ガス熔削法の原理は、普通のガス切断法と全く同じで、酸素アセチレン焰で鋼材表面の一部を燃焼温度まで加熱し、続いて大量の酸素を放出して、その酸化作用と機械的エネルギーによつて、欠陥を除去するのである。

その作業性、特に熔削速度は機械切削の10倍乃至数十倍に及び、少くとも普通炭素鋼に関する限り、鋼塊表面欠陥除去の問題は解消されたといつても過言ではない。

## 2. 自動熔削法

ガス熔削法には二つの方法がある。すなわち鋼塊が冷却された状態において行うものを冷間熔削法と呼び、主として手動で行われるため手動熔削法とも呼ばれている。

これに反して、鋼材の温度が一般圧延温度 (1,700~2,100 F)において行うものを熱間熔削と呼び、主としてビレット、ブルーム等の平製品を圧延工程中に自動的、機械的に行うため、自動熔削法と呼ばれるのである。

自動熔削法は手動熔削法に較べてすべての点で優れている。これらの主なものを列記すると下記の通りである。

1. 熔削速度が手動熔削の約2倍である。
2. 酸素アセチレンの消費量が半分でよい。
3. 再加熱の必要がない。すなわち熔削の後再び圧延

温度迄加熱する必要がない。

4. 操作がすべて機械的であるため、一度に熔削する面の広さに制限がない。このため人件費は勿論操作上すべての無駄が省かれる。

5. 熔削の質についての管理が容易である。

自動熔削装置はこれまで、世界で米国のリンデ社だけが LIN-DE-SURFACER として製作していたが、昭和31年、わが国でも現下の情勢に対処して、自動熔削装置を製作する必要がおこり、これに参画する機会を与えられてこれを完成した。この経験をもとにして、自動熔削を計画する際に考慮しなくてはならない事項について、その概要を述べよう。

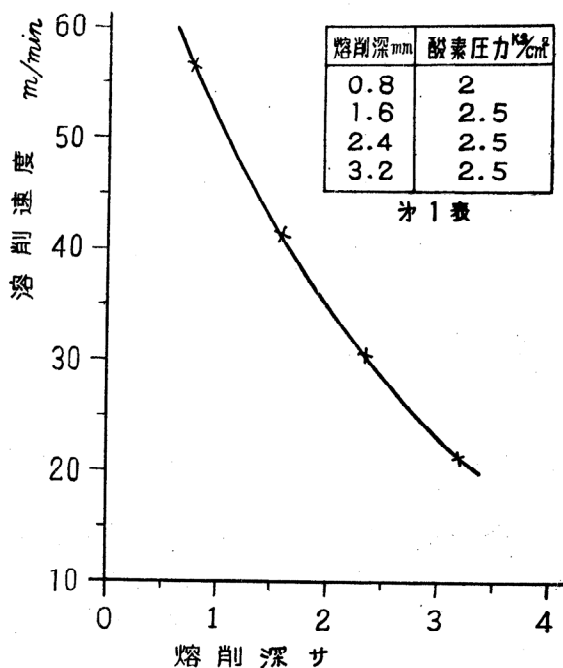
## 3. 自動熔削の基本的諸元

### a. 熔削深さと速度の関係

鋼材の分止りを考える上で、熔削の深さは非常に重要な問題であり、また熔削速度は圧延サイクルとの相対的關係上、自動熔削の成否に関する重要因子である。

實際上要求される熔削深さはその材料により異なるが、一般に1~3.2mm程度であり、圧延サイクルは2.5~4minである。

熔削の深さを変えるためには二つの方法が考えられ、



第1図 第1表

\* 東京都大東区竹町128番地

一つは酸素圧力をかえることであり、一つは熔削速度をかえることであるが、経験的な見地から云つて、熔削速度をかえて、深さをコントロールする方が容易であり、確実である。しかし実際的にはこれら二つを組合せて、適正作業条件を定めている。第1表及び第1図はこれらの関係を示す。すなわち第1表に示す値にノズル入口の酸素圧力を調整し、第1図に示す速度を撰べば所要の熔削深さを得ることができる。

