

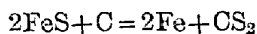
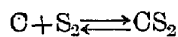
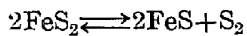
抄 録

—銑鐵の製造—

黄鐵鑛の直接還元法 A. Scortecchi & M. Scortecchi;
Metal Progress Oct. (1951) 72

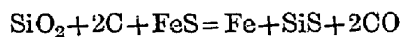
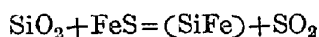
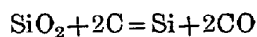
世界の至る所で産出する黄鐵鑛は、製鐵原料として當然考えらる可きであるが、著者は高爐装入用の硫酸滓とは別に 1925~1947 年亘り黄鐵鑛の直接還元を研究して來た。

酸素を斷つた状態で、黄鐵鑛を炭素と共に電弧爐中で熱すると次式の様に鐵と二硫化炭素が出来る。



そして鐵は炭素を十分に吸収し二硫化炭素はガス状として爐外に導き出した後濃縮する。原理は之だけであるが実際には爐内は二つの融液層となり、下層は炭素と硫黄とを含む金屬鐵、上層は炭素の極少量を含む硫化鐵で鐵滓の一種として作用するものである。そして亦之等兩相中の炭素と硫黄の含有割合は爐内の温度で定まると言う事が 1300~2000°C の間に於ける Fe-S-C 系の研究として、Norro & Lundquist により明らかにされている。

珪素が存在すると Fe-S-C 系の平衡關係は變化するが同時に次の反應が起る。尙 CO と SO₂ はガス状の COS を作る。



珪素は此の様にして鐵中から硫黄を取去る重要な仕事をするが、石灰が共存すると更に効果的に働くものでありそして最後の實驗で得た生成銑鐵の成分は、C=4.2~4.3% Mn=0.6~1.2% Si=0.6~2.35% P=0.03~0.04% S=0.81~1.50% である。

又熱計算の結果は斯る銑鐵 1t 當り 2700~2800 K.W.H の電力が必要となるものである。

以上で技術上から見た場合本方法の可能性は明らかではあるが、經濟的にも硫酸製造工場との併置や二硫化炭素が複産物として得られる事等を考え合せると見込のある事柄とならう。(内山 道良)

1400°C 以上の温度に於ける酸化鐵の還元の機構

(T. E. Dancy; J. Iron and Steel Inst., 169 (1951) 17

熔鑛爐に於いて未還元の鐵鑛石が朝顔部、時には爐底部迄行くことがある。この状態では鐵鑛石は C に依つて直接還元されることになるわけである。このような問題の基礎研究として銑鐵中の C に依り FeO 及び Fe₃O₄ が還元される場合の反應速度を求めてみた。

高周波電氣爐を用い、マグネシヤ坩堝中に銑鐵を溶解し、その上に少量の溶融したスラッグ(FeO 及び Fe₃O₄) をのせて反應を行なわせた。この場合坩堝を回轉させ、スラッグが坩堝の周邊まで行かないようにしてスラッグに依る坩堝の侵蝕を防いでいる。

初めに真空中で 4.3% C の銑鐵 50g を溶かし、所要温度になつてから N₂ を通じ、約 0.5g の酸化鐵の試料を溶鐵の上に落す。還元反應の進行に依る系内の壓力變化を時間と共に記録する。

溶銑中の C に依る FeO 及び Fe₃O₄ の還元は 1400°C 以上の温度では非常に速やかに行われることが分つた。FeO の還元は Fe₃O₄ よりも速い。

反應の速度恒數 k と絶對温度 T の間には次の關係が成り立つ

$$\ln k = -E/RT + \text{const} \dots\dots\dots (1)$$

但し E は活性化エネルギー、R は氣體常數である。本實驗の反應は不均一反應であり、反應の眞の活性化エネルギーは與えられない。見掛けの活性化エネルギーの値は FeO に対しては 43,100 cal/mol、Fe₃O₄ に対しては 37,300 cal/mol である。

反應物質の初濃度を a とし、t 時間後にそれが x だけ減少したとすると速度恒數 k は一次反應に対しては次の式で與えられる。

$$k = (1/t) \ln (a/a-x) \dots\dots\dots (2)$$

この式に依つて、FeO については 1430~1595°C の範囲で 80% までの還元は一次反應であり、Fe₃O₄ については 1600~1840°C の範囲で 30% までの還元は一次反應であることが分る。FeO の還元は二分子反應であるが、C が多量に存在する爲に、反應速度は C 濃度の少しの減少に依つては影響を受けないのであろう。それで FeO の還元は僞單分子反應と考えるべきである。Fe₃O₄ の還元については一次反應式に従うのが 30% までであるというのは、恐らく反應が段階的に進むためであらう。即ち初期には Fe₃O₄ + C → 3FeO + CO 反應のみが進

