

に経験のある人達で一つの部門を作る必要がある。この観測部の仕事は最後の製品如何に注意を拂ふ事で、冷靜な第三者の立場から各作業の状態及び製品を判断する事である。而して最も観測を有効にするには、観測した結果を關係各工場へ通知する事である。更にこの部の他の重要な仕事は、長期に亘り系統的に記録を取り各工場が現在如何なる状況にあるかを知り、これによつて作業を調整し生産方法の改善を行ふ事である。

上述の観測部の仕事に比べて仕事の範囲が制限され又特殊化した検査部、築爐部等がある。前者は製品の検査、後者は爐の構造、煉瓦の選擇等更に作業の方法や装置等各種の事項を類別整理する。例へば製鋼工場では(1) 熔解及び精錬作業。(2) 造塊作業。(3) 鑄込に於ける脱酸剤の使用。(4) 煉瓦等の如く分けらる。

**熔解及び精錬** 製鋼作業は種々錯雜してゐるが大別すれば次の如くである。爐熱の調整、爐床の補修。装入及び殘滓の生成。補給及び試料の採取。

**爐熱の調整** 現在平爐には多くの計測器があるが自動的に温度の調節は出来ない。優秀な操爐工は装入の間でも常に爐内に注意し瞬時も送氣弁の調節を怠らない。斯様な工具は爐床の補修作業の開始に際し爐を冷却させ補修剤の焼付不十分に苦しむ事はない。従つて時間の節約が出来、作業は順調に行はれる。

**装入及び鋼滓の生成** 熔解と鋼滓の生成如何は原料の装入方法に因る所が大きい。當工場では屑鐵を下にその上に 1/3~1/2 の石灰を装入し更に上部に銑鐵を積む。

鋼滓の生成は熔解作業に於て最も大切で熔落時にかなり多量の石灰を投入する。この石灰は湯の反應を充分抑へる量が必要である。そして第一回の鋼滓試料を採取する。尚湯が沸騰する迄爐内の攪拌を行つてはならない。石灰がすっかり熔けきつた頃螢石を添加し次の段階に移り得るわけである。即ち以後の装入は思ひ切つてドシドシ行つて差支へなく鋼滓はクリーム状となり  $P, S$  は除去される。試料の採取は熔落に第一回を行ふが鋼滓中の鐵の含有量に對し誤つた判定を下す場合が多い。2~3%  $Fe$  の場合 鑛石やスケールを投入し勝ちであるが、これは石灰が充分働いてないか、又は不足な爲である。鑛石の投入は脱炭には效くが  $S, P$  を低下させるには却て妨害となる。精錬の初期に鋼滓の状況をよく判定し  $S, P$  の除去に成功した後徐々に脱炭を行ふがよい。

**鑄造** 出鋼と鑄込とは密接な關係があり且つ困難な作業である。観測部の仕事は先づこゝから始められる。歴延製品の疵の調査には鑄型の中の鑄鋼の状態を知る事によりその後の製造過程の状況をも推察なし得られる。又造塊作業の観測を詳細に迅速に報告しそれと製鋼状況との關係により歩留の向上、不良の低下を計る事が出来る。使用するノZZル、ストッパー、注入管、定盤等の各煉瓦は充分あらゆる點を調査し熔鋼や鋼滓に對し化學的に犯されない信頼出来るものが必要である。

**脱酸剤の使用** 一般に出鋼種、ノZZル、注入管、定盤煉瓦等はどうに注意しても鑄鋼中に鋼滓があり鑄込中鋼塊の表面に大きなものが見出される。従て湯の状態がよくない時は巻き込まれる。鑄込中出來やすい湯張りは脱酸剤を過剰に使用した時出來やすい。脱酸剤を適當に使用すれば湯張りも防ぎ得る。

**結び** 製鋼作業に因る疵を 1% 以下に保つ事は困難ではあるが又興味ある仕事でもある。造塊作業では特にあらゆる點で清淨と云ふ事が大切である。鋼塊の表面疵に關して原因の充分明かでないものもあるが酸素分析が迅速に出來れば何か光明が與へられるだらう。

(M. I.)

