

C の状態は熔鋼中では問題にならぬが或試験では凝固して cc 0.6 % 以上になる鉄より製鋼した鉄は表面が痲状になる結果を示したがこれを証明するのは難しい事である。

N₂ は影響が未だ充分判明して居らぬが、高爐鉄は普通 0.004% の N₂ を含み平均 0.001~0.004% である。ベッセマー鋼は 0.010~0.015% で吹製により鉄より遙かに N₂ が增加する。従つて鉄中の N₂ は餘りに問題にならぬ。平爐鋼は原料の屑鉄の N₂ と殆ど等しくなり屑鉄中の N₂ は僅かに約 0.002~0.004% である。歐洲に於ける試験結果では鉄中の N₂ は平均 0.001% で混鉄爐では 0.0010~0.0017% に増加し鹽基性轉爐鋼では脱酸前は平均 0.0171% で最後の吹錬によつて著しく増加する事になる。鋼塊中の N₂ の偏析は表面で 0.0171% 中心で 0.0188% で多少認められる。

酸化物、非金属介在物の鋼質に及ぶ影響は割合研究が少く Herty 等の研究によると鉄中の酸化物と鋼中の酸化物の間には関係が認められず、普通の鉄でも特に低珪素のものでも出来る平爐鋼の性質に差異がない。

従つて鋼中の介在物は殆ど脱酸生成物で鉄中の介在物は長時間の間に浮揚し鉄滓と結び合ふのである。

残留金属、Cr, Sm, As, Sb 等は微量で悪影響あり Cr は鍛着性を害する。然し一般にこれ等の元素は鉄より屑鉄より入る機会多く鉄中の特殊元素は餘り問題視されてない。

熔鉄の温度は平爐の場合は化学成分を除いては鋼質に著しき影響があるか否かは疑問であるが、酸性轉爐では重要な関係があり過熱では吹錬中の反應過程が亂され Si, Mn, C の酸化順が C が最初に酸化する爲 Si が高くなり吹錬を續けると過酸化になり低熱では注入前に再加熱を要し熔鉄の上部から吹かねばならず必要以上に酸化せしめ鋼が過酸化となる。

鉄質と鋼質の関係は鋼質といふ問題が多項目に分れるので中々十分調査する事は困難で未だ未だ以上では不完全であるが今後高爐と製鋼の関係者が密接に協力して研究する必要がある。(N)

高珪酸質鑛石の強酸性操業

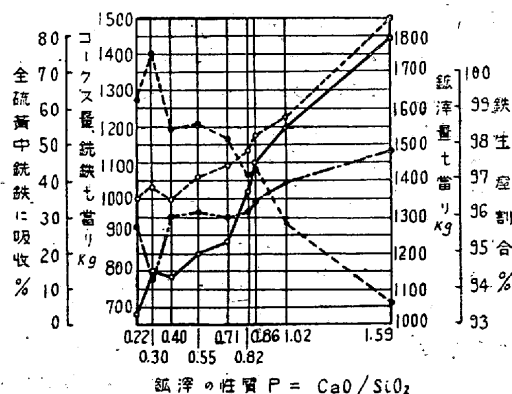
(M. Paschke, P. Hahnel. Stahl und Eisen (1941) 385-392, 417~421)

酸性操業法の發明者である Paschke 教授がマクスミリアン製鐵所技師 Hahnel と同工場に於て共同研究をなし、獨逸鐵鋼協會熔鑛爐委員會報告第 197 號として講演したものである。熔鑛爐は内容積 260 M³ 大、爐底徑 3.36m 羽口上高さ 15.1m のもので 2ヶ月半に亘り普通の操業から漸次強酸性に移り試験した。期間中 10 段に分ちて漸次強酸性操業を行ひ、CaO/SiO₂ 即ち P の値を 1.59, 1.02, 0.86, 0.82, 0.71, 0.55, 0.30, 0.22, 0.40, 及び 0.36 とした。装入物の割合と化学成分や、生産鉄と鉄滓との量及び化学成分を表又は附圖の如く示してある。第 4 段の P の値 0.82 迄は高爐の操業に何等困難を感じない。生産鉄の成分は炭素 2.80% 迄落し珪素は 2.93% 迄上り殊に硫黄は 1.28 迄になつた。鉄滓量は鉄 1 に対して約 1.8 に、コークス消費量は 1.5 のもの約 1 に、鉄生産は 1.3 倍に昇つた。鉄の脱硫法は始めは固態、後に熔融ソーダを用ひたが、段々強酸性操業になると其の効果が無い。又鉄中の珪素分高いために後にトーマス製鋼操業にて困る。熱風の温度を高めても鉄滓の流動悪しく、終に羽口を取り放した。元來普通操業で鉄滓は礬土 16.7% 苦土 7.2% を有するものが酸性操業になりて最高値々々 31.6% と 5.5% となつた。此等を救済する爲高爐装入物に脱硫滓をその 2.4 乃至 4.8% 即ち鉄滓量に對しその 5.7% から 12.8% 丈加へた。

これは熔鉄脱硫の際に出来るもので、鉄 8%、マンガン 6%、珪酸 32%、硫黄 8%、アルカリ分 23% を含み、今迄は遺棄せられた。斯くて酸性操業の鉄滓は能く流れる様になり、其のアルカリ分は 2.8% 迄に、FeO 分は 12.5% 迄上つた。鉄滓にアルカリを加へて其の流動性を能くする事は數多の研究があるが、酸性操業高爐としてはアルカリ分 2%、FeO 分 3% 以下に溜むべきである。以上の試験吹の後、12ヶ月に亘り實際操業に移つた。普通操業 P の値 1.52 を酸性操業として第一段に P を 0.304, 第 2 段に 0.309 とし、脱硫滓の貯蔵が少い爲試験吹より減じて鉄滓量に對し 4.9% しか入れない。鉄にマンガンの歩溜は良くないが、礬分の歩溜は約 5% 良好であつてトーマス鉄には大切なことである。高爐内で装入物が順序良く降りガスが一樣に昇る様に仕事をすると、懸滯、棚落等の故障なく、羽口の水漏れで爐底の固まる事なく、單に鉄滓中の鐵分が増すのみであるなど、高爐の操業法の注意をあげてゐる。鉄滓は 48mm 大のノロ羽口より能く流れ、其の成分は SiO₂ 42~45%、Al₂O₃ 22~26%、FeO 5~8%、CaO 14~17%、MgO 4~6%、アルカリ 2~3% で、鉄は C 2~3%、Si 1~3%、Mn 0.1~0.3%、P 1.7~1.9%、S 0.7~1.5% で珪素を増せば硫黄は減ずるが其の割合は少い、生産鉄は炭素少く珪素多いけれど轉爐内の鋼浴の高さ、風壓及び内容の大きさを調整しトーマス製鋼を行ふ事も出来るが硫黄の多き事は別に考へねばならぬ。それには先づ普通鹽基性操業をなす熔鑛爐に装入物より此の硫黄鉄を装入し硫黄分を取り去る事を 9 ヶ月以上に亘つて試みた結果を表に示した。

