

油中焼入後 650° に焼戻し前述<sup>(4)</sup>と同様シャルピー衝撃試験機により高温に於ける衝撃試験を行った。その測定結果は第5圖に示した。(圖省略)但し各測定値は2本の試料の平均値を示した。試験温度に対する衝撃値の関係は前述<sup>(4)</sup>と同様である。即ち各試料共常温の場合は衝撃値低きも試験温度を上昇するに従い急激に靱性を増し 500~600° 附近で極大を現はし 700° 以上は急激に増大する。尙 C 0.25~0.29% の場合 V 量約 0.5% に於ては高温硬度は稍小なるも衝撃値高く即ち靱性大なることが首肯される。

## VII 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

(1) C 0.25~0.35%, Cr 2.5%, W 10~12% の熱間工具鋼 DC に及ぼす V 0.25~0.8% の影響を研究した。

(2) C 0.26% の場合 V 含有量を増加する程加熱及び冷却の際の變態点を上昇する。但し冷却の際の變態点は V 0.5% 以上は殆んど變りない。C 0.29 及び 0.36% の場合には V 0.25~0.40% によつて冷却の際の變態点には余り大差ない。

(3) 850~1100° の6種類の最高加熱温度による焼入硬度を測定し、又焼戻による硬度の變化をも求め V の効果を明かにした。

(4) 1000° から焼入した試料の 600° 及び 700° の温度に反覆加熱及び冷却による硬度の變化を調べ焼戻軟化に対する V の影響をも確めた。V 量を増す程焼戻軟化に対する抵抗は概ね増大する。

(5) C 0.25~0.29% に於ては V 量約 0.35~0.40% の範圍のものが高温硬度も高く又靱性も比較的大である。C 0.36% に於ては V 約 0.4% の方 0.3% の場合より高温硬度は大である。衝撃値は僅か劣る。

(6) 上述の研究の結果から熱間工具鋼として C と V 量とは極めて密接な關係に存する。即ち一定 C, W, Cr 量に對し適當な V 含有量の存することを明かにした。

終りに臨み本研究を遂行するに當り終始懇篤なる御指導を賜りたる菊田博士に深甚なる敬意と感謝の意を表する。(昭 23・10 月寄稿)

## 参 考 文 献

- (1) 小柴, 永島, 熱間工具鋼の研究 第1報 “鐵と鋼” No. 4 1949 (昭24—4月)
- (2) 小柴, 永島, 熱間工具鋼の研究 (第3報) “鐵と鋼” No. 7 1949 (昭24—7月)
- (3) 大屋, 金屬の研究 5 (1928), 349
- (4) " " " 5 (1928), 434
- (5) " " " 7 (1930), 632

## 冷間壓延用鍛鋼焼入ロール

(昭和 23 年 10 月 日本鐵鋼協會講演大會講演)

足 立 彰\*\*

### FORGED STEEL WORKING ROLLS FOR COLD-ROLLING MILLS.

Akira Adachi.

Synopsis: The development of heavy cold-rolling operations of the backed-up type has drawn attention to the rolls employed. The paper is a record of the pioneer's research and experience with the large working rolls in Japan. The process of manufacturing steel ingots with basic electric furnace and then forging, quenching, machining, grinding, and finally inspecting methods are discussed. The stress relationships occurred in quenching period are also discussed. Some suggestions are advanced for improving cold roll performance.