### 工具鋼の脱炭、歪なし光輝焼入

(I. J. R. Gier & Howard Scott: T.A.S.M. 1940. p. 671~686)  
焼入中工具鋼が酸化、脱炭、歪、割れ等に依つて損傷を受ける事は一般に認められて居る事であるが、空氣焼入型の鋼に限り其の回避は可能である。ここに歪とあるはマルテンサイト生成に依る比容の正常の増加を越した不規則な、或は豫期せざる寸法外形の變化である。歪も割れも共に保護雰囲気中で冷却する事に依り避けられるが、それにも拘らず冷却速度は充分の焼入が表面下少くも 2in の深さに、粒子の粗大化なく得られる程大である。酸化は市販の保護ガス雰囲気中で加熱する事に依り避けられる事があるが、それでも重大な脱炭は起り得る。殊に廣く使用されてゐる空氣焼入型工具鋼の焼入温度は 925°C 或はそれ以上である爲、合金成分の直接の影響よりは寧ろ炭化物溶解に必要な高温の爲に脱炭は非常に急速である。歪のみならず此の損傷を許す事は焼入後研磨により取除かねばならぬ餘肉を残す結果となり、繊細な内形を仕上げるに必要な手数のみならず、仕上研磨の爲にダイスや工具の價格は激増する。

さて保護雰囲気中の目的は赤熱鋼とその雰囲気との間にスケール生成や炭素含有量の望ましからぬ變化を起すが如き化學反應を防ぐにあるが、表面損失なしに工具鋼の熱處理に適した保護雰囲気には三つの基本型がある。即ち

1.  $CO_2$  と 20~40%  $CO$  を含む混合物。
2. 凡ゆる鋼に活潑に還元作用を呈し脱炭速度の非常に遅い化學的に純粋な水素。
3. 酸化、脱炭に關する限り、全然不活性である化學的に純粋な  $N_2$ 。

上の群から工具焼入向の雰囲気を選定するに當つて先づ第一に考慮すべき事は、

- (1) ガスは表面炭素の増減なき様、凡ゆる鋼を保護出來、鋼の種類に依つて成分の調節を要しない事。
- (2) ガスは酸化力なく、強還元性である事。
- (3) ガスは準備が簡單で精巧な過程を要しない事。

木炭のガス發生爐から得られる高  $CO$  を含む活性ガスは (1) (2) の條件を満足せず、 $N_2$  は (3) の條件を充たさず、結局最好適な型として純粋な水素が残るが、幸にも之と同等な物が工業用アンモニアを適當に處理する事により案外廉價に得られる。アンモニアは周知の如く  $N_2, H_2$  の容積比を持つて居て炭素とは作用しないので、1.5%  $C$  の炭素鋼を 1,010°C に 1 時間保温しても軟層は生じない。その成分は如何なる調節も必要とせず且その強還元性のために不銹鋼は發る事なく焼入出来る。

アンモニアガスは實際上脱炭作用はないが内層より表面への擴散による炭素の徐々の損失はある。これは非常な薄片を處理する時に問題となるが、この時は少量の炭化水素ガスを添加する事により完全に非脱炭性となり、或は事實上炭化性ともせられる。

斯の如く還元能力を減ずる事なく、廣範圍に亘つて瓦斯の炭素壓を調節する事が出来るが、これは炭素壓や酸素壓の獨立でない高  $CO$  型の雰囲気では到底不可能な所である。

アンモニアガスは工具焼入用保護雰囲気として有効に使用する爲には充分に乾燥してゐることを要する。品物の表面で容積 0.03% の水分含有量 (露點 35°C) では一般に満足であるが、乾燥して居れば居るだけよい。