月々 鉄 t 數	鹽基性操 業爐に入 れた硫黄 鉄装入%	鉄 に 付 鉄 滓 kg	$P = \frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}$	ソーダを 加ふる前 の鐵の硫 黄	ソーダを 加へた後 の鐵の硫 黄%	鉄に付 ソーダ 所要量 %
17690	—	1.030	1.15	0.1045	0.064	0.34
19150	24.8	0.652	1.15	0.124	0.055	0.56
19070	28.3	0.594	1.26	0.120	0.049	0.58

此等硫黄鉄を熔融するに多く燃料を要するから、之を熔融のまま熔鑛爐の羽口とノロ羽口との中間の水準に於て略ぼ全部湯出せし跡で爐底に注入するに、その装置を圖解して居る。91 回の注入の結果に依れば珪素 1.46%、硫黄 1.09% のものが珪素 0.44% 硫黄 0.039% になるに反應時間は 30 乃至 40 分である。次の 54 回の試験に於て珪素 1.58% が 0.39% になり硫黄 1.133% のもの 0.04% になつた。1 つの酸性熔鑛爐毎に 2 つの鹽基性熔鑛爐が入用であるとの事である。以上の方法は未だ試験數も少く鑛石の物理性及び化学成分



鉄滓の性質 $P = CaO/SiO_2$

- コークス量
- 鉄生産
- 鉄生産割合
- 鉄中硫黄吸収

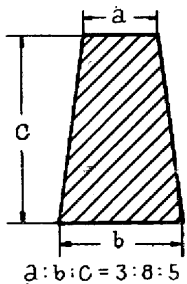
の如何に依ることが多いから、之が應用の適否に就ては十分の注意を必要とすると同時に、熔鑄爐内の送風及びガスの好分配と爐底の高温度を得る外、注意深き装入物調合が良好なる結果を導くのであると結論した。尙4回に互りて本報告に就て各々意見を述べてある。(依)

5) 鐵及び鋼の鑄造

湯口、湯道の切り方の實際的考察

(R. Lehmann, Die Giesserei, Nr. 9. 2. Mai 1941, 197 頁)鑄型製作の場合に湯口、湯道、滓上げ湯道、鑄込口等の切り方及び揚りや抽湯のつけ方等が出來上る製品である鑄物の良否に大きな影響を有する事は申す迄もない事であつて、所謂鑄造方案なるものゝ目的は第一に斯る諸條件を最も合理的に決定する事にあるとされてをる。從來はともすると現場の鑄工任せになつてをつて只経験のみが尊重されて來てをり従つて何等の理論的考察が拂はれる事なく決定される場合が多かつたが獨逸に於ては此點随分深く突込んだ研究が行はれてをる。例へば M. H. Lips, H. A. Nipper, 及び Petin 等は屢々其研究を發表してをるが本文の著者も其一人であらう、本報告は7頁餘に互り湯口、滓上げ湯道、鑄込口、湯溜り、揚り等のつけ方も説明してをるが應用の實際に富み伴々興味の深いものがある。

先づ湯口と滓上げ湯道と鑄込口の面積の関係であるが一般にはよく4:3:2が獨逸では通例とされ Datsch の教科書等に採用されてをるが著者は此比例はどうも實際には不適當であつて、少くとも滓上げ湯道の面積を湯口の其れと同じ位に増すか又はそれより寧ろ少し大き目にすべきであると云つてをる。即ち斯くする事に由つて熔湯中の熔滓は浮き上り眞に滓上げ湯道の目的に叶ふ様になると云つてをつて其等の関係を3.6:4:2が都合が宜しいと云つてをるが此點は獨逸の Bauer は10:9:5が良いと云つてをるのに比しても相當思ひ切つて滓上げ湯道の面積を大きくとつたものである事が解る。尙其滓上げ湯道の斷面積の寸法は第1圖の様に a, b, c の寸法が夫れ夫れ 3:5:8 の時が最も有效だと云つてをる。而も此等と湯口、鑄込口の寸法との間に關係比を決定して計算の便宜を計つてをるのは面白い。即ち湯口の直徑を d とすると此は滓上げ湯道の頂邊の寸法 a の2倍が宜しく、滓上げ湯道の底邊 b は若し三角鑄込口を用ひ

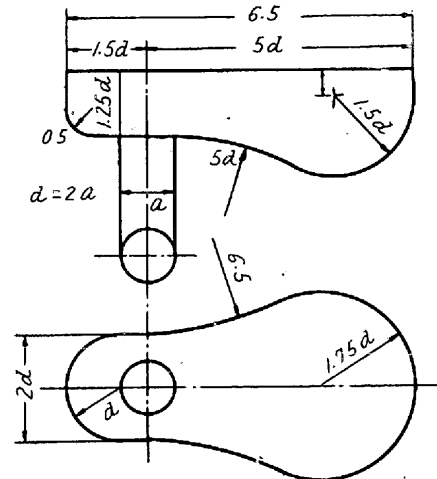


第1圖

とすれば其底邊の寸法と同じ方が宜しい。又若し板狀鑄込口を用ひるとすれば其長手の寸法は滓上げ湯道の高さ c と等しくした方がよく、板狀鑄込口の厚みは滓上げ湯道の頂邊 a の2/3が良いと云つてをる。即ちかかる關係比をきめる事によつて湯口の直徑を定めてきへやればあとは現場で型工が簡單に其他の寸法を定め得る事が出來る事は便利である。尙三角鑄込口を採用する時は長さの比が3:4の二等邊三角形が宜しいと云つてをる。