### § 1 緒 言

冷間壓延作業に於ける諸要求が次第に高まつて來たので近年では二段壓延機より多段壓延機に變つて來

た。これに依つて仕事量は増大し均等なる優良製品が生産される様になつた。特に高級なる四段壓延機を串型に幾つも設置し高速度にて強い壓下率の下で連続して長大な板を冷間壓延する設備は北米合衆國に於て自

\*\* 大阪大學工學部助教授

動車並に航空機工業の發達と共に近年長足の進歩を遂げた。これに使用せられる作働ロールは極めて強烈なる應力に耐へ得る高級なるものでなければならなくなつた。以前は屢々鑄造ロールが使用された、然しこれはその硬度と強靱性とが不充分であるので近年では特殊合金鑄物例へば Adamite roll と稱せられる 1.5% C, 4.5% Ni 及び少量の Mo を含有せるもの或はこれの Ni の一部分を Mn, Cr 等で代用せるものが製造せられ硬度の不足は満足された。即ち通常の冷剛鑄造ロールがショア硬度數 60~70° なるにこの特殊合金冷剛鑄造ロールは凡そ 90~100° に上昇してゐる。然しこのロールにも尙ほ缺點がある即ち壓延作業時に於ける強烈なる應力に耐へ得る強靱性が不足し高級なる壓延機特にストリップミルに於ては簡単に頸部より切斷破壊する。又合金鑄物に於てもチルされた部分は成程マルテンサイト組織にはなるが若干軟質なる地と硬い共晶炭化物との二成分よりなり連続壓延する場合表面の光澤を失ふ従つて壓延した製品の品質が劣る。これらの應力並に表面状況に就いての最大要求は鍛鋼製焼入ロールによつて達成された。このロールは微細均等に多量分布せる炭化物を含んだ純マルテンサイト組織よりなる硬化層を有する故表面は均等なる硬度を有し同時に極めて強靱なる中心部を有して居る。この鍛鋼製焼入ロールの製造は凡そ百年前獨乙の Alfred Krupp が坩堝鋼より鍛造せる小型ロールを水中に焼入れて作り<sup>(1)</sup>貨弊の製造に使用されて以來絶へず進歩發達し今日では鐵鋼、輕合金の帯板の仕上壓延に使用せられ今尙ほその製造技術上の發達は停止しない、我國に於て本ロールは以前は専ら獨乙より次いで米國より輸入せられてゐたが小型中型製品に就き國産化に專念せられたる結果漸次製造技術は確立し品質も次第に向上し現在では外國製品に劣らざる優秀製品を産出するに成功したるも大型ロールに就いては製造に着手してより年月も淺く未だ充分完成するに至らなかつたが今次大戰以來輸入は杜絶し國産化に努力せる結果漸く近年實用し得るものの製作に成功し漸次品質の改良、量産化に成功せんとしてゐる。

## § II 組成, 硬度

冷間壓延用作働ロールは表面硬度が大でなくてはならぬ、普通ショア硬度數 90 以上更に 95 以上あれば充分である。ロールは繰り返し研磨し絶へず清淨なる表面を維持しながら長時間使用に耐へ且つ壓延の際の壓力による押込みに對して充分抵抗するだけに硬化層の厚さは大きくなければならぬ。中心部及び軸部は

ロールの僅かな彎曲を許容し破壊を起さない様に強靱でなければならぬ。これらの要求は例へばロールが硬い焼入硬化層の凡そ 10~20mm の厚さで軟く強靱なる中心部を包圍せる事に依つて適當に満足される。凡そ 0.9% C なる共析鋼よりなる徑 30mm 丸棒試験片を水中に焼入すると凡そ 3.5mm の厚さの硬化層は軟い中心部に移り變る。これは外部よりの衝撃に弾性を有してゐる。炭素鋼にてロールを製造する場合、徑 40mm 以上のものは完全なる硬化層を作り得ない、即ち炭素鋼は變態の臨界速度が早い爲に硬化層は薄くて作業中凹みを生じ又局部的に軟點を生ずると云ふ困難がある。この材料に凡そ 2% 以下の Cr を添加すると硬化能従つて硬化層の深さは増大する。<sup>(2)</sup> ロール材に就いては色々な組成のものが研究され又實施されたが<sup>(3)</sup> 焼入技術と長年月に渡る使用成績より見て C 0.70~0.95%, Cr 1.2~2.0% の範圍のものが最も適當してゐる。即ちこれらの組成のものが最も安定せる最高硬度(ロツクウェル硬度 C<sub>64</sub>~65°, ショア硬度 95~100) が得られ且つ適當な硬化層と強靱なる中心部とが得られる。又耐摩耗性も極めて良好である、以上の組成のものに種々の特殊元素を添加したるもの即ち 1% 以下の V, W, Mo, Ni, Ti 等を添加したるものが提出され<sup>(4)</sup> 又實用せられたが何等有効なる結果を齎らして居ない。著者も V 及び Ni を夫々單獨に 0~0.7% の範圍で種々の割合に添加せるものを製品となし實用に供せるも未だ變つた結果を示してゐない。大型ロールは種々調査研究の結果<sup>(5)</sup> 次の組成範圍に製作せられてゐる。C 0.75~0.90%, Si 0.35% 以下, Mn 0.4% 以下, Cr 1.4~2.0%.