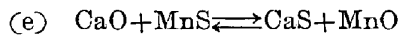
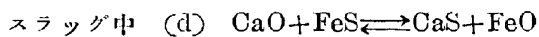
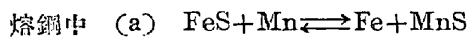
むが、後になると $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$ も一緒に進むようになるものと思われる。

(2) 式で求められる k の値から計算した FeO の還元反応の温度係数 (或る温度に於ける速度恒数とそれより 10°C 低い温度に於ける速度恒数との比) は $1430 \sim 1530^\circ\text{C}$ に於いて 1.08 であり, これは (1) 式から計算した温度係数と一致している。更に Fe_3O_4 については温度係数は 1.05 ($1510 \sim 1840^\circ\text{C}$) である。(森 一美)

— 鋼 の 製 造 —

製鋼に於ける脱硫反応の物理化学 (P. T. Carter; Disc. Farad. Soc., (1948) No. 4, 307)

スラッグ及び熔鐵の S の分配については種々の表わし方が提出されている。これについてはスラッグ中の諸成分の有効濃度及び熔鋼中の S の形がはつきりしていないことが大きな障壁となつてゐる。先ず古い考え方として脱流が次のような連鎖反応に依つて行われるものとする、 S の分配については (1) 式が導かれる。



$$[\text{S}] (\text{CaO}) / (\text{CaS}) [\text{O}] = 1.64 L_{\text{FeO}} / K_1 L_{\text{FeS}} \dots \dots (1)$$

こゝで L_{FeO} , L_{FeS} は夫々 FeO , FeS の分配係数であり, 又 K_1 は (d) 反応の平衡恒数である。

Grant 及び Chipman は脱流が上述の (d), (e) で行われるということに反対し, FeS の分配と, これに対するスラッグの“過剰鹽基”の影響とを考えている。“過剰鹽基”とは CaO , MgO , MnO を等価な鹽基と考え, これらの鹽基の合計したものから $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$, $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ を作るのに必要な鹽基を差引いたものとする。このような“過剰鹽基”と $(\text{S})/[\text{S}]$ とは大體直線關係にあり, “過剰鹽基”の大きい程 $(\text{S})/[\text{S}]$ も大きい。更に“過剰鹽基”を熔鋼中の酸素含有量で割つたものと $(\text{S})/[\text{S}]$ も大體直線關係にある。これはスラッグの酸化力が鹽基度と密接な關係にあることを示している。

Samarin 等の完全イオン解離説に基づき Grant 及び Chipman の結果から, 酸素イオンの g -ion 数 No^{--} を計算し, $(\text{S})/[\text{S}]$ と $(\text{No}^{--})/[\text{O}]$ の關係を求めてみると, やはり直線關係が得られる。

S の分配の以上三通りの表わし方に於いて, 點のばらつきは程度は大體同様なものである。後の二つの表わし方は結局次の式に歸着する。

$$(\text{S})/[\text{S}] = k \Sigma(\text{Nmo})/[\text{O}]$$

こゝで $\Sigma(\text{Nmo})$ は遊離鹽基 (CaO , MgO , MnO , FeO) のモル数の和である。

然しながらスラッグと熔鐵との關係を完全に説明するについてはスラッグ中の化合物の解離度についてもつと正確なる知識が必要であるが, これについては現在のところ未解決である。スラッグのイオン解離説は恐らくこの方面について正しい解釋を與えるであろう。

最後に熔鐵中の硫化物の溶解度及び S の活量について簡単に述べられている。(森 一美)

直接還元による種々の密度を有する鋼の製法

(P. E. Cavanagh, Iron Age, Jan, 24, (1952) 63~68)

海綿鐵の量産の實驗中, たまたま硬度強度及び靱性の優れたものがあつた。これにヒントを得てこの研究を開始し, 1951 年 9 月から試験生産を始め最近に至つて量産に移つた。

製法の大要は, モールドに鐵石粉末を入れて容器の中に立て、並べ, その周圍にコークス等の還元剤に少量の石灰石を混ぜたものを詰めて蓋を密閉し, 加熱爐に装入して還元するのである。