6) 鐵及び鋼の加工

大徑鋼材の加熱及焼入



第2圖

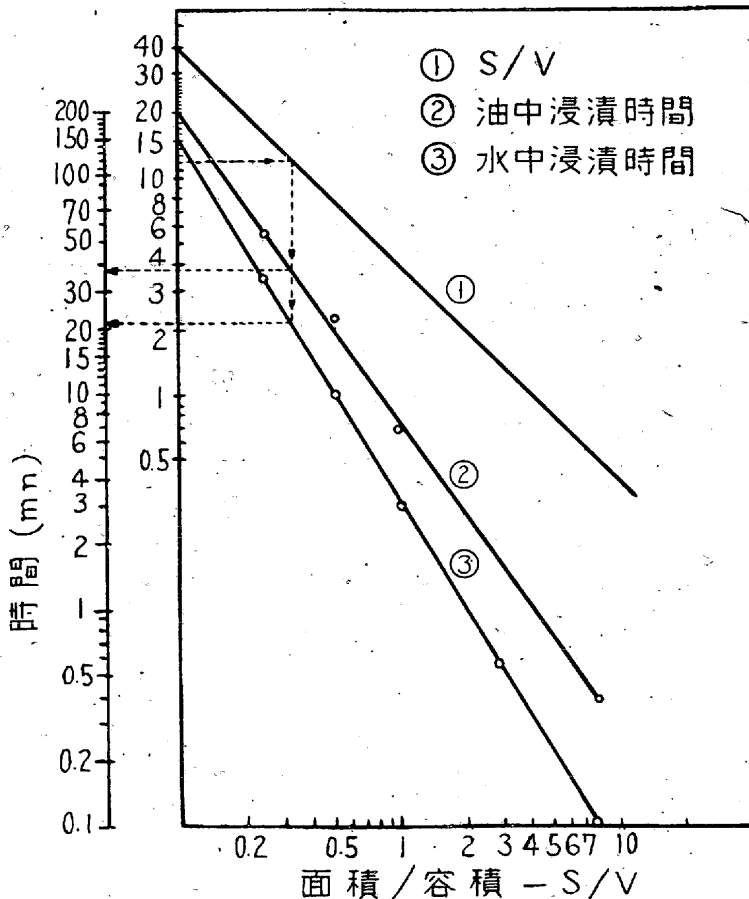
(J. A. Duma: Heat Treat. & Forge. 25 (1939) P. 447~51. P. 505~8) 本論文は熱處理の三要素、即ち昇熱、保持、冷却に就て概説せるものである。

昇熱時間 冷たい大鋼片を急激に高温の爐中に装入すれば、相當程度の膨脹に依る應力を生ずる。此の加熱の間に生ずる應力の大きさは温度勾配のみならず、斷面の徑にも關係する。即ち Q·D/C に比例する。(Q: 鋼の表面に傳達される熱量, D: 徑, C: 傳導度) 細い棒や薄板を急速に加熱しても、太い棒の場合ほど材質を害しないのは此の爲である。常温の大斷面材はほとんどの場合に常温の爐中に置く必要がある。若し材料が前に行はれた熱處理或は熱加工に依り餘熱を有してゐれば、大體その温度に近い程度に豫熱された爐中に装入し、均熱の爲に材料の大きさに應じて1~2h 保持する。然し乍ら冷材は如何なる場合でも 260°C 以上の爐に入れてはならぬ、爐及装入材の適當なる加熱速度は、變態温度以上の加熱に對しては 1/2h/in(徑)(平均温度勾配 17~22°C/in 以下)、變態温度以下の加熱に對しては 1h/in(徑)(平均温度勾配約 8°C/in) である。通例變態温度以下に處理する材料は焼入等により内部應力を受けてゐるからして、加熱は緩徐にする必要がある。

保持時間 保持時間は原則として、前に施工された處理の種類、現行處理の目的及加熱速度、加熱劑(鹽浴、鉛浴、ガス)、保持温度等に應じて定める。燒準の際には、加熱速度が 1/2h/in ならば 30min/in, 1h/in ならば 20min/in が適當である。球狀仕處理の際にはより長時間保持する必要がある。球狀化する材料の油焼入の場合には、加熱速度が 1/2h/in ならば保持時間は 20min/in に短縮せられる。ドラウイング(400°C 以上の燒戻處理)の際には燒戻の目的に應じて 1/3~4h/in 保持する。テンパリング(400°C 以下の燒戻處理)の際の保持時間は 1~4h/in、或は全時間で 8~120h 時には 240h も行ふ事がある。水焼入の場合の加熱は臨界温度以下の豫熱燒入温度に於ける保持の二段の操作により行はれる。大斷面材(徑 14in 以上)にては、その表面部の 2~2 1/2in が臨界温度範圍以上に加熱される迄保持し焼入を行ふ。斯の如き加熱法に依れば、表面が非常に硬く、内部が柔軟なものが得られ、實際の使用成績も焼入温度に長時間均熱したものより遙に良好である。小斷面材(徑 14in 以下)にては全體が臨界温度以上に加熱せられる迄保持する。但し加熱の際には焔の性質及輻射率、焔の内部表面積と鋼材の表面積との比、被加熱材の配置、鋼自身の熱的諸性質等の因子が影響するからして材質及爐の特性を考慮せねばならぬ。豫熱温度より燒

入温度への昇熱時間は両温度の差に比例する。例へば径4in×16inの材料を540, 600, 675°C, より870°Cに昇熱するに要する時間は夫々96, 87, 80minである。加熱剤の影響に就ては, Schenkの實驗に依れば, 鉛浴, 鹽浴(14% NaCN, 14% NaCl, 72% Na₂CO₃), ガスの所要加熱時間の比は大體1:2:8となる。