脱炭速度は水分の含有量の増加と共に急速に増加する。従つて爐

に乾燥ガスを入れただけでは充分でない。品物と接觸して居る間乾燥して居ることを要する。即ち空氣、爐壁煉瓦、或は他の源からの酸素とか酸素を生ずる化合物により汚染されてはならぬ。此の嚴密な。而も根本的な條件は普通の露出煉瓦構造を持つ電気箱型工具焼入爐では充されないので金屬製マッフルを採用した。そして品物を出入する時、加熱室に空氣が入らない様に瓦斯錠即ち適當な扉を持つ淨化室を設けた。つまり品物を此所に置いて中の空氣を純粹ガスで追出して後其所と加熱室との間の内部扉を開き、空氣を入れる事なく品物を入れるのである。

爐は爐體の兩端を越えて伸びた外部加熱金屬マッフルから成立つ。一方が入口の室他が水套冷却室である。爐は波形の金屬抵抗帯で加熱され、夫々獨立に調整される二つの加熱部分があり、入口の室に近い部分が豫熱、他方が高熱帯である。最高安全作業温度はニッケル—合金抵抗帯で約 1,095°C と限られてゐるが、Mo—抵抗帯或はグローバー型の加熱體を用ふればマッフル材料の耐える温度まで上昇せしめ得る。マッフルの加熱部分には熔接ニッケル板が用ひられてゐる。マッフルは内側の大きさが 5in×10in で全長 11ft、加熱帯はアーチ型になつてゐる品物の厚さは約 3in が適當である。保護ガスは加熱帯に装入され、マッフルの兩端にある調節孔から焰となつて放出される。品物は軽い皿の上に置かれて爐内に運ばれる。その内側の大きさは 9in×15in で底には 4メッシュの重いニッケル線のスクリーンが乗せられて、硬化するに要する熱を品物から品物へと移す。皿の兩端には 4枚の放射板があつてマッフルの兩端からの熱損を減少させる事により、皿の全長に互り均一な温度を保持させ、アーチの保護効果と相俟つて良結果を得てゐる。

上述の爐は最初は雑多な工具のみならず引拔ダイス及び成形ダイスの焼入の爲に造られた物である。實際上此等のダイスや工具は次の型の工具鋼から選擇する事により凡ての要求が充されるし、此等は凡て、大きな斷面積の物でさへガス冷却によつて硬化する。

番號	C	Cr	Mo	W	V
1	0.7	4	—	1.8	1
2	0.8	4	8	1.5	1
3	1.5	11	1	—	0.2
4	1.0	5	1	—	0.2

本法の代表的な應用を上表番號 3 の一般空氣焼入型高 Cr 工具鋼から出來たダイス片の焼入に就いて説明すると、先づダイスは焼入後少しの磨き代も持たない仕上の大きさに削られ、皿に乗せて淨化室に 15~20mm 置かれる。それから 705~760°C に加熱された豫熱帯に引入られ次に 1,000~1,020°C に在る高熱帯に入れられ 1 時間或は必要とあらばそれ以上保たれる。次に冷却帯に引入られ 90~150°C に冷却する迄保持され、斯くて曇りなく取出される。然し室温までの冷却中、變態は尙進行して居る爲に品物と冷い液體若しくは金屬表面との接觸は避ける位の注意は拂はねばならぬ。この様にして焼入したダイスは美しい明るい表面を有して居り、全面に互つて 745~770 D.P.H. (63~64 R.C.) の一様な硬度で 100°C に 1 時間焼戻すと 770~795 D.P.H. (64~65 R.C.) に増加する。

充分硬化した状態では鋼は硬化前よりも少し大きな容積を持つて居て、それは焼戻と共に減少し遂には最初の容積に近づく。この容積の變化は各鋼に特異な物で一定の量であるので、その大きさの効果は豫知せられ焼入後の最後の大きさが正しい様に、焼入前工具を削る時に補正して置けばよい。

1~2%の天然ガス或は他の炭化水素ガスを爐雰囲気添加到する事

に依り、その作用は極めて緩慢であるが炭化性となり、かゝる雰囲気では高速度鋼は滲炭層硬化處理と同等な物が得られる。例へば 18-4-1 高速度鋼で 1.4% の  $CH_4$  ガスを含むアンモニアガス中で 2 時間加熱、それよりガス中で自然冷却すると表面硬度は 880 D.P.H. (67.5 R.C.) で中心部は 645 D.P.H. (58 R.C.) であつた。