また第1図からわかるように、熔削深さ3.2mmにとつても、その速度は20m/minであり、普通の圧延サイクルに完全にマッチすることができる。

b. メタルファクター

熔削酸素の経済性について論ずる場合、または自動熔削を計画する場合に所用酸素量を算定するときにメタルファクターが問題になる。メタルファクターとは、単位重量の鋼を熔削代として除去するのに必要な酸素の量で、一般には cc/g で表わしている。第2表は自動、手動熔削のメタルファクターの値である。メタルファクターが自動と手動とで約50パーセントも異なる理由の一つと考えられるもので興味のあるものにスラグの酸化度の問題がある。

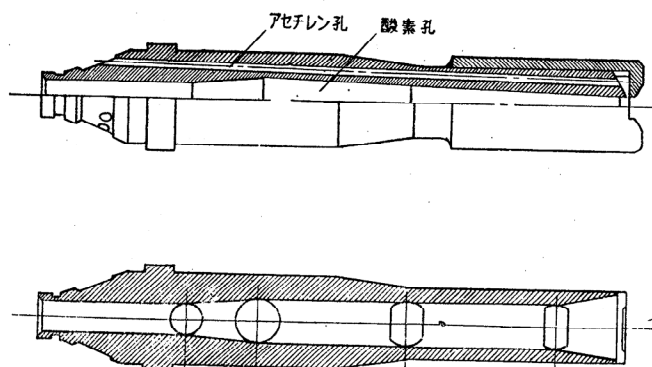
第2表

	メタルファクター
手動	124~217
自動	62~81

すなわち手動熔削によつて除去されるスラグは大半が酸化鉄としてであり、自動の場合は大半が酸化されない状態で除去されている。WELDING HANDBOOK によれば、88パーセントも酸化されないでいると記されている。この事実はまた、高合金鋼のガス熔削に対する一つのサジェスションを与えている。

c. 熔削巾とノズル形状

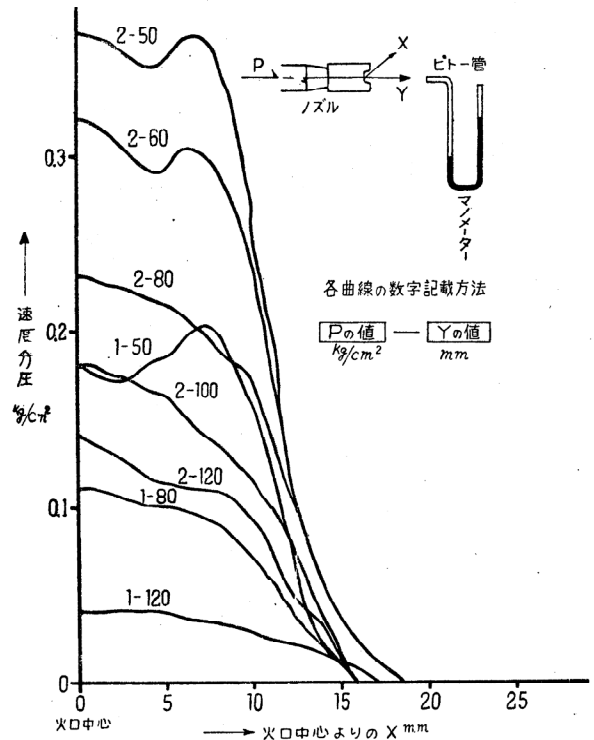
熔削用の酸素はいずれの場合も、ノズルから噴出する急速気流として与えられるから、熔削巾は気流の形状及



第2図

び速度に左右される。

また熔削の性質上、熔削の巾は出来るだけ広くとれることが望ましい。このため、ノズルの形状は扁平末拡がりノズルが用いられる。第2図に示すものはリンデ社型ノズルであり、その速度分圧を示したのが第3図である。