## § III 製鋼作業

1) 使用原料: 本ロールは製造中特に焼入工程中強い熱應力並に變態應力を受け又使用中強烈なる繰返應力を受けながら作業せられる故疲労破壊に充分耐へるものでなくてはならぬ。又表面は常に清淨で優れた光澤を有してゐなければならぬ。これらの條件に對して製鋼原料としても極度に嚴選した優良なるものが必要である。屑鐵原料としては酸化し居らざる高炭素鋼屑を理想とす又磷硫黃等の不純物或は酸化鐵、鏽滓等の介在物少なき良質の海綿鐵にてもよい(獨乙製鋼クレフェルト工場にては本ロール材熔解時に特に 20% の海綿鐵を配合して居る) 特殊鋼屑は出来るだけ使用を避ける、特に Al 又は Cr の含有は出来るだけ避けねばならない、Al は特殊な場合以外は容易に避けられるが Cr の混入は現在我國の原料資源狀況より

避け難い故熔解直後の Cr の含有量を 0.5 % 以下に嚴守する如く作業を進める（但し高周波爐による場合は別である）Cr, Al等は酸化精錬時期に容易に微細なる酸化物を形成し熔鋼中に浮遊し除去されず酸化精錬の目的たる水素及び非金属介在物の沸騰による機械的な除去作業を困難ならしめるのみならず酸化クロム、酸化アルミニウムは還元期に於ても充分還元し切らず最後の製品中に非金属介在物として残存し表面上に於ては砂疵となり又内部に於ては破損の起點となる等の悪影響を齎らす。酸化精錬期に使用する鐵鑛石は良質の比重大なるものを選ぶ我國では一般に赤鐵鋼が用いられてゐるが獨乙等では瑞典産の良質な磁鐵鑛が用いられてゐる。螢石、硅素鐵、クロム鐵、炭素粉（コークス粉、無煙炭粉）等は鐵鑛石同様充分豫熱乾燥し水分を除去して置く、石炭は拳大の水分の少きものがよい。

2) 爐材： 鹽基性電氣爐の爐床は充分燒結せる優良なる燒ドロマイト又は燒マグネシヤをタール又は苦汁を混じて搗固める。爐壁は天井近く迄爐床と同材料を用ひるか或はマグネシヤ煉瓦を用ひ上部及び天井は硅石煉瓦を用ふ。以上は一般鋼材の製鋼作業に對して行はれるが本ロール製作に際しては特に精精條件の良好なる様充分吟味して行ふ。爐床及び爐壁を硅砂、硅石煉瓦を用ひ酸性製鋼法を行つても良い。米國では酸性平爐が用ひられてゐる。

