

# 翻譯

## 目次

鋼線生産の過去、現在及び未來に就て…………… 786 | 鐵・酸素系(鐵冶金に於ける基礎原料と基本反應)…………… 789

# 鋼線生産の過去、現在及び未來に就て

(獨逸鐵鋼協會線引加工委員會第1回報告) (昭和16年6月6日譯)

(Anton Pomp: Aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Stahldrahterzeugung;  
Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 253~256)

線引加工委員會第1回例會に於て、今迄の鋼線製作界の發達を再検討し、以て斯界の將來に對する指針を得る機會を與へられた。

針金が我々の人生に於て如何なる意義を有するかと言ふことは、1899年のDüsseldorfに開催された獨逸鐵鋼協會大會に於て米人専門技師の演説<sup>1)</sup>中の次の言葉に依て解明されてゐる。彼は當時次の如く述べた。

「針金は極めて普通のものである。到る所に、針金製埋根、釘、凡ゆる形の小形鐵器、布圍竝にクッション用パネ、針、絨、自轉車の車軸、船舶用索具、網索、電信電話線が見られ、文明は地球を文字通り針金の桎梏下に置いたと言つても過言ではない。針金(電信)に依つて世界貿易が行はれ、針金に依つて生産品の市價が決定され、世界の金融界が知られ、針金に依つて戦争さへも捲き起される。針金の無い所では、文明も近代世界史も謂はゞ停止してしまふのである。製作される針金の量は莫大であつて、若しも親切な妖精が電信線の端を月送運んでくれたなら、地球上の人間と月世界の人の間で會話することが出来る程であらう。

人間の各種の言語は針金には同等のものである。それは針金が世界語を解し、世界中の言葉を精確に誤り無く傳へる巧妙なる奴であるからである。

通信用の針金に代つて今日では或る地域に於ては無線電信が用ひられて居るが、日常生活並に技術に關する針金の意義が世紀の轉期に當つて幾分でも損ねられたと言ふことはない。1938年の製線量は140萬とされ、1900年の生産量に比して裕に3倍である。

針金の加工工程に於ける過程を一度調べると多くの問題が出現するが、新設された本委員會はこれらの問題を解決せんとするものである。

線引加工された針金より製造される品物の形態は實に多種多様であるが、線引工場の初期生産品即ちワイヤロッドの形は驚く程一樣なものである。線材壓延機の發明前に於ては、針金製造用の初期材料は如何にして作られたかを考へると<sup>2)</sup>、長さ3m、断面25×7mm<sup>2</sup>の鍛造棒材を冷間状態で、手鑿にて2本或は3本の線條に長さの方向に沿ふて分割し、手で熱間鍛造を行ふ。これを今日のワイヤロッドと比較すれば、その進歩は満足すべきものである。ワイヤロッドに於ける缺陷は、針金に仕上げる時始めて見出されるので、製造費は高價となるのである。ワイヤロッドを造る場合に多くの缺陷の可能性が考へられる。即ちパイプ、氣泡、非金屬介在物、型の缺陷、過度壓延、溝、龜裂、スケール等であるが、その原因の1部は鋼材

業者に、後の方の缺陷原因は壓延業者に歸せられる。これが本委員會の重要な問題事項であり、既設の鋼材、壓延加工及び特に材料の各委員會と協同研究を行ひ、これらの缺陷を除去するか或は少くとも線引加工目的に適ふべき程度に改良する方法を見出さんとするのである。

然し猶ワイヤロッドの加工に於ても今日多くの未解決の問題が提供されてゐる。例へば線引作業の經濟の爲には、線束の重量が問題になる。獨逸に於ては50~80kgの線束の重さが普通である。米國に於ては一部で遙かに重い線束を使用してゐる。その爲には起重機及び運搬装置の高度の機械化が要求される。重量が大になるに従つて優秀なワイヤロッドを造ることが次第に困難となる。

線引を行ふ前の針金に對する豫備作業の過程の中では、針金の表面に附着せる壓延肌或はスケールを除去すべく行はれる酸洗が最も重要である。1855年に白耳義に於て針金の酸洗を硫酸で行ふ方法が報告された<sup>3)</sup>。