第3図

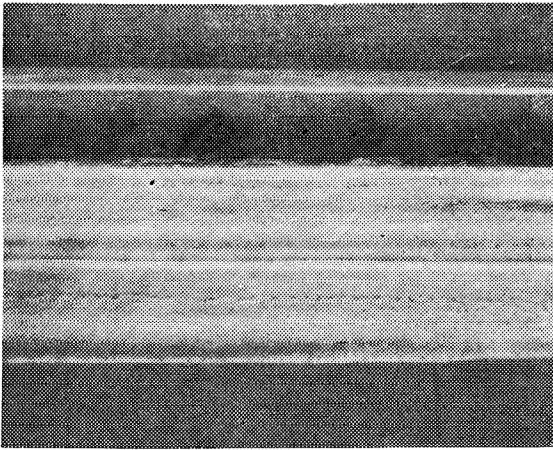
またノズル出口巾と熔削巾の関係はノズル出口巾の約2倍である。勿論このようなノズルを用いても、2本以上並べて使用する場合は、第4図に示すようにその境界部に不連続線を発生する。このため熔削酸素を全く境界のない溝状のノズルから噴出することが研究されており、リンデ社では一部実用化されているようである。

d. 鋼材表面に対するノズル高さ及び角度

ノズルの高さ及び角度も、熔削の質を左右する重要な因子であると考えられる。筆者らが国産1号機を計画した際には、余り時間的余裕がなかつたため、詳しい実験的調査を行わず、リンデ社の採用している寸法を踏襲した。その値は、角度25°、高さ25mmであつたが、その後2、3の機会に実験的検討をした結果、第5図に示すような範囲で良好な熔削面が得られることがわかつた。

e. 熔削開始及び終了個所における問題

自動熔削を行う鋼材は前述の如く 1800° F 以上の高温であり、当然酸素による燃焼開始点以上であるが、熔削始めに直接酸素が当る表面の薄い層はもつと温度が下つており、また酸化皮膜をかぶつているため、いわゆるランニングスタートは不可能である。このため一度鋼材の



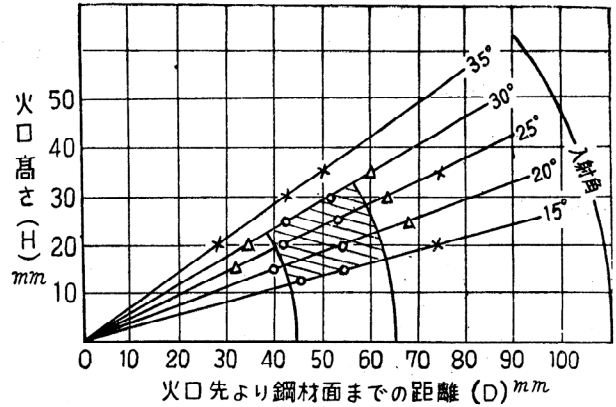
ノズル中心  
境  
男  
線  
ノズル中心

第 4 図

運動をとめ、酸素アセチレン焰で加熱する必要がある。  
この予熱から熔削に移る際、ローラーテーブルの速度が所定の熔削速度に回復する迄の間、熔削面は食い込み現象をおこす。また熔削中ノズルと材料表面との距離をたえず一定に保つためには、ノズルが常に材料に接触スライドしていなければならない。このため、熔削開始点においては、このスライド部が完全に接触する迄、材料をくわえこまなくてはならず、熔削不能の個所が必ず出て来る。経験的にこれら両者の和は150~250mm程度である。

また熔削終了点においても、完全に材料末端まで熔削を行うことは、その装置の構造上望み得ない場合が多い。

製品の分止りを考える場合この問題は非常に重要で、熔削装置設置場所の撰定時には特に留意しなければならない。すなわち現行の圧延工程では、分塊ロールで圧延された鋼材は、成型ロールにかける前に必ずその両端を切断しているが、熔削作業は可能な限り、この切断の前で行われるべきである。このことが行われ得ない場合、自動熔削そのものが行われ得ないこともおこつて来るもの