こうして造られる鋼の密度は使用する鐵石の銘柄によつても異なるが第 1 表に示す様に, 原料の粒度割合, 還元温度, 還元時間によつて調節することが出来る。

又鋼の C 含有量は還元ガスの種類によつても影響を受けるが, 還元温度の高い程, 還元完了後の處理時間の長い程高くなる。

鐵石の銘柄によつて, 還元作業中に容積が膨脹するものと逆に收縮するものがあるから, 豫め單味でテストしておき, 目的によつて適當に配合する。

鹽類, 金屬鐵粉或は銅粉を混ぜると密度の高いものが得られる。

原料鐵石は, マグネタイトを磁選したもの, ミルスケールを選別したもの, ヘマタイトを磁化焙焼して磁選したものと等何れも使えるが, 價格と要求される密度によつて選擇する。P, S, SiO_2 , TiO_2 等は高爐採業や高温加工等の工程がないから問題にならず, 硫酸滓や Ti の高いマグネタイトも使用可能である。

還元剤は, 微粉コークス, 石炭, 木炭の他おがくずも用い得る。鋼の S 吸収を妨げる爲に石灰石を約 10% 加

第1表 製造条件による密度の變化

条件	鑛石	温度	時間	密度
高温保持時間の變化	-60 メツシ, ミルスケール	1950°F	20 hr	2.4g/c.c.
	〃	1950 〃	24 〃	3.7 〃
	〃	1950 〃	30 〃	4.3 〃
	〃	1950 〃	36 〃	4.5 〃
保持温度の變化	〃	1900 〃	12 〃	1.75 〃
	〃	1950 〃	12 〃	2.6 〃
	〃	2000 〃	12 〃	3.1 〃
	〃	2050 〃	12 〃	4.0 〃
鑛石粒度割合の變化	〃	1950 〃	24 〃	3.7 〃
	-60メツシ ミルスケールに微粉* 25% 添加	1950 〃	24 〃	4.5 〃
	〃 〃 〃 50% 〃	1950 〃	24 〃	5.3 〃
	-60メツシ ミルスケール	2050 〃	33 〃	4.9 〃
	-60メツシ ミルスケールに微粉 25% 添加	2050 〃	33 〃	5.3 〃
	-60メツシ ミルスケールに微粉 25% 及び Nacl 2% 添加	2050 〃	33 〃	6.05 〃

* 連続焼鈍爐のスケールで -325 メツシ

第2表 引張り強さ*

密度	引張り強さ (psi)	
2	最低 5,000	最高 12,000
4	〃 10,000	〃 25,000
6	〃 15,000	〃 38,000
8	〃 50,000	〃 150,000

* 本文では図表になつてゐるが都合により数表に改めたもの。最低と最高の範囲は熱処理の調節等によつて起る。

える。

モールドは、多孔性砂型、グラファイト、樹脂で固めた砂の薄い型等が用いられる。

容器は粘土質又は合金で作る。

鋼の密度は 1.0~7.2 の間に自由に調節出来る。

機械的性質は第2表の如くであり、低密度のものは木材或はプラスチックと同じ位である。靱性は同じ引張り強さの Mg や Al 合金に比較すると低いが、値段も又安い。熱処理によつて機械的性質の改善を計ることが出来、合金元素を添加することも出来る。

銹易いが、表面が粗なので、ペンキ、エナメルがよく付き、メッキも出来る。

機削性は極めて良好で、釘やねじは手で打てる位である。(堀川 一男)

直接還元による種々の密度を有する鋼の製造

第2報 (P. E. Cavanagh: Iron Age, Jan. 31, (1952)

108~111, 114

密度の低い鋼は衝撃値が劣るが、製造する際に鑛石粉の間に鋼棒を挿入することに依り補強し得る。鋼棒と低

密度鋼の結合は良好なので、この方法を利用して別の部分を普通の鋼にしたものを作ることが出来る。又薄い不銹鋼シートの上に鑛石を詰めれば、軽いサンドイッチ板も作り得る。

鑛石を円柱型の型に詰めて、還元処理条件を調節すれば表層部分だけを還元し得るので、簡単にパイプが製造出来る。内面に附着した鑛石等は容易に除去され、その上に適当なエナメル塗装を施せば耐蝕性を有した軽量な(鑄鐵の約 1/3)パイプが廉價に得られるので、鑄鐵管の代用に使用し得る。

還元容器と蓋の密封に、粘土を用いる代りに鑛石粉の層を作つておけば、還元作業中に金属鉄となり、この層が冷却時に侵入する空氣で再び酸化されて、低密度鋼製品の酸化を防止することが可能である。