焼入 鋼の焼入方法には二通り有り, 一はオーステンパリング, 他は鹽水, 水中への通常焼入法及二段焼入法である。前者は小断面材にのみ適用可能であり, 大断面材は殆んど全部後者による。本誌には4in, 8in, 16 1/2inの径の材料を油及水中に焼入した際の表面及中心部の冷却曲線が掲載されてゐる。第1圖はこれ等の曲線を基として作成せる圓筒狀材料の適當なる水中及油中浸漬時間を示す。尙同圖は他の型の材料にも適用し得る如くS/V(表面積/容積)に對して作圖されてゐる。二段焼入法は最初噴水にて冷却し, 次で油中に浸す方法で, 頸部を有する大圓筒狀の材料を焼入する際に頸部の割を防止する目的に應用される。この際の油中浸漬時間は第14圖の値の約3/5にする。水噴射の時間はかくして得られた油中時間の約1/5でよい。



第1圖 圓筒狀材料の水中及油中浸漬時間

焼戻 焼入直後, 材料をある時間沸騰水, 熱い油(112~135°C), 或は低温の爐中に保持し, 温度の均一化及應力の部分的調整を行ふ。この豫備的焼戻に引繼いで, 第二次の本格的焼戻を行ふ。焼戻温度は成分, 断面の大きさ, 使用目的, 焼入状態の硬度等に應じて定める。保持時間は約1 1/2 h/inとする。次に機械加工を行ひ, 更にその際の應力を除去する爲に第三次の焼戻を行ふ。この場合は前二者よりも多少高温で比較的長時間行ふ。即ち1 1/2 h/in程度より全時間で120~240h位迄の時間保持する。長時間(120~200h)

焼戻した材料は實際の使用成績が15~20%良好である。(山下)

大型鋼鍛造に就て

(A. O. Schaefer, Metal Progress, March, 1939; P. 237) 鍛造品の近代的作業は水壓機及び鑄造鋼塊の使用に依り, 茲75年間に進歩したるものである。多くの技術的な問題は大型鋼塊に於て避け得られざる偏析及び粗粒結晶及び加熱と熱処理の困難さ(即ちこれの様に大なる金屬塊に速に熱を導入し, 或は冷却することの困難さ)より起るものである。

鋼塊—鑄型は多角形の断面で上廣押湯附であつて, 造塊工場に於ける頭痛の種はすべて鑄型の設計で出来る限り除かれたるもなほ大型鋼塊の凝固に就ては研究の餘地がある。斯の如き問題は一次收縮及二次收縮, 柱狀晶, 同軸晶, 偏析, 混入不純物に就いて考へねばならぬ。所謂理想鑄造の缺陷に餘り神経を使ひ過ぎずに, 現在市場にある多くの商品合金鋼の200t鋼塊を鑄造し得ることを想起すべきでこの鋼塊は加熱, 鍛造, 製品は熱処理される。現在の大鋼塊は一般に平爐又は電氣爐で熔解される。熔解師は理想的な鋼塊をつくるに必要な知識を以て, 要求される成分の湯を適當な條件で供給する。大型鋼塊は冷却中に生じたる内部歪で充され, 不純物の中心への偏析は全く著しい様で, 高温の湯を注ぎ非常に徐々に冷却する結果必然的に粗粒組織をもつ。この様な大型鋼塊は凝固後直ちに引抜き, 直に加熱爐又は均熱爐に装入すべきである。又特殊な鍛造に對して必要な鋼塊寸法を考慮すべきで, 熔解師としては其の鋼塊の生産に熟練するために標準寸法にまとめるべきである。鋼塊は充分の兩端切捨部分があつて, 要求せられる性質を與へるべく充分の加工が可能なる形であるべきで, 加工は其の方向に於ける金屬の物理的性質を増加するに利益あるも, 極端になると他の方向の物理的性質が減じ始める。鋼塊寸法を増加するに従ひ偏析が増加し, 同時に組織が粗大となり非金屬介在物が多くなる。この様な鋼塊を鍛造に對して加熱する前に徐々に昇温してその鋼の塑性温度以下で長時間均熱する, この最初の加熱には最大の鋼塊は100h以上を要する。内部歪大で極度に粗粒組織なる大型鋼塊は温度範圍に對して敏感であるから, 鍛造作業を與へてから焼鈍するのが良い, これは組織を改良するには熱処理よりも熱間加工の方が効果的であるに依る。最大の鍛鍊鋼は現今水壓機によるもので例へば200t鋼塊は10000t水壓機で行はれる。水壓機は大型鋼塊の中心に迄鍛鍊効果を及ぼすことが出来る。蒸汽錠は比較的小なる鍛造に使用される。鍛造技術は半世紀前よりは細い點に於てのみ變化し根本的には50年間變化がなく, 試験上大型鋼塊の初期の取扱に就て注意が必要であることが判り, 冶金科學が發達して鍛造を合理的に説明し, 複雑な合金鋼が出現し, 機械技術は大型鋼塊を効率よく扱ふ装置をつくり出した。

大シャフトの鍛造: 最初の作業は他の形の場合でも殆んど同様であるが鋼塊をその全表面に涉り軽く絞つて圓くする。この作業は中心を整へると云ふ最も重要な仕事を伴ひ, 附帶的には鋼塊の外部を形成する柱狀晶を改善する。斯くしてその後の取扱ひに對して敏感性が少くなる。圓められた鋼塊は再熱され, 連次的に仕上寸法に鍛造される。加熱は一樣に行ひ仕上鍛造が適當な温度範圍であつて軸の全體に涉り加熱後は加工する。表面疵の現れる場合は直ちに焼鈍し冷却後チッピング又は研磨に依り除去して再熱する。大型鋼塊鍛造には一般に平面錠とV型金敷上でなされる。