化學的操作の酸洗によりスケール脱落を行ふ一般的な方法は、硬質の石又は砂の摩擦研磨による機械的スケール脱落法で置き換へられた。酸洗は長い間繼子扱されてゐて、酸洗に際して調節が不十分な爲に生産上屢大なる損失を來した。悪い結果を齎したのは過度酸洗によるもので、就中酸洗脆性が著しい<sup>4)</sup>。今日では、酸洗に際し發生する水素が如何なる悪作用を呈するか知られてゐる<sup>5)</sup>。酸洗に依て發生した水素は針金の表面に酸洗氣泡を生ぜしめる。酸洗に依る製線材料の既述の悪作用を防止する爲に、今日では有効な酸洗添加劑<sup>6)</sup>があり、各酸洗操作に適正な利用を計ることが大いに推奨される。

硫酸による酸洗に於て、硫酸第一鐵の一定量を添加すると金屬鐵表面の酸の腐蝕を抑止し、同時にスケールの溶解を促進すると言ふ事實<sup>7)</sup>が新しく行はれた實驗により見出されたが、この事實は酸洗操作の實施並に酸洗液の調製に役立つ。新設の酸洗工場では、絶えず酸洗排水を精製する施設が見られる。この装置では酸洗廢液の1部より結晶装置に依り硫酸鹽の析出を行はせて、母液を再び酸洗槽に戻すのである<sup>8)</sup>。

最近電解的酸洗法が實驗されたが、この方法は純理論的には大なる長所を有し、スケールの除去に酸を要せず、且陽極に連結されて水素の發生を見ず、従て酸洗脆性の防止にも有効である。

酸洗は多くの場合線束を積み重ねて行はれるが、最近連氣的酸洗装置が完成され、針金は連続的に槽を通過するが、これと同様な装

置でストリップの酸洗用のものが既に米國で使用されてゐる。

酸洗に續く操作即ち水洗、銹漬け、石灰水浴、乾燥等には屢注意が拂はれないが、これらの操作は線引用の良質針金を造る上に重要である。特に乾燥装置に於ては然りて、これが古くなつて屢乾燥に8~10hを必要とするが、近頃の空氣流通式の特に米國で使用される電撃の乾燥機<sup>3)10)11)</sup>では僅か5~10mnの乾燥時間を要するのみである。

線引技術界に於て如何なる進歩を遂げたかは、今日の線引装置と相當舊式の懸垂式線引機(Schockenzieher)を使用する原始的方法<sup>12)</sup>とを比較すると明かである。

ブランコの上で、ブランコに作用する重量を利用して木片に打込んだ引拔ダイスを通して針金を引抜くが、この場合に是非必要な多数の袂み(Zangenbisse)を用ひるので、針金の表面に醜い溝を残す。年月の経るにつれて、線引装置、引拔臺は高度の發達を遂げた。

残念なことは、針金の生産に關する線引工場の一部のものに技術的の進歩が伴はず、相當舊式のものがあることである。

最新式の複式線引機<sup>13)</sup>は大いに生産能力があり、この機械では針金が1組のダイスの孔を通過して、最後に線束に巻き取られる。針金の線束を相互に熔接すれば、線引作業は斷續することなく行はれる。複式線引機を最も經濟的に使用するには、從來使用されて居た引拔ダイスが急速に磨耗して壽命が短いのでこの代りに硬質合金製引拔ダイス<sup>14)</sup>を使用するとよい。この硬質合金引拔ダイスは耐磨耗性強く、引き孔の取換をすることなく大量の針金を寸法の變化を僅小に保ちつゝ製造することが出来る。將來に於て、疑ひなくこの硬質合金引拔ダイスは在來の引拔ダイスを既に現在米國にて使用されてゐる程度以上に更に驅逐するであらう。

普通、硬質合金工具は製線作業の中の他の場合にも有利に使用されてゐる。例へば矯正機並に截斷機等に用ひられる。

線引速度を高めることに依り針金生産量を大いに増加することが出来る。米國に於ては線引速度が600m/mn程度迄採用されてゐるが、獨逸にては200m/mnに達することは稀であり、多くの場合この値以下である。普通の線引速度より遙かに高速度で行ふと針金の性質が害を受けると言ふことは確かに決定されてはゐない<sup>15)</sup>。線引力と變形加工度は線引速度を高くしても實際上變化は見られない<sup>15)16)</sup>。かゝる高線引速度は引拔ダイスの徹底的冷却と適當なる潤滑剤を使用して始めて可能である。