低密度鋼の仕上面は、鑛石の粒度や鑄型の砂の粒度で加減出来るが、プレス製品には及ばず、大體普通鑄造と精密鑄造の中間に當る。

従來の粉末冶金の製品と、同一成分、同一密度で比較すると、低密度鋼の方が多少機械的性質が優れている。これは還元後直ちに焼結されるために粒の表面に酸化被膜が全然生じないためであろう。寸法公差に就ては粉末冶金に劣るが、工程が簡単なので單純な形状のものなら充分競争出来る。

低密度鋼は高温加工が可能で、高温加工によつて普通の鋼の密度を高めることが出来る。又其後冷間加工も出来る。斯うして作つた鋼の機械的性質は普通鋼と同程度であるが、製鐵地方では普通の方法で作られた鋼のコストには對抗出来ない。遠く離れた地方では採算がとれる

かも知れないが、多量生産に適した爐の設計と原料運搬処理方法の工夫が要る。

低密度鋼の眞價は、表面だけ合金富化したスラブやシートが作られた場合に發揮されるものと思われ、目下その方面の研究を行つている。(堀川一男)

—鐵及び鋼の性質、物理冶金—

ノデュラー鑄鐵の熱處理 (J. E. Rehder:

Iron Age, Jan. 17, (1952) 89~93

ノデュラー鑄鐵の完全硬化に要する焼入温度は、特に Si 含有量によつて移動し、0.80% Si の 1390 °F から 3.20% Si の 1540°F まで Si の増加と共に直線的に上昇している。然し完全軟化に要する焼戻温度は Si 量の多少に拘らず 1330°F である。

パーライト、ベーナイト或はマルテンサイト等の如き細い炭化物は容易にオーステナイト中に固溶するがフェライトは仲々溶解せず、特に Si の高い場合には容易でない。均質化温度は完全焼入温度より 50~100°F 高目に採らねばならぬが、50°F では1時間以上保持する必要がある。50°F で1/4時間しか保持しなかつた場合は、調質後の降伏點が、同じ鑄鐵を完全焼入したものに比して 25000 psi も低かつた。従つて熱處理用には、フェライトの少い組織のものを選ぶ必要があり、特に高周波焼入や火焰焼入を施す場合は考慮を要する。同様に一次セメントタイトの存在するものは、豫め 1700~1750°F で分解する必要がある。

ノデュラー鑄鐵の焼入硬度は Rc56~58 であるが、顯微鏡硬度計で地を測定すると Rc63~65 を示す。3%のノデュラー黒鉛のため全體としては低く現れるのである。

黒鉛が存在するので、オーステナイトはCについて飽和に近く且つ Si が高いので、Ni を含むような場合は特に焼割や歪を起し易いから、形状の複雑なものや薄肉のものは焼入液の選擇に注意を要する。普通は油で差支ないようである。

焼戻過程では、マルテンサイトの焼戻と同時に、マルテンサイト及び焼戻組織の黒鉛化が起る。黒鉛化によつて微細な二次黒鉛が生成するが、黒鉛化は一次樹枝狀晶の骨の部分から起り、焼戻温度の高い程急速に進み又黒鉛化により軟化と靱性の低下が起る。然し靱性の低下は可鍛鑄鐵の場合程著しくはない。二次黒鉛は 1750°F に1時間保持しても完全には溶解しない。

第1表は第2表の如き化學成分のノデュラー鑄鐵を 1575°F に1時間加熱後油焼入し、名温度に3時間焼戻

したものの機械的性質を示したものである。焼戻温度と共に機械的性質が變化しているが、焼入焼戻を施したものは一般に鑄造の儘、焼準或は焼鈍状態のものに比較して同じ硬度に對して降伏點と引張り強さが高く、又降伏點と引張り強さの比が小である。又機械的性質のパラッキが減少する。

黒鉛化を早めるのは Si で、Ni, Cu も多小この傾向がある。Mn は逆に遅らせ P もその傾向がある。然し P について重大なことは、調質後の衝撃値を低下せしめることで、P が倍加すると衝撃値は半減する。Mn, Cr, Mo の添加は、二次黒鉛の生成を阻害して焼戻の調節を容易とする上、同一の硬度又は降伏點に對して伸を増加せしめる。(堀川一男)