据込及び中空鍛造:—上述の鍛造法では長さの方向の性質は改善される。その後一般に水壓機の下で据込が行はれる。最も簡単なのは完全に丸められた鋼塊を据込むが、場合によつては両端より比較的大なる徑の中心體をもつ軸を造りその小なる徑の一端或は両端を支持臺より突出し垂直に据へ中心體のみを据込む。中空鍛造は水壓機に依り頭部及底部を切り捨て残りの部分に孔を穿つか、熱間に垂直に据込み心を入れる。圓筒體はそれから中心孔を擴げるのに適當な徑の棒鋼の心金で成形される。これを“expanding”と云ひ金敷として作用する心金と水壓機の上型の間で加工される。この圓筒體を“Drawing”するには内徑と殆んど同じ徑の心金を入れ両端を支持せず平面上型と心金間及び心金と下部 V 型の傾斜せる面との間で加工される。一般に長さの中央で始め両端に比較的大なる断面を残す。この両端は絞たり、閉塞したりしたとき正しい厚さ及外形である如くに工作する。

大型鍛造品の熱處理:—鍛造終了温度が小なる部品のものより高い必要上、内部組織の不均一性の可能性は大であり、最小限内部歪を除き均一にすべく焼鈍する。大物の液體焼入は效果的に適用するのは困難なるも物理的性質の不均一性を防ぎ、應力の危険な分布を防ぎ得るも外側部の方に利益する傾向がある。硬化ロール或は全重量は大なるも比較的軽い均一断面なる大砲々身及び装甲板は要求せられる物理的性質や硬度を得るのに好都合に焼入されるも、大なる回転應力を受ける大なる徑の軸等の液體焼入は避けられる。大型鍛造品の熱處理の主目的は内部歪の最高度の結晶微細化するものをつくるにある。鍛造作業に依て残された歪の大部分は最初の加熱で除かれるからこれに充分の注意が必要で、鍛造後冷却する途に加熱爐に装入し徐々に均一に加熱し、その温度に永く保つ、徑 1" に就き 1 時間と云ふ古き法則は徑が極度に大なるものでも良好である。冷却は爐中或は空冷する。結晶微細化には變態點以上で一度或は數度順次比較的低い温度で繰返す。この各場合に於て断面 1" に就き約 1 時間その温度に保ち空冷する。そして最後に變態點以下に加熱後徐冷する。合金鋼は炭素鋼より一層熱に依る内部割を受け易くこれは鍛造後冷却期に於て起る故に鍛造後熱い間に加熱爐に装入その變態點以上で完全に均熱後、爐中或は石灰面中で 200°C 以下迄極く徐々に均一に冷却する。特に合金鋼の大鍛造品は表面に可成りの餘肉を残して鍛造され後工作加工で除く。

肉眼検査:—試験に就て重要なことは如何なる時に如何にして行ふべきかを知ることであつて、鍛造品に對して最も簡単な試験は完全に注意して點検することで、現在の餘りに多き試験がある故にこの明な、有效な試験を怠り易い。肉眼検査に對して最もよく知られた補助器機は孔の監視用のペリスコープで、廻轉する軸の孔は割、收縮孔、鋭い或は深い工具疵のないことを要する。孔は鋼塊の中心軸を含む部分を通り、且熱間加工の有効な影響を最も受けない點であつて、偏析、非金属介在物、粗粒晶組織を最もよく現す部分であつて、合金鋼に於てこの傾向は強い。外側表面の検査の爲マクロ腐蝕、硫黃印畫、鐵粉を用ひての磁氣的試験等が效果的に用ひらる。又重要鍛造品には殆んど常に擴張力試験が行はれ、既知の化學分析値と併用して鍛造作業の效力及び熱處理を證明する。事實経験ある観察者は抗張力試験結果と試験片端の肉眼検査より他の物理的試験結果を豫見出來ると云ふ。

試験片の位置:—過多の試験片或は拙い位置の試験は利益がない。代表的試験片は試験さるべき金屬の條件を表示するが、その試験片を火造する不要な方法を要しない種々の位置で採るべきである。曲

げ試験、衝撃試験は歐洲に於ける程には米國では大型鍛造には行はれない。顯微鏡検査は熱處理効果を確める爲に行はれる。高壓用容器は使用時受くべき以上の壓力で靜水力的に行ひ、タービン回轉子は旋盤で回轉しつゝ加熱して温度をあげて安定度を試験する。(尾崎)

7) 鐵及び鋼の性質並に物理冶金

鑄鋼作業に於ける X 線透過法の應用例

(H. v. Eckartsberg, H. Juretzek u. W. Mantel: Archiv f. d. Eisenh., 12 (1939), 565) X 線透過検査法には螢光板上で寫像を觀察する透視法と、寫真フィルム上に固定像を得て觀察する寫真法とがある。

X 線透視検査法 この方法は廉價に検査が行はれ、検査時間が短かいと云ふ特長をもつて大量検査に適するのであるが、缺陷部識別性は後述の寫真法に比して著しく劣るので、その應用範圍は狭小である。厚さ 0.5~2.2 mm の種々の厚さの鋼板に直径 6 mm の孔を穿つたものを、種々の厚さの鋼鑄物上に重ね、管球電壓 250 kV の X 線で透過し、螢光板像によつて識別性を検査した結果、肉厚 8~12 mm の場合に最良の値が得られたが、それでも 8% に止つてゐる。又缺陷部識別性は寫像面に於ける缺陷面積の大小に關係するもので、缺陷面積が或程度減少すると相對的の識別性は悪くなる。圓形の缺陷部の場合には直径 3 mm 以下位になるとこの影響が顯著に現れて來る。一般には管球電壓の高低も識別性に關係があると考えられてゐるが、直接螢光板像を見る普通の觀察窓を使ふ場合には殆ど影響がない。理論的に考へれば、透過性は管球電壓と共に高められる譯であるが、X 線の有害作用を除くためには螢光板上に鉛硝子の板を覆ふ必要があり、このために像が不明瞭になる。又時が経つと鉛硝子板が褐色になり、そのために像がぼける。