3) 精錬作業： 使用原料中に S, P, 等の有害不純物多き場合は熔鋼中の炭素量は熔け落ちて 0.30~0.40 % 程度とし鐵鑛石と石灰を装入しながら除滓を繰返し充分沸騰せしめ瓦斯及び非金属介在物の除去に努め過酸化に陥らざる様滿鐵を補給しながら炭素量を 0.05~0.10 % 程度迄下げ次に還元精錬に移る。使用原料中 P, S 等の有害成分少なき純良なる炭素鋼屑を用ふる場合は熔け落ちよりの熔鋼中の炭素量は出来るだけ高く保ち還元期には加炭材の添加量を出來得る限り少くす。還元期に於ては初期には弱カーバイド性、末期には白滓とし出鋼直前 Al を添加して充分脱酸後出鋼す。

4) 造塊作業： ロール材は凝固時間長く従つて白點、凝離偏析、ゴースト、第二次收縮管等鋼塊内部の缺陷を生じ易く従つて焼入作業其他の製作工程中或は使用中これらの缺陷に起因する破損を生じ易き爲鋼塊形状は適當なる事が必要である又赤材の取扱ひにも慎重なる注意が必要である。鑄込温度は 1500~1520°C を適當とし鑄込速度は 6.5t 鋼塊一本に 7~10 分間程度を適當とす。押湯保温は特に入念に行ひ藥灰ズンベ

或は特殊保温劑を用う。鑄込後赤材を引抜く時間は重要にして熔鋼が完全に凝固し終れば出来るだけ早く引抜き 800°C 附近に豫熱せる鍛造用加熱爐に送る。凝固時間は 6.5t 鋼塊で 4~4.5 時間である。

#### § IV 鍛造 作業

鍛造係數と強度との間の關係の詳細なる調査<sup>(6)</sup>に依れば一定の限界迄は衝撃値が鍛鍊係數と共に増大する事を示す。鍛造用水壓機の壓力はそれ故ロールの寸法形状に對してこの法則に相應せる關係が成立たねばならない。然し鍛鍊係數に就いての見解は各製造業者に於て種々巷々である<sup>(7)</sup>。最も多くは 4~6 倍にされる米國では次の意見が代表的である即ち鍛鍊係數は出来るだけ小さくする（凡そ 2 倍）これは鋼塊中に存在する缺陷例へば非金属介在物が擴がらない爲で圓形で存在する方が害が少ないとの理由に依る。一定の鍛鍊係數に達せしめる手段方法に對しての意見も同様に種々巷々である單に打ち伸し作業のみが行はれる場合は大鋼塊を必要とする。この場合は自然造塊技術上困難を生じ偏析、白點、收縮間隙等の生成する危険がある。鋼塊の頂部切斷後据え込みたる後打ち伸す方法と先づ打ち伸し次に据え込み再び打ち伸す方法とがあるが主として後者を採用して 150)t 水壓機を用いて鍛造成形した。

#### § V 熟 處 理 作 業

1) 燒鈍處理： 鍛造成形せられた素材は 800°C 以上の赤材にて燒鈍爐に移す。燒鈍處理は後に行はれる施削、穿孔等の機械工作を容易ならしめ且つ材質を強靱ならしめるためセメントタイトの球状化處理の爲變態點の上下温度に加熱冷却を繰返す方法も行はれてゐるが經費と時間を節減する様短時間で行うがよい、然しロール材は熱傳導率が低く且つ斷面積が比較的大きい故加熱冷却の速度が適當でないとい内部應力の爲氣付かざる内部龜裂を起したり或は白點等を發生して遂に破壊の原因となる。

2) 燒入： 燒入れ作業前荒仕上げを行ふ胴部は研磨仕上げ代 1~2mm を残し、銳角の隅角部、斷面の小なる部分或は變化の多い部分及び深い溝等は出来るだけ作る事を避け燒入れ完了後成形する。その爲軸部及び隅角部は石棉板及び鐵板にて充分包裝して燒の入らない様にする。加熱はロールの寸法、形状、加熱爐の種類等に應じて適當な速度で行う。加熱爐は重油、瓦斯、石炭、電氣等熱源の種類により種々の型式のものが使用せられる。低温度のロールを徐々に温度を高め全體を均等に加熱する場合と急速に胴部表面のみ加熱する