第1表 ノデュラー鑄鐵の熱處理と機械的性質

焼戻温度 °F	引張り強さ psi	降伏點 psi	伸 %	硬度 HB	シャルピー値	
					ノッチなし	V ノッチ
1350	69650	47700	18.0	153	67	9.3
1300	71200	52750	17.0	156	67	9.3
1250	73650	53350	17.0	162	60	8.8
1150	85250	67250	14.5	186	63	7.5
1050	113600	95250	5.5	241	37	4.6
1000	142750	119800	4.0	290	32	4.4
空冷	127500	80300	6.0	253	35	12.8
完全焼鈍	66000	47350	24.0	143	117	12.8

- [註] 1) 空冷はパーライト組織を狙つたもの
 2) 完全焼戻はパーライト、フェライト組織を狙つたもので 20°F/h で冷却
 3) 熔解は高周波爐、Mg 添加は 10%Mg 2% Ca の Mg-Fe-Si 合金による
 4) 引張り試験片は 0.505"φ×2" の寸法で2本の平均値
 5) シャルピー値は5本の平均値

第2表 第1表の試験片の化學成分

TiCr	Si	Mn	S	P	Mg
3.10	2.90	0.33	0.015	0.026	0.062

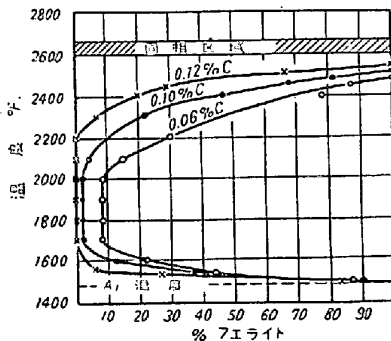
低 C12%Cr 不銹鋼の變態 A. E. Nehrenberg; Metal Progress: Nov. (1951) 64

著者は下記成分の低C高Cr不銹鋼を1800°Fに1時間保持後爐冷した焼鈍材を試料として種々の實驗を行つている。

	C	Mn	P	S	Si
低硬度鋼	0.06	0.56	0.020	0.026	0.25
中間硬度鋼	0.10	0.48	0.021	0.033	0.30
高硬度鋼	0.12	0.47	0.017	0.018	0.39

	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	N
低硬度鋼	0.19	12.78	0.02	0.10	0.013	0.033
中間硬度鋼	0.36	12.43	0.47	0.14	0.015	0.032
高硬度鋼	0.35	12.30	0.29	0.11	0.016	0.037

次圖は昇温過程に於ける本鋼のフェライト量に対するC量と温度の影響を示しているが、之によればA₁点たる1480°Fと1700°Fとの間では温度の上昇に伴つてオーステナイトの量は増加するし、1700°Fと2000°Fの間では其の量は可能最大値で一定であり、反対にオーステナイト化する温度で存在するフェライト即ち δ -ferriteは最少である。そして0.12% Cのものは1700°F~2000°Fの間では δ -ferriteは含んでいないが、0.10% C及び0.06% Cのものは夫々2%及び9%だけ含んでいる。



T.T.T. 圖を畫いて見ると0.06% Cのものは亞共析鋼と同様パーライト分野内の高温ではferrite-carbideの凝集がフェライトの分離に先行するが、このフェライトをpro-eutectoid ferriteと言う。そして0.12% Cのものは過共析鋼と同様粒子境界に出るpro-eutectoid carbideの沈澱がferrite-carbideの凝集に先立つて起る。

1400°Fか夫れ以下の温度で生じたpro-eutectoid ferriteは δ -ferriteより低Cである。即ち1300~1500°F内の如何なる温度でも變態完結後はpro-eutectoid carbideは δ -ferrite中に存在出来ない事の爲に δ -ferrite中のC量はパーライト分野内の變態の進行に従つて減少するのである。

茲に於てC-Cr-Fe系についてのMetals Handbook 1948年版の記載でもわかる様に0.1% C, 13% Crの不銹鋼は2300°Fでは完全なフェライトと言われているが本実験では市販のものを100%フェライトとする爲には2475°F乃至は2525°Fの範囲が適當と言う事になり、又Bloom等も1951年2月號の本誌に0.1% Cの場合について類似の説明を行つている。(内山 道良)

— 工業經濟及び政策 —

フォードの製鋼作業に於ける品質管理の應用

(第1部. 製鋼工場の統計的品質管理)

H. W. Clark: Blast Furnace and Steel Plant, 40 No. 1 Jan., (1952) 64~70

製鋼品質管理は1日24時間、1週7日間絶えず活動し、各チャージに就て原料から分塊工場でスラブ或はブルームにされて發送される迄追かけている。品質管理係員は操業条件を觀察して、不良品を増加せしめると考えられるような偏りがあつた場合に、直ちに作業監督に通報する。