透視検査法を鋼に應用するのは肉厚の薄い小片の場合に限られ、而も比較的大きな缺陷だけが検出される。また検査の精確さは試片の形状により影響されるから、検査可能の最高肉厚力を一率に定めることも不可能である。透視法の應用範圍を擴げるには高電壓、高電流に耐える管球を得ること、X 線に安全な透過臺を作ることが先決問題となつてゐる。

X 線透過寫真検査法 鋼板の透過寫真を撮すのは容易なことで、適當なフィルムと増感紙を使へば 300 kV で厚さ 10 cm まで検査することが出来るが、鋼鑄物となると一般に肉厚が複雑に變化して居り、縁の部分に過剰露出を起したり、散亂 X 線が生じたりして寫真像を亂すので検査が困難になる。缺陷識別性を良好ならしめるためにはフィルムの黒化度曲線のうち最も傾斜の急な直線部分を利用すべきであるから、被檢物體の肉厚の差は、その各部分を通過した X 線の強度が黒化度曲線の直線部分内に収まりきる程度でなければならぬが、實際にはこの條件が満されない場合が多い。大きすぎる肉厚の差を補ふためには重金屬の箔を用ひるのが良い。また肉厚變化の大きい鑄物の検査には、缺陷識別性が幾分悪くなるのを犠牲にしても、黒化度曲線の緩やかなフィルムを利用すれば、コントラストを低下せしめ得るので都合が良い。なほ肉厚の差の大きい物體の寫真のコントラストを下げるためには、管球電壓を高めて硬い X 線を利用することも効果的である。散亂 X 線を減少せしめるにも管球電壓を高め、被檢體と管球との間に重金屬のフィルターを挿入して軟かい部分を除去した硬い X 線を利用するのが良い。何故ならば波長の短い程散亂 X 線が一次 X 線の方向に近づき、散亂 X 線に基く像の亂れが減少するためである。更に被檢物體とフィルムとの間に錫箔

を挿入することも散乱X線の除去に効果がある。

X線透過写真検査法には全體撮影法と部分撮影法がある。被検物體の大きい場合にはフィルムの大きさに制限があるため専ら後者に依らざるを得ないが、澤山の小被検體に就て氣孔の存否を検査したいやうな場合には前者を利用すると都合が良い。併しかやうな場合には上述の如き短所があるために缺陷識別性は良くない。部分撮影法は缺陷部分の大きさや形状を正確に知り度い場合に利用すると効果がある。従つてこの方法は全體撮影法を補足する意味で行はれたり、X線透過検査法以外の検査（油の中で煮る等）を補足するために行はれたりする。

X線写真を判断するためには非常な経験を必要とする。鋼鑄物の特徴として如何なる疵が現はれるか、如何なる場所にその疵が現はれるか、また如何なる形をして現はれるかといふことを熟知して居らねばならぬ。併し實際の鋼鑄物の生産工程に於ては、X線透過検査法は費用が嵩むといふ理由から、特に高い應力の掛る鑄物とか、使用経験の餘り多くない鑄物とかの場合に例外的に利用されてゐるに過ぎない。

(一色)

静的及び繰返し應力を受ける場合の金屬の匍匐

(By F. C. Lea, The Iron Age, 1938, Nov. 17) 著者は23年前に金屬の性質に及ぼす温度の影響に關し研究を始めたのであるが、間もなく次の様な事を見出した。即ち、或る温度になつた場合金屬の所謂機械的基礎性質はすべて荷重をかける時間に無關係ではあり得ず、永い間には一定の應力の下でも歪は進行し普通の荷重速度で得られる破壊應力よりずつと低い應力に於ても遂には破壊するに至る事があり得るのである。更に1917年には著者及びJ. J. GuestはProceedings of the Royal Societyに常温に於て而も弾性限界よりも低い應力の場合でも歪の僅かな増加が起り得る事を發表した。現在では“匍匐”として知られてゐる現象は非常に重要なものであることが明らかとなつたのである。

先づ最初には種々の金屬に就き常温に於て實驗を行つた。一例として所謂基礎的性質のよく知れてゐる軟鋼に就き降伏點附近の應力に於ける匍匐に關し調査した所を示せば次の様である。或る特定の應力に達し降伏が起るとその應力のまゝで歪の増加即ち匍匐は數時間は繼續する、然し遂には匍匐は停止してしまふ様である。更にその降伏點を起して應力をかけると匍匐は或る期間繼續し遂には停止する。炭素量0.14% 825°C (1517°F)で熱處理した軟鋼は22 kg/mm² (31360 lb/in²)で匍匐を起し初めは不規則に歪を増し次いで歪の増加は緩慢ではあるが定常的となり殆んど4h繼續する。應力を増せば匍匐は再び起り數時間繼續する。この様にして應力を少し宛上げて行つた所、39.4 kg/mm² (56000 lb/in²)に於て、4h匍匐した後遂に切斷した。又18~8不銹鋼に於ては、應力9.5 kg/mm² (13440 lb/in²)で僅かの匍匐を示すが20h後には停止する。15.7 kg/mm² (22400 lb/in²)では匍匐は60時間で停止する様に思はれ、以後40時間を経て殆んど歪の増加は見られない。22 kg/mm² (31360 lb/in²)では匍匐は比較的速く進み106h持續する。63 kg/mm² (89600 lb/in²)の應力では672時間後には匍匐は停止するが、69.2 kg/mm² (98560 lb/in²)の應力では10mnで切斷してしまふ。然るにこの材料は普通の引張試験では引張強さは86.5 kg/mm² (123200 lb/in²)以上なのである。

次いで高温に於ける實驗を行つたのであるが、この實驗に於て所謂匍匐限度の測定には非常に長時間を要し、且歪測定装置も非常に精密なものを必要とし、その上温度の調整も非常に重要な問題で