場合とある。後者の方法としては瓦斯焰或は高周波電流にて急速加熱を行う爲焼入中の熱應力は僅少でよいが未だ大型ロールには成功していない。爐には垂直型と水平型とあり各々利點缺點がある。著者等は軸部の包装部を充分乾燥し且つ豫熱する爲 200~300°C の爐中にて數時間乃至十數時間加熱後垂直電氣爐或は臺車式石炭爐にて加熱した。830~820°C の焼入温度迄の加熱速度及び保持時間はロールの寸法形状等により適當に定める。焼入方法並に装置は各社獨特のもので他の一般鋼製品の場合と著しく異つてゐる。胴部外表部のみ極度に高き硬度とし他の部分は強靱なる低硬度に保たねばならない。従つて冷却過程中著しく強烈なる熱應力並に變態應力を發生して屢々破壊する。ロールの形状寸法に應じたる適當なる寸法の水槽(水温 20°C を適當とす)中に急冷せるロールは水温を次第に上昇せしめ同時に中心孔部を冷却しながら冷却速度を調製する。適當時間後引上げ 100~150°C に保持せる油槽に移し徐々に室温迄冷却す。

### § VI 焼入中の内部温度變化

焼入を行う場合鋼材内部の温度が時間と共に如何に變化して行くか又焼の入る程度は如何程なるか知り度い場合が屢々ある。鋼の焼入温度は焼入温度、保持時間、冷却條件、結晶粒度等種々條件によつて變化するものである。實際製品の焼入れ中斷面に於ける温度經過を實測により決定することは甚だ面倒であるが H. Treppschuh<sup>(7)</sup> はロール材に就いて測定した。この實驗には二つの圓筒が供せられた。圓筒 I は外徑 385mm 内徑 77mm 胴長 600mm 圓筒 II は外徑 250mm 内徑 50mm 胴長 700mm 孔の徑と外徑との比は兩者共に 1.5 となる。圓筒は測定の爲上面の三箇所より胴部中央部迄穿孔した。圓筒は隅角部を保護物で包み徐々に豫熱した後 800°C の焼入温度迄加熱した。この場合測定點と I と II の間の温度差は最高 70°C となつた。圓筒は外部よりのみ冷却する場合と外部及び内部孔とより同時に冷却した。外徑 385mm の圓筒に於ては内部温度を 150°C に低下するために外部よりのみ冷却する場合は 33 分間要したが同時に内部孔も冷却すると僅か 20 分間費すに過ぎなかつた。外徑 250mm の圓筒の場合では 14 分間と 8 分間とであつた。温度時間曲線に於て注目すべきは約 700°C に於て内部の變態が明瞭に起つてゐる事である。變態熱に依り中心部の温度降下は著しく妨げられてゐる、それで少時間周邊と中心との間に著しい温度差が起る。その結果周邊層に對して中心部の著しい收縮が内部の變態終了後起る。

### § VII 焼入れロールの内部残留應力

ロールは焼入れ中或は熱處理終了後低温度の所に長時間放置せられるか機械仕上加工中、研磨中或は使用中に於て外部的に何等根據の認められないのに縦方向或は横方向に龜裂の發生する事がある従つて焼入れの際發生せる内部應力はその材料の分離抗力の近くに在る。ロールの焼入れは運動せる水或は噴水中で行はれ極度に高い表面硬度及び深い硬化層が要求せられる爲外部表面に對する冷却條件は制限を受ける。然しながら中空ロールに於ては孔に附加的な冷却を行つた應力分布状態を變えることが出来る。例へばローターの場合の如く大型圓筒狀鍛造物の内部に於ける引張應力の危險性は焼入れの際孔を冷却することによつて著しく除去される事は既に E. Maurer<sup>(8)</sup> によつて示されている。ロールの焼入作業に於て外部より急冷する場合並に同時に内部孔の冷却を伴う場合の斷面に渡る内部應力の大きさ及び分布を調査して最も適當なる焼入作業法を決定する事が必要である。内部應力は實測或は數學的計算によつて確められる。機械的調査法としては E. Heyn 及 O. Baner<sup>(9)</sup> の旋削法から更に發達した穿孔法が Sachs<sup>(10)</sup> により提供され正確に測定出来る様になつた。