針金が潤滑剤を用ひないで線引された時代があつたとは現在の所想像することは困難である。當時確かに低炭素鋼特に鈍鐵及び良加工性のオセムンド鐵のみが針金に加工された。高炭素鋼線の線引は17世紀の半ば頃初めて成功し、ダイス孔に減磨の目的で潤滑剤を使用することを覺えたのである。鋼線線引の最初の實驗を行つた頃は尿水が大きな役割を演じた。19世紀の半ば頃迄鋼線の線引に際してこれを大いに利用した。それで主婦、子供は工場へ主人、父親に晝辨當を持參するに當つて、2つの部分からなる捲袋を肩に掛け、一方に晝辨當を、他方に尿水を一緒に持つて行つた。線引工場に於て苦心して集めた尿水を線引に際して使用した<sup>2)</sup>。この目的の爲に大量のビールを飲用し、この習慣は今日も猶殘つてゐる。今日生産能率の良き潤滑剤としては例へば乾燥した粉末固形石鹼がある。この潤滑剤の問題は猶殆ど進歩せず、將來に於て著しい改良が期待される。

最近、冷間加工例へば深絞り、管引拔に際して、磷酸法が引拔工具の節約<sup>17)</sup>の爲には適當すると言ふことが判つた。この操作を實施

するには特に流動性の良好な水のやうな潤滑剤例へば水に溶ける油又は石鹼水が適する。加工度の高い場合にも、高級の潤滑剤を使用する必要はないから、現在の如く油脂類に不足する場合には有意義なものである。この磷酸法が有利に行はれるか否かの問題を研究した曉には疑もなく役に立つことであらう。

鋼線製造に際しては、焼鈍、バテント、焼入、焼戻の如き熱處理が重大な役割を演ずる。熱處理を施す場合に最も經濟的に即ち燃料節約を計るのみならず、針金の希望する性質を確實に得ることが必要である。舊式の壺焼鈍爐の多くは、自動溫度調節式のガス或は電氣加熱に依る焼鈍装置<sup>18)</sup>によつて置換へられた。保護ガス<sup>19)</sup>の生産力のある工場<sup>20)</sup>が建設されたが、この保護ガスを用ひると、針金の表面は光澤を保持し、脱炭を防止することが出来る。これと同じ目的に多くの光り冷し方法<sup>21)</sup>並に鹽浴槽中加熱<sup>22)23)</sup>によつても達せられる。

顯微鏡組織を調べることにより、熱處理に際して現はれる缺陷を認め、その除去の方法を見出すに大いに役に立つた。早くから現はれる結晶粒の粗大となる再結晶現象<sup>23)</sup>及びそれと關係のある低炭素鋼線の脆性の原因が判り、そしてその防止法は今日では普及してゐる。高炭素鋼線にて見られる同様な現象<sup>24)</sup>は餘り大して知られてゐない。壓延状態にて存する層状パーライトから成る好ましからざる組織を球状セメントイトの組織に變へるべき方法は線引作業には判つてゐるし、又周邊部の脱炭<sup>25)</sup>の防止法も彼等は知つて居る。

鋼を急冷する時に起る過程に深く注意したのは漸く最近のことであることを思ふ時、60年も前に鉛浴中に針金を急冷し高抗張力及び良線引性を得た無名の線引業者の發見を充分尊敬すべきである。製線工業に於て既に廣く行はれるバテント處理なる操作は<sup>26)</sup>、例へば綱索、發條用線、ピアノ線の製造に利用され、400kg/mm<sup>2</sup>以上の抗張力を有し、今日では阻塞氣球用として好適であるが、今日に到る迄根本的な變化は見られない。バテント處理に際しての條件及び達すべき引張り強さに關する多くの研究により猶實驗されてゐる。<sup>27)</sup> それにも係らず猶數多の問題が残つてゐる。バテント處理の施される爐は時代と共に堅實に改良された。石炭加熱バテント處理爐は次第にガス及び電氣加熱爐<sup>28)</sup>によつて置き換られ、電氣抵抗加熱<sup>29)</sup>が米國で行はれ特に良好なる性質及び均質性が得られる。