ある事が明らかとなつた。例へば或る場合には匍匐の歪速度が毎時1/106以下といふ程度が問題となる。この場合10hの間の伸は僅か1/10⁶である、然るに温度が2°C (36°F)變化したとするとこれに依る長さの變化は2.8×1/10⁶であつて匍匐による伸よりも遙かに大である。従て1°C (1.8°F)の温度變化があるとなれば1/10⁶といふ歪速度を測定するためには少くとも14h以上の匍匐を觀測せねばならぬ。引張試験で匍匐現象を研究する時には試験片の徑が變化する事を考慮せねばならぬ。荷重を一定に保つとすれば應力が徑の變化により變るからである。この變化は匍匐が僅かであれば餘り問題とならないかも知れないが振り試験の場合にはこの事は全然なくなる。歪の測定に於ても振りの方が比較的容易であり、中空断面を用ふれば各部に於ける應力の不同は可成り小さくする事が出来る。著者は標準試験として振り試験の方が容易で種々の利點を有する様に考へる。匍匐試験に於ては二つの重要な問題があると思ふ。第一には與へられた時間内に歪歪量が如何程になるかといふ事で、第二には最終の歪速度が如何程であるか、即ち最終の歪速度が與へられた歪速度より小であるかどうかといふ事である。この二つの點を考慮すれば材料の使用状態に對する適否が判定出来る。

匍匐現象は荷重をかけてから比較的初めの時期に大きく現はれる。これは歪により材料が硬化するために歪速度が減少するのであると考へられる。又或る高温に保持すれば材料の性質に變化を生じ、そのために匍匐の歪速度が増大し或る應力の下では遂に破壊にまで至る事も考へられる。然し經驗に依れば、温度及び應力が或る値以下に保たれるならば匍匐は僅かで實用上問題とする程度でなく破壊するには至らないといふ事は明らかである。

高温に於て作用する構造物又は機械の設計に對し、普通の試験により材料の破壊應力を求めてこれに或る係数を掛けて用ひる事は不適當で、所謂匍匐限度を求める事が必要となつてくる。

金屬の匍匐は或る應力が加へられてゐる時間の長さにより左右されることは既に述べた所により明かである。従て或る試験片が繰返し應力を受ける場合には材料の示す抗力はその周期に因り變化するだらうといふのは考へられる事であり、若し匍匐が起るとすれば匍匐の様子は静的匍匐試験の場合と同じ様な傾向を示すだらうといふ事も豫測出来る。或る蔓卷バネを温度400°C (752°F)に於て、毎分160回の繰返し荷重で試験した所、平均應力31.5 kg/mm² (44800 lb/in²)の場合にはバネは匍匐を起し500000回の繰返し數の後破壊した。平均應力12.6 kg/mm² (17920 lb/in²)とした所、匍匐を起すには起すが次第に少くなり、800000回繰返しても破壊しなかつた。繰返しが速いときは600°C (1112°F)の温度で數百萬回の繰返しに耐へ得る應力範圍は常温に於ける範圍と餘り差がないこと興味ある事柄である。然るに繰返しが遅い場合、即ち毎分2~3回の場合には静的匍匐試験に於けると同様の状態を示す。引張強さ44.1 kg/mm² (62720 lb/in²)の軟鋼に就き温度426°C (817°F)に於て試験した所によれば、9.5 kg/mm²の應力で静的匍匐試験の場合、20~30日で歪速度が10⁻⁷の程度に落付く。引張壓縮繰返し試験では毎分2000回の繰返しで、應力は+22 kg/mm²から-22 kg/mm² (31360 lb/in²)として數百萬回の繰返しに耐え得るのに對し繰返し周期を長くして毎分2 1/2回とすると、應力0から12.7 kg/mm² (18000 lb/in²)に於てすら二、三ヶ月の後には匍匐を起し破壊してしまふに至るのである。

要するに匍匐現象は300°C (572°F)以上の温度では大きな影響を示し、すべての型の壓力容器では300°C (572°F)に於て匍匐の

割合を許し得る程度におさめるためにはその温度に於ける引張強きの約 1/2 以下の應力とするを要し、400°C (932°F) ではその温度に於ける引張強きの 1/3 以下の應力とするを要する。原動所又は相當の高温で作用する様な機械を設計するに際しては、設計者は許し得る最大歪と品物の壽命とがどの程度かをよく吟味し、これから割出して使用應力を決定すべきである。新しい使用条件に對する材料の關係値は短時間試験で近似的に求める事は出来る。然し如何なる方法をとつても短時間試験では最終の歪速度を求める迄にはなつてゐない。即ち匍匐の割合が與へられた割合よりも小である様な應力値。言ひ換へれば眞の匍匐限度を決定する様な短時間試験方法は未だ見出されてゐないのである。(橋本)

9) 化學分析

鋼中の介在物とガス

(F. F. Franklin, Blast f. Steel Plant, 26, (1938) 1081-1084, 1096) 鋼中の介在物並にガスが鋼に及ぼす影響は複雑で且不定である。Bardenheuer 及 Keller に依れば、C 0.6% 以下の炭素量は水素の含有に依り、1093~1204°C に熱脆性を、800~900°C で赤熱脆性を示すし、Ni 3%, Cr 1% の鋼に對し、800~900°C で赤熱脆性を生ぜしめるが、焼鈍すればこれを救済し得ると言ふ。Castro に依れば酸素は 1000°C で低炭素鋼に熱脆性を生ぜしめ、これが固溶してゐれば異常性や結晶粒度の調整に大なる影響を與へると言ふ。

粒度に關する McQuaid 及び Ehu の論文以來、粒度調整に微量 Al_2O_3 の影響が推理され、McQuaid は炭化物粒子に依ると考へ、Mitsche は超顯微鏡的な核が結晶粒成長に關係あると考へてゐる。彼はこの核に同族の異族の 2 種ありとし、前者は鋼と同成分、後者は鋼滓成分の粒子とし、これが變態を阻止又は促進すると説明した。Morgan はこの介在物は顯微鏡的の大きさを有するも鋼質に影響せず、就中珪酸物の介在物を重視してゐる。

Norbury 及 Morgan は熔融鑄鐵に 0.1~0.2% Ti を加へ、 CO_2 を數分間通じて黒鉛を微細化した。反對にこれを粗大化するには水素を流通して目的を達した。 CO_2 は金屬を酸化し、チタン酸物を生成せしめ、これが黒鉛發生の温度に於て尙融體であると解してゐる。この種の介在物は鋼中に發生せず、逆つて過冷せしめる効果がある。然るに Si, Ca-Si, Al 等の添加は介在物發生の根源となる。鋼材の抵抗熔接は介在物があれば結果不良である。又導電性の介在物、例へば硫化物等は耐蝕性を著しく低下せしめる。これに反し SiO_2 , Al_2O_3 等はこの害が少い。