斯様にして小試験片に於ける應力は測定出来るが大型ロール内の應力の調査は非常に困難を伴ひ莫大なる費用と時間とを浪費するのみでその結果の正確度は疑はしい、この方法は穿孔能力に條件付けられる周邊部に於ては單に研磨に依ても寸法變化が行はれる。發生した切削熱或は研磨熱によつても測定結果に影響を及ぼす外に材料の應力が漸次減少する事の可能性は W. Ruttman<sup>(11)</sup> が入念に研究を行い同時に X 線測定<sup>(12)</sup> によつて實驗し證明された事により説明される。研究遂行の困難及び誤差發生の可能性は圓筒直徑の増大と共に著しく増して来る。これは直徑 150mm 及 250mm の圓筒に於ける Bühler<sup>(13)</sup> の研究に於て明らかにされている。應力調査に X-線法<sup>(14)</sup> は矢張り用いられない即ちこの方法では圓筒斷面に於ける應力分布並に種々の冷却條件に於ける孔の部分の應力變化を調査することが出来ない。焼入ロールは外層部深く純麻留田組織を示している爲に正確な測定を行う事が困難である、従つて内部應力の大きさ及び分布を確めるには數學的に解決するのがよい。數學的に求めるには焼入中斷面に渡る温度分布を知る必要がある。齋藤省三博士<sup>(15)</sup> は鋼塊凝固の研究に於て物理的恒數を假定して理論的に計算されている、又鋼の硬化能に關聯し冷却過程中の圓筒各部の温度經過を求める式を Asimow

(7) が提出している。然しこれでは履歴熱による温度経過の推移等が起つて正確に求むる事が困難である。Treppschuh は前述の如く大型ロール材に就き實測してこの数値を用い Lorenz (17) の數式に従い應力を算出している。その結果によると外周部の壓縮應力と内部の引張り應力の變動並に内部孔壁に於て内部孔冷却の際張力より壓縮へと應力の逆轉している事が解る。然しこの計算に於ては履歴應力が無視され又外周部の粘性變形量等も考慮されて居らず非常に不完全であるのでこれらに就いては目下調査研究中である。

### § VIII 硬 度 試 験

焼入作業が終了するとそのロールは入念なる硬度試験を行う。硬度計としては製品表面に疵を残すものでは不都合なる爲専らショア硬度計が用いられる。これには種々の型式のものがある即ち C 型, D 型, SS 型等がある。これらの間に於ては測定値は一致せず同一型に於ても一致し難く又同一器具を用うるも測定者間に於て一致せぬ事もあり甚だ不安定な數値を示すものである。依り普通逓信省等で制定せる標準ブロックに依り補正を行いながら使用する。然し同一ブロックにて補正したるものも實際ロールを測定すると異つた値を示す事が多い、これは主として「ダイヤモンドハンマー」の形状、寸法等の相違により曲面を打撃する際の仕事量の差違に基くと考えられる。従つて使用者は常に適當なる標準ロールにて補正する必要がある。種々の型式の内 D 型が最も使用簡便で廣く用いられる。