高速度鋼の普通の焼入温度で保護ガスとしてアンモニアガスを使用し得る可能性を決定する實驗を試みた。番號 1, 2 の成分の 18-4-1 及び Mo-W 高速度鋼の試片を露點 31°C の純アンモニアガス中で 1,205°C に 20mm 間加熱しガス冷却した所が硬度は表面及内部共 740~795 D.P.H. (64~65 R.C.) で軟かい脱炭層は少しも認められなかつた。他の 18-4-1 鋼の試片を故意に前より高い 20°C の露點を持つアンモニア瓦斯中で 20 mm, 1,230°C に加熱、冷却を行ひ 540°C に 1h 焼戻した所が硬度測定により脱炭層が確められ表面 720 D.P.H. 中心部 800 D.P.H. (10-kg 荷重) であつた。此の試片の脱炭層はガスの故意に高い水分含有量に起因し、ガス雰囲気徹底的に乾燥して置く事の必要を實證するものである。

ここに述べた以外の他の合金鋼でも小斷面の外合は同じ様に硬化出来る。要するに本法の利點とする所は焼入後、高價な仕上作業は表面の損傷とか歪がない爲に避けられる事、大きな内部歪がない爲に焼割れの危険がなく、焼戻の必要が少くなる事、更に充分の信頼性が掛けられ、各作業毎にうまく硬化されるといふ確信の持てる事である。

(野村)

#### 分析値と結晶粒度より鋼の硬化能の測定

(R. S. Archer, Metal Progress, Mar. 1939, p. 257)

分析値と結晶粒度 1937 年に Burns 等は硬化能は Cu, Ni, Cr 等の許容殘留量のある限られた等級の炭素鋼の分析値及結晶粒度から嚴密に測定出来ることを公表し、1938 年に Riegel 等は此の關係に就て試験結果が三つの異つた歴延機よりの鋼にも利用出來、よく一致することを示したもので、C, Mn, 及び殘量 Ni, Cr, Cu の亞共折 SAE を炭素鋼に對する影響が定量的に述べられ、種々の曲線低炭、中炭、高炭素範囲内の粗粒及細粒鋼に與へられて居る分析値及結晶粒度から硬化能を豫示することの可能性に關しての異つた意見が多くの研究者及冶金技術者に依つて唱へられたが、それは焼入の反應性が普通の分析或はオーステナイト結晶粒度に依つて説明され得ない多くの熔解に出會つたからである。しかし此の説明不可能なる多くの結果は合金鋼、滲炭層(過共析鋼)或は幾分異常作業で作られた鋼に關して多くあつた様である。Si の影響は粒子を増大することで、Luerssen, Morris 及 McQuaid, Burns 及 Riegel 等は之を指摘し、Grossmann 等は 0.16% Si から 0.33% Si への増加は 0.61% C, 0.85% Mn の粗粒鋼を更に粗粒ならしめると云ふ。P の影響は餘り知られないが Grossmann 等に依ると 0.02% P が 50.097% P に増加すると 0.62% C, 0.98% Mn の粗粒鋼を一層粗ならしめると云ふ。Al の正確な影響に就ては未知の様で、Al が鋼中に如何なる形で入るかが問題で、硬化能と他の性質との最も良好なる關聯性を與へるのは W. Crafts の云ふ 10%  $H_2SO_4$  に可溶性の Al である様である。Al は最高度の結晶微細化を生ずるに充分なる量までは硬化能を減少するも充分に多量なれば硬化能を増加すると云ふことに多くの研究者の一致點がある。しかし最小限の結晶微細化量以上とだけだけの Al の過剰がこの傾向を變換するに要するかは明でない。又 Crafts に依つて抗張力の減少が最高度の結晶微細化を起すよりも大なる Al 量に於て起ることが發見された。

**合金鋼の硬化能** 著者は G. T. Williams 及 Jominy の發表をあげて居るが、興味あることは大なる冷却速度に於ては SAE 5145 鋼よりも 3145 鋼の方が R. C. の値が小であるが小さな冷却速度では此のことが逆となることである。