○ は良質スカフイング点  
× は不良質スカフイング点  
斜線部分は良質スカフイング域

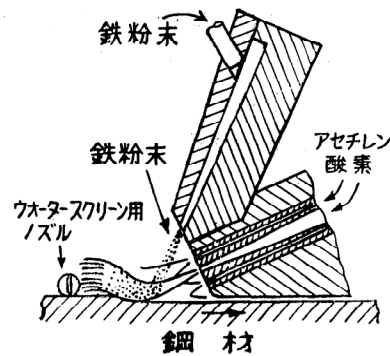
第 5 図

と考えられる。

#### 4. 高合金鋼の自動熔削

CrNi 鋼その他の高合金鋼についても、ガス熔削法の適用が論ぜられ、冷間手動熔削法については相当研究も行われているようであるが、まだ実用の域には達していない。筆者等は又冷間材の半自動熔削についても実験を行い、実験としての成功はおさめることができたが、その速度、スラグの回収再利用の不可能性、熔削割れの発生等種々の困難に逢着している。

高合金鋼のガス熔削は、その切断法と同様、鉄粉末を酸素気流中に添加するいわゆる粉末熔削法が採用される。



第 6 図

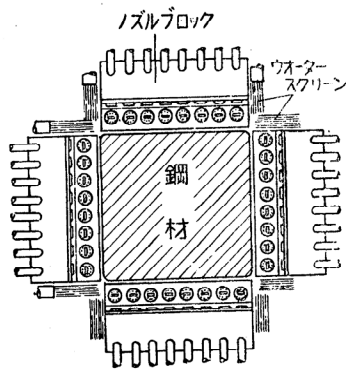
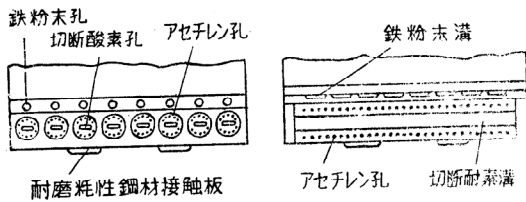
高合金鋼の場合は先にのべた酸化度の問題及び熱影響等の関係から、むしろ熱間自動熔削の方が可能性が多いのではないかと考えられる。

最近の情報によれば、リンデ社ではこの装置を完成し実用に供しているとのことである。第7図は同社より、特許を申請している粉末熔削用ノズルブロックである。

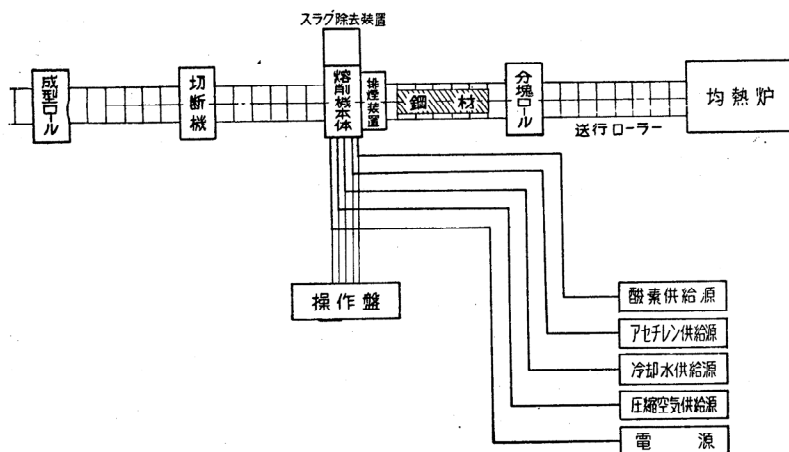
以上自動熔削についての基本的な諸元び高合金鋼に関する筆者の見解を述べたが、次にこの装置の具体的な問