### § IX 研 磨 仕 上

硬度の測定が終るとロールは頸部、軸部、キー溝等を機械切削仕上げを行い最後に胴部の研磨仕上げを行う。本ロールの硬度、仕上げ程度等は冷間圧延作業に頗る重要な關係があり壓延製品の品質に影響するものであるがこれらは直接研磨法の良否如何に支配される。本ロールの研磨法は砥石の種類速度及び切削量等が相關聯しているので現在では最良の結果を與へる具體的の規定或は方式の如きものはない。従つて或る工場の研磨機に於て最良の成績が得られる方法も他工場の研磨機に於ては必ずしも満足なる結果が得られるとは限らない又同一工場の各研磨機に於てさえ相違する程である。研磨に必要な砥石の數及び種類は仕上げ程度によつて異なり或る場合には 1 個、2 個或は 3 個位にて済むこともあるが高級な仕上げには更に多くの砥石を必要とする。或實例 (18) を示すと次の如し。

操業例	砥石の粒度	砥石の種類
粗研磨	24	アラシダム

粗研磨	50	カーボランダム
中仕上げ研磨	150	カーボランダム
艶出研磨	320	カーボランダム
艶出研磨	400	カーボランダム
仕上げ艶出研磨	500	カーボランダム

### § X 製 品 検 査

機械加工を完了し仕上げたるものは出荷前に丁寧綿密なる硬度検査を行い硬度の局所的な「ムラ」のなき事を確かめ同時に胴部表面疵の検査、寸法検査等を行う。又受荷したる場合も同様の検査を行う。又大型ロールでは實用せられる壓延機に組込み試運転を行う。この際ロールは豫め油槽中にて徐々に 100°C 附近迄加熱し次に其儘冷却して 30°C 附近になつたものを組立て運轉する。嚴冬期低温度のものを其の儘使用する場合は屢々破壊する危険が多い。焼入處理の不適當で残留應力の多いもの或は材質の缺陷を有するロールは殆んど試運転の際破損する。

### § XI 結 言

鍛鋼焼入れロールの製造技術上最も困難とする所は焼割れによる破損を防止せんとする點である。この原因を大別すると素材の缺陷と熱處理中の應力過大とに分類せらる。前者は白點、非金屬介在物、偏析收縮管等主として製鋼作業に關聯するもの及び過熱による結晶粒の粗大化等熱的取扱いの不注意による事に起因す。又後者は主として焼入作業中に發生せる熱應力並に變態應力が大なる残留應力として殘存しその材料の分離抵抗力以上とならんとする爲である。依り製鋼作業としては原料の嚴選、豫熱乾燥を行い酸化精鍊は入念に行い白點發生の原因とされている H<sub>2</sub> ガスの除去並に非金屬介在物の除去に努め還元精鍊期には強還元性鑛滓を避け熔鋼中へ H<sub>2</sub> ガスの吸引を防ぐ様注意し鋼塊の形状、押湯部の保温等造塊上の注意を拂い次に鍛造焼鈍等も入念な熱的取扱ひを行う。焼入作業は最も重要な工程にして残留應力發生の機構を確かめ特殊な方法を行はねばならないが、これらに就いては改めて述べる。最後に製品検査に關しても特殊な注意を拂はねばならない。(昭 23 年 12 月寄稿)

### 參 考 文 獻

1. K. Gebhard, Z. V. D. I. 83 (1939), 269.
2. E. Houdremont, Einführung in die Sondertstahlkunde, (1935) 204.  
F. Wever, W. Jellinghaus, Mitt. K. W. I. Eisenf, 16 (1932) 204.
3. Gmelins Handbuch der Anorg Chemie, Eisen