**硬化と冷却速度** 焼入作業自體に關して硬化度を決定するは冷却速度のみなることが多くの研究者に依て假定されて居るも、冷却速度以外の要素即ち壓力、急冷に依り生じたる内部應力等が包含されることは可能なことである。故にどの程度迄硬化が冷却速度に依て直接に關係され得るものなるかを知るは重要なことである。著者は Grossmann に依る計算と實際との硬度深度曲線の關係に就て冷却速度以外の要素が一定されて居たとしても丸棒のものに限つて居ることを指摘して居る。なほ Jominy は丸棒の一端を水冷却してそこよりの各距離に於ける冷却速度と普通の方法で焼入された種々の太さの丸棒の中心硬度間の關係を述べて居る。

**焼戻の効果** 'E. H. Engel' は焼戻に依る軟化は焼入組織が硬い程一層速かなることを見出したが、一般にパーライトはマルテンサイト及トルースタイトよりも軟化及球狀化に對する抵抗が大である。

**オーステナイト分解の機構** オーステナイトから層狀生成物(即ちトルースタイト、ソルバイト、パーライト等)の形成はセメントタイトが核となるものであつて、核の形成は Si で鎮靜された炭素に於けるオーステナイト結晶粒界に限つて起るものと云はれる。一般的の核の形成は Al 鎮靜鋼及介在物多き鋼及不溶解炭化物を有する鋼に於て起る。成長速度は結晶粒度が異ると共に變化する一方反應の溫度の變化或は合金元素の添加の何れかで種々の程度で變化し得る。核が形成される場合新しい境界面がつくられるが、之に要する仕事は反應の自由エネルギー變化に依て供給される。此の仕事は核の徑と共に變化し或徑に於て最高値をとり、ある核が之の臨界寸法よりも小なるときは再び溶解するも大なる核は存續して成長する。

合金鋼に於ては Mehl は合金元素は核形成點へか或は形成點から擴散せねばならぬ、Ni は炭化物を生じない元素なる故安定セメントタイト核は炭素原子が形成點へ擴散されたときのみ形成されであらうと云ふ。それ故核形成の確率はこのときは Fe と C のみが存在し C 原子のみが擴散するを要する時よりも小である。Mn の場合(炭化物を形成する)には Mn 原子は形成點へ向つて擴散せねばならぬから再びその確率を減少する。同様な事が核生成後の成長速度に適用される。オーステナイト中に於ける C の擴散係数は合金元素に依て極く僅かに影響されるのみで、Ni の 1,000°C に於ける擴散係数は同溫度の C の夫の 10 萬分の 1 であると云はれる。層狀組織の硬度は層の間隔と共に變化する。Mehl の圖に依ると層の間隔の對數値をその生成の絶體溫度の逆數に對して求めたものは直線となる。

**結論** 通常の Si 及 Al 量を添加脱酸して細粒化し、焼準後通常の溫度で硬化したる鹽基性平爐製亞共析炭素鋼の硬化性は一般的の對してすべて充分正確にその化學的成分より豫示され得ることが示されて居り、此のことは又實際的な硬化狀態に於て粗粒化すると知られたる類似の鋼に就ても云へることであるも、McQuaid-Ehn 試験(925°C に於ける)に於てのみ粗粒化される鋼の場合には比較的低溫度より焼入されると細粒となり得る故に不正確である。過共析鋼或は滲炭された場合には此の問題は一層複雑となる。炭素工具鋼の硬化能はその分析値、結晶成長特性及び硬化前の組織或は處理より可成り正確に豫示せられる様である。合金鋼は一層多くの問題を包含する。硬化能試験はなほ多くの場合に於て必要であつて無論使用し續けられるであらうが、多くの報告が集められるにつれその利用の必要が減ることが望まれるべきである。此の硬化能の必要性は製鋼者引いては消費者に於ける現在の經濟上の問題で、鋼塊が未だ均熱爐中にある間に可成りの確實性を以て鋼の豫定を知り得ると云ふことである。(尾崎)