原料は各貨車毎に試料を採取して品質管理試験室で分析し、規格に適合していなければ荷卸ししない。屑鐵は成分、形状、等級によつて分類して貯藏しておく。

屑鐵の装爐時間が長引くと製品の品質にも影響するので、チャート或いはヒストグラムを以て検討している。

装入時間の短縮には、台車當りの屑鐵量が均一になるように屑鐵の配合を計畫する必要がある。

總てのチャートは毎日現場に掲示され、月の終にはその寫が週報月報と共に各監督に送られる。

熔銑成分は重要であるから平爐に注入する前に判るようにし、品質管理技術者は成分の異状を作業監督に通報する。この成分によつて他の装入物の量を加減しているが、熔銑成分の不同が製鋼時間遅延の原因となる。

屑鐵装入後熔銑注入迄の時間も亦重要で、チャートやヒストグラムにしている。

合金鐵の添加量は、出鋼前の分析結果により決定する。

製鋼時間と、出鋼後次の装入迄の空爐時間は品質や能率上重要であるからチャートにしている。

造塊条件の良否は製品の品質に強く影響するので、これを各直毎に纏めて百分率グラフにプロットし、直同志の競争心をあほつている。

平爐の技術者は均熱爐のオブザーバーに電送機で情報を提供し、製鋼状況に異常があつた場合に均熱爐で手加減を加えて貰つている。

鋼塊の型抜から均熱爐に装入される迄の時間に就ては鋼種別、サイズ別に標準が指示されている。均熱爐の加熱温度は自動調節になつているが、チェックする意味で一定時間毎に鋼塊を光高温計で測温し、異状を發見すれば監督に注意を與えている。

壓延係のオブザーバーは常に作業者と監督の近くについて手入れの要否を決定し、電話でスカーフイング係に通

告する。

ブルーム、スラブは秤量され、歩留を計算する。尙、二月毎に実績検討會を作業監督達と品質管理部員で開催している。(堀川 一男)

フォードの製鋼作業に於ける品質管理の應用 (第2部. 壓延工場の統計的品質管理)

W. H. Clark: Blast Furnace and Steel Plant, Feb., (1952) 201~207

壓延工場ではスラブ又はブルームを再熱して、連続式熱間壓延機でシートにし、捲取つて冷却後酸洗し、更に側面を仕上げた後冷間壓延し、最後に焼鈍する。

壓延工場の最終製品はコイル或はシートであるが、此等は寸法上の要求に適合し、適當な物理的性質を備え、且つ表面缺陷の無い事が必要である。これ等諸條件の適合度合には品質管理部の努力が反映する。

壓延工場では工程の各段階に數多くの錯綜した變量が入つていたので、品質管理の應用が容易でない。鋼塊頭部の切捨量、再熱の溫度と時間、熱間壓延溫度、各ロールの壓下量と表面狀況、焼鈍の溫度と時間、等は總て最終製品の性質に影響している。上述の如き複雑な作業であるため、品質管理の計畫はトライアル、アンド、エラ

ーで進めた。先づ不良品をPチャートで現わし、責任の所在を明かにした。チャートは週の平均値と上部管理限度を有し、7日制になつている。

特にロール疵が重要だつたので、これに就ては更に各直毎にチャートを作製して競争心をあほつた。此等のチャートは非常に効果的だつた。月に1回、此等週毎のチャートは1年間に亘るチャートに要約している。チャートを書を初めてから、各種の不良が減少した傾向が認められた。チャートは總て現場に掲示している。

フォードの壓延工場では、各種の製器を夫々異つた寸法公差の下で製造しているので、規定寸法或いは平均寸法からの偏差を以てプロットすることを試みた。このデータをヒストグラムにした處、最初の一週間のデータはプラス側に偏り、公差に適せず不良品となつたものが可成りあつた。この點が作業者の注意を惹き、結果として其後のヒストグラムは中心に集り不良品は無くなつた。

次には鋼塊の歩留向上に向つて活動を起した。製品スラブの重量と鋼塊の重量から歩留を計算し、チャートとしては $n=4$ の $\bar{x}-R$ チャートを利用した。他の統計的手法も併用したが、 $\bar{x}-R$ チャートに重點を置いた。

各種の要因が存在しているにも拘らず、現場の努力によつて成績は次第に改善されるに到つた。(堀川一男)