## 5. 自動熔削装置の代表的設置 方法と装置概要

自動熔削装置及び附属装置の代表的な配置関係を示すと第8図の通りである。すなわち均熱炉により加熱された鋼塊は分塊ロールによつて、略一定の寸法に圧延成形され、送行ロールによつて熔削機に送られ、熔削速度に変速されて熔削され、切断機によつて未熔削部を切断されて、成型ロールに送られる。



第7図



第8図

### a. 熔削機本体

熔削機本体はその作業の性質上堅牢であることが第一条件である。すなわち他の製鋼機械に較べて非常に多くの可動部分を持つてり、またアセチレンガスが機体内にもち込まれるような特殊性を持つているからである。

耐熱、耐塵性についても考慮がはられるべきであり、直接熱輻射をうける個所は完全に水冷式とし、その他の

部分も防熱板等により熱影響をうけないようにしなければならない。また熔削によるスラグの量は非常に多く、且つ飛散しやすいものであるから、各可動部、特にスライド部の除塵装置をおこたつてはならない。

### b. スラグ処理装置

多量のスラグが酸素気流によつて加速されているため、何等かの除去装置を設けない限り、四方へ飛散して処理が困難である。また前にも述べた通り、スラグの大半が酸化されない熔粒状であるから、熔削個所の次のロールに熔着して汚損するおそれがある。

これを防止するため、ノズルの前方約300mmの所に熔削方向と直角な方向に、相当厚いウオータースクリーンを作り、熔粒が次のローラーに熔着するのを防ぐと同時に、一定の方向に集中するようにしている。このウオータースクリーンは9~10気圧に加圧した水を扁平ノズルから噴出させることによつて形成している。これに要する水量は被熔削材の大きさによつても異なるが、一般に80~100m<sup>3</sup>/h程度である。またこれの開閉に使用する弁は、ウオーターハンマリングを防止できるような構造のものを用いねばならない。この外この高圧水で吹き飛ばされたスラグを更に回収容易な個所に流し落とすための装置も必要である。

### c. 排煙装置

スラグと同様、熔削中に発生する煙も相当なものである。この処理方法としては、熔削機のすぐ前方に、スモークフードと称するカバーをかけ、この中に集つた煙を

吸引ファンによつて屋外へ排出するようにしている。この排煙装置は又、作業前にアセチレンガスの噴出調整をする場合にも欠くことができない。すなわち一般にロールサイクルが非常に小さいので、熔削作業中にガスの調整を行おうとしたとき、調整のために噴出したガスが未だ放散する前に、次の鋼材がおくられて来て、爆発事故をおこすことが考えられるからである。実際筆者らの経験でも、ガスの調整中、排煙ファンを動かすのを忘れていたため、軽度の爆発をおこしたことがあつた。

### d. 操作盤

操作盤はこの装置の頭脳とも云うべき所で、熔削に関するすべての操作が行われ得ることは勿論、熔削中におこつているすべての現象が一目でわかるように構成されていなければならない。

### e. 酸素供給装置

自動熔削に用いる普通のノズルは、1本のノズルで約

## 生産と技術

30mm 巾の熔削ができるが、このノズル1本当りの酸素所要量は  $50\sim 80\text{m}^3/\text{h}$  である。

今150mm角のピレットを4回熔削するとして、全酸素所要量は最大

$$80 \times 5 \times 4 = 1600\text{m}^3/\text{h}$$

である。勿論稼働率を考えると、実使用量は  $400\text{m}^3/\text{h}$  程度であるが、酸素ポンプ1本の充填量が  $6\sim 7\text{m}^3$  であることから考えて、到底ボンベマニフォールドは使用できず、酸素発生装置を設置しなければならないことが考えられる。また発生器の効率をよくするために、配管の途中に、発生量と1回使用量及び熔削サイクルを考慮したレザーバを設置する必要がある。