- Stahl Log. Patentsammlung (1940)
4. H. Illis, Gieps. Ztg, 18 (1921) 438/42;  
E. Schreiber, Metalborss 18 (1928) 2777/78,  
56 (1936) 1291/93 ; R. Scherer, St. u. Eisen,  
59 (1935) 1105.
  5. E. Maurer, H. Korschau' Stahl u. Eisen,  
53 (1933), 209/15, 243/51, 271/81,
  6. R. Scherer, Stahl u. Eisen, 59 (1939), 1105
  7. H. Treppschuh, Arch. Eisenhüttenwesen,  
13 (1940) 429.
  8. E. Maurer, Stahl u. Eisen, 48 (1928), 225/28
  9. E. Heyn, C. Bauer, Stahl u. Eisen, 31 (1911)  
760/65.
  10. G. Sachs, Z. Metallkde. 19 (1927) 352/57.
  11. W. Ruttman, Tech. Mitt. Krupp. 4 (1936),  
89/97.
  12. F. Wever, H. Möller, Mitt. K. W. I. Eisenf.,  
18 (1936), 27/30, St. u. Eisen, 56 (1936) 736/37
  13. H. Bühler, Mitt. Forsch.-Insf. Ver. Stahlwerke  
2 (1930/32) 149/92.
  - 14) F. Wever, H. Möller, Arch. Eisenh, 5 (1931  
/32) 215/18 ; 8 (1934/35) 213/18.
  15. S. Saito, Sci. Rep. Tohoku. Imp. Univ, 10  
(1921) 305.
  16. M. Asimow, Hardenability of Alloy steels,  
A. S. M. (1938), 187.
  17. R. Lorenz, Z. V. D. I. 51 (1907) 743/47.
  18. J. R. Adams, H. L. Watson Iron and Steel  
Eng., (1938), 645.

## Fayalite の還元平衡に就て

井 上 道 雄\*  
丸 田 良 平\*\*

### ON THE REDUCTION EQUILIBRIUM OF FAYALITE

Michio Inouye & Ryohei Maruta

Synopsis: The reduction equilibriums of fayalite by carbon monoxide and by hydrogen were investigated thermodynamically. The following results were obtained by calculating the free energy in the formation of fayalite and from the experimental data for the reduction equilibrium of ferrous oxide obtained by Eastman;

a) by CO  $\Delta F^\circ = 7604 + 6.335T \ln T - 0.00317T^2 + 0.00000025T^3 - 45.031T$

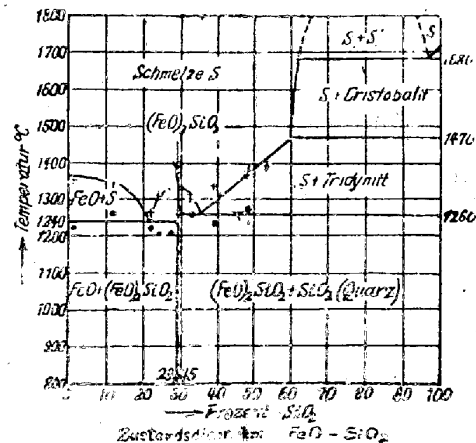
b) by H<sub>2</sub>  $\Delta F^\circ = 18138 + 6.735T \ln T - 0.001378T^2 - 59.657T$

Then, it was found that those reactions were endothermic, and the heats of reactions were also calculated between 600°C and 1000°C.

### I 緒 言

Fayalite (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) というのは第1圖の状態圖に示す如く FeO と SiO<sub>2</sub> との間に於ける唯一の化合物でその鐵含有量は約 55% である。かかる化合物が粉鐵の焼結に際し或る程度存在すると考へねばならぬのでこれが還元平衡を確認し還元の難易を定量的に表しておく必要がわる。然しながらかかる化合物の還元反應を可逆的に行はせて平衡恒数を測定することは實驗的に困難である。佐野博士<sup>1)</sup>は嘗て一酸化炭素による Fayalite の還元平衡を熱力學的に計算したがその後關係物質の新しい熱力學的數値が測定されたので、こゝに新に該化合物の一酸化炭素及び水素による還元

平衡を計算し、600°~1000°C に於て還元するには如何なる程度の濃度を有する還元瓦斯が必要であるかを決定し且つ各溫度に於ける還元反應熱を計算した。



第 1 圖

\* 名古屋大學工學部金屬工學教室

\*\* 愛知製鋼株式會社