介在物の量、形狀等を測定する研究は近年極めて盛んである。Melikhov は接眼鏡に 0.1 mm のマイクロメータを附し、顯微鏡下に介在物の數と方法を計測し、これより野中の介在物量を算出する方法を試み、Czochralski も同様な檢鏡法を案出してゐる。他方 Aronovich 及 Lyubarski は介在物の占有面積より算出する方法を行つてゐるが、同一試料を電解法で定量した結果に比すれば 3~58% 高値を示してゐる。

Niessner は表面に存在する介在物を硫貼寫と同様に印畫とする方法を行つた。この方法は検出せんとする介在物に敏感な試薬を浸したゼラチン紙を試料表面に壓迫する方法で、更に Mitsche¹² 依り改良せられ、臭素紙を鹽酸中に浸漬してこれを行ひ、硫化物を筈出す方法が行はれ、又 Dienbauer はこれに食鹽を添加して像を鮮明とするに成功した。

鋼より介在物を分離する方法として Hare 及 Soler は電解法を用ひ、この分離した残渣を化學的に X 線的に檢し、岩石學上 7 種の鑛物を檢出してゐる。Graham 及 Hay は Fe, Mn, Si, Al, Ca 等の介在物を檢出する新方法を發達せしめた。これは試料をアラバム研磨劑にステアリン酸を混じたもので仕上げ、10N 鹽酸で腐蝕

して Fe, Mn, Ca 等の介在物を溶解し、更に稀硝酸で處理して Si, Al 等の介在物を溶解し、各々を別個に沈澱せしめ、これを檢鏡する方法である。

真空熔融法の最大の誤差原因は、試料中より揮發した Mn, Al 等が上部の冷所へ凝縮し、これが酸素及び酸化炭素を吸着することである。又他の原因は窒素が爆發ピペット内で酸化することである。Tannhauser は先づ凝縮金屬が CO を吸着するのは 750°C 迄で、之以上では放出する事實より、豫めこれ等を揮發せしめた後、凝縮物を真空中で再加熱して吸着ガスを抽出する方法を行ひ、又分析には白金の加熱毛管を使用し、兩者の誤差を除去するに成功した。

Motok は所謂分別真空熔融法を案出した。この方法は FeO, MnO, SiO_2 , Al_2O_3 等の各酸化物の分解温度で階段的に真空熔融を行ふもので、各酸化物に就ての個別的抽出試験を基礎としてゐるので、珪酸物、アルミ酸物等は同時に分解され、又各酸化物は真空熔融中相互に反應しないと假定してゐる。

Colbeck, Craven 及 Murray, Thompson, Vacher 及 Bright 等の研究は注目される。彼等は非金屬介在物の各種方法を比較研究した。この結果に依れば、金屬の可溶性と、非金屬介在物の不溶性を利用する諸方法は信頼性が低い、即ち鹽基性酸化物及或る種の珪酸物、アルミ酸物は可溶であり、金屬珪素は溶解中含水珪酸を沈澱するが爲である。電解法では炭化物、硫化物、鐵鹽等が加水分解して残渣中に混入し、又水素イオンを増して酸性を高めれば或る種の鹽基性酸化物は溶液に入る危険がある。ヨード法は或る鋼には良いが、硫化マンガン完全に溶解せず、合金鋼では残渣中に炭化物を残留する。鹽素法にはこの困難はないが、 Fe_3P に對する作用は不詳である。

真空熔融法は全酸素量を知り、又水素、窒素等を同時に分析し得る特長があるが、分別法は未完成である。

Hare, Peterson 及 Soler は豫め真空とした管を熔鋼中へ入れ、熔鋼を吸上げ、溶存ガスや、凝固時の放出ガスを定量する方法を行つたが、試料採取時の誤差は免れ難い。

Meyers は C 0.3% 以下の鋼に對し、出鋼前 5/8×5/8×12 in の砂型に鑄込み、黑色迄冷却せば水冷し、これを U 字形に曲げ、若し龜裂が入れば酸素量が高く出鋼不可であるが、よく曲げられれば仕上つたものと判定するを試みてゐる。

電氣製鋼中の非金屬介在物の分布並に性状に關しては Reine 及 Vickers, Whiteley の研究がある。彼等は鋼浴と鋼滓中の酸化物を比較し、鋼浴の炭素量と FeO 量が逆比例するを示した。酸性平爐に就て Lukashivich-Duvanov 及 Germant は、熔解中に生成する介在物の量及種類は出鋼時のそれと等しいと述べ Ivanov, Zamotev 及 Morozawa は C 0.8~0.85, Mn 0.35~0.45% の同種の鋼を熔解し、沸騰時間を 2~2.5 時間とし、鑛石並に Fe-Mn の使用を制限したとき最少量の介在物となつたと言ふ。Körber は鋼浴に多量の Al 及 Ti を添加しても僅かに鋼浴中に残留するのみで優秀な脱酸劑であるを見出してゐる。

ガス及び介在物に及ぼす温度の影響に就ては Chipman 及 Samarwa 研究し、鋼浴中の酸素量は分體氣の水蒸氣-水素比に比例し、従つて平衡恒數は温度のみの函數で、[FeO] に支配されないと述べてゐる。

製鋼作業では可成の少量の脱酸劑を使用し、且鋼浴中のガス並に介在物の僅少なることが必要である。高周波爐に於て湊及小林は介在物減少の手段を實驗的に明らかとし、Fedorov は平爐の沸騰時間を 2.5~3 h にして成功してゐる。これより長時間又は短時間でも結果は不良である。Hare 及 Soler は鋼浴の攪拌に依り目的を達すと述べてゐる。

Girardit 及 Lifebure はアルカリ滓を用ひ、鑄鐵中の介在物の低下に成功してゐる。(前由)