配管径、減圧弁その他酸素用の機器は実使用量には拘らず、瞬間最大量を考慮に入れて設計しなければならない。

### f. アセチレン供給装置

アセチレンの消費量は酸素消費量の  $\frac{1}{20}\sim\frac{1}{30}$  程度であり、ボンベマニフォールドでも充分間に合うものと考えられる。しかし、その配管径は最低  $2\sim 3"$  程度のものを使用しなければならないから、万一の事故発生を考慮して、必要以上の容量にならぬように留意し、安全装置をほどこさねばならない。この場合水式安全器、破裂板のようなものを用いるならば、その排気ガスは必ず屋外へ放出されるようなベントパイプを設けねばならない。

## 6. 作業の安全に対する考慮

以上種々のべたように、自動熔削装置は、酸素アセチレン焰を使用する機械としては、他の如何なるものよりも桁外れに大型であり、その使用条件は最悪といつても過言ではない。このため作事操作上の安全には特に注意がはられなくてはならない。この一例とし筆者らが製作したとき考慮した事項について列記して見よう。

1. 各ノズルブロックが完全退避の位置にない限り、材料が機体内に挿入できないよう、各ノズルブロックのスライダーにリミットスイッチを設けて、ローラーテーブルとの間に電氣的結合を持たせた。なお操作盤には各ノズルブロックが完全に退避しているかどうかを表示するランプをとりつけた。これはノズルブロックの一つでも完全に退避していない状態で材料が送られた場合、衝突破損するからである。

2. この装置は移動式で、機体がローラーテーブル系から出入するように設計されたものであつたから、機体が完全にローラーテーブルに系列から退避するか、系列内に入るかしない限り、如何なる方法によつても、ローラーテーブルを動かさないようにした。操作盤の表示は1と同様である。

3. ノズルブロック及び直接熱輻射をうける部分の冷却には  $3\sim 4$  気圧に加圧された水を強制的に循環させて使用したが、もしこの冷却水が循環しない場合は操作ハンドルを動かしても、各動作が行われなかった。また熔削中に水が止つた時には、自動的にガスの放出が止まり、ノズルブロックは退避するようにし、操作盤、の警報ベルがなるようにした。

4. 酸素、アセチレン、水、空気等各流体が所定の圧力範囲にない時には、操作盤上の各圧力計上部にとりつけた赤ランプがつくようにした。

以上いずれの場合も、何か不催の点があれば操作盤上に赤ランプがつくようになっており、若し一つでも赤ランプを発見した場合には直ちに操作ハンドルをはなせばすべての作動を中止して、熔削開始状態に戻るようになっていた。

### 5. ポストミクス型ノズルの採用。

熔削作業中絶えずノズルブロックは鋼材表面に接触しており、多量のスラグを発生するので、 $2\sim 3$  回の連続熔削でノズルにスラグが一杯つまる場合が多い。このため、普通の熔接、切断で用いるようなプレミクス型又はチップミカス型のノズルでは逆流、逆火による爆発事故をおこすことが充分考えられる。

これを防止するために自動熔削では第2図に示したように、酸素、アセチレンガスがノズル出口まで別々に出てき、ノズルを出てから混合燃焼するようなポストミクス型ノズルを採用している。すなわちこのタイプのノズルでは、酸素は予熱、切断用の分離した通路を有せず、ノズルを出た切断酸素の外周部分とアセチレンが混合して焰を形成するのである。このため焰は普通の酸素アセチレン焰のような確然とした輪郭をえがかず、加熱効率も悪いものと考えられるが、鋼材温度が高いため余り問題にならない。

## 7. むすび

以上自動熔削について、その概要を述べたが、その必要性、有用性は論ずるまでもないことでありながら、わが国製鋼工程の現状（例えば圧延工程中に自動熔削装置を挿入する余地がない）リンデ社が特許権を専用している等の問題から、現在稼働中のものは八幡製鉄所に2基あるにすぎず、全く今後の問題であるといえよう。また富士製鋼では着火に酸素アセチレン焰を用いず、電孤着火による全く新しいアイデアの自動熔削法が計画されているようであり、わが国の情勢にマッチしたよりよい方法が研究されるべきである。

最後に残学非才の筆者に投稿の機会を与えられた、恩師岡田教授、本誌編集委員各位に深甚の謝意を表す。