鋼線の焼入及び焼戻に關する基礎及び線引作業の作業装置及び操業法に關する基礎は極めて曖昧である。適當な操業を實施するに當つては猶多くの問題が生ずる。例へば次の如くである。連續法を用ひて或る過程に於て焼入及び焼戻を行ふが、この場合比較的短時間焼戻を施すか一或は空氣回轉爐(Luftumwälzöfen)を利用して積み重ねた儘で焼戻を行ふか何れが優れてゐるであらうか。焼入操作の結果生ずる目的に適つた組織<sup>30)</sup>の重要性はこゝに詳論する迄もない。米國の文獻に依ると所謂オーステンパなる熱處理法<sup>31)</sup>が、特に線材の如き小断面のものに有望である由である。このものも一考の價値がある。

線引加工なるものは上述の仕上過程を以て終りとされるものではない。種々の使用目的に應じて製造され、一定の長さで截斷せる棒として使つたり、或は針金を研磨し、或る場合には線引した丸い針金を冷間壓延して平型針金<sup>32)</sup>にすることもある。すべてこれらの作業には機械装置が必要であり、その構造並に取扱ひ方により製品の品質が大いに影響を受ける。

針金に保護外被を興へる仕上過程、就中亞鉛鍍金及び錫鍍金を述べなくてはならぬ。この操作は近來大いに進歩を遂げた。Crapo

<sup>33)</sup>に就て説明すると熱亜鉛鍍金を施す前に亜鉛外被の接着を容易にする爲に青化鹽浴中を通す。亜鉛鍍金法<sup>34)</sup>では亜鉛槽の出口の孔から出た針金が460°C以上の加熱室を通過する。電氣亜鉛鍍金法<sup>35)</sup>の長所は、良好な靱性と撓屈性を有する純良亜鉛外被が得られ、又高温亜鉛鍍金の際受ける如き機械的性質の變化が見られないことにあるのであつて、益々發達するものと見られる。Bethlehem 鋼材會社で發達した電氣亜鉛鍍金法の Tainton 法<sup>3)</sup> (Bethanieren と云ふ)なるものがあり、この場合は電解液は亜鉛鍍石より直接還元された亜鉛で、鉛-銀陽極に依り針金表面に滴下されるのである。

線引した針金を釘、バネ、綱索の製品に更に加工することに関しては一寸觸れるに止める。この分野は廣範圍なものであつて、本報告書の限られた紙數ではその餘地がない。

かゝる加工を施した製品に於ては、針金の試験が重要な地位を占める。従前の普通の試験法例へば手で針金を撓める方法は、充分信用のおける價值のある解釋を與へることが出来るやうに精密な數值的な基礎を有する試験法に依つて置換へられ、その試験を行ふに當つて確實に動作し取扱ひの容易な試験機が完成された。引張試験、各種の屈曲試験、撓り試験の3種が最も重要で多く行はれる。このうち、後の2者は規格で決められてゐる<sup>36)</sup>。更に最近振動試験が次第に多く實施され、その適當なる装置<sup>37)</sup>が發達して來た。この試験結果は多くの場合重要なもので、従來の試験法により得たものより更に解釋を與へるのである。金屬組織の検査及び缺陷の發見に顯微鏡を使用する意義は既述の如くである。

線引に關して更に研究するには將來に於て、先づ第一に線引過程の基礎研究を期待すべきである。主に獨逸に於て行はれてゐる線引加工の科學的作業は、僅か數十年前より始められたのであつて、この短い年月の間に多くの價值ある知識が集積された。これらの研究は一般の冷間加工及び特に線引の作業法並に線引に際しての變形過程に深き示唆を與へた。これらの研究により、針金の材質、ダイス孔の角、ダイスの材質、潤滑剤、線引速度、断面加工率、線引温度の影響並に逆線引及び線引ダイスの回轉の作用に關する基礎的知識が得られた<sup>38)</sup>。今はこれらに就て逐一説明することは出来ない。線引に關する我々の知識の現状を集録して報告することも刺戟を與へることになるであらう。かゝる科學的研究は純學術的價值があるのみならず、直接實際方面に對しても利用されると言ふ事實が逆線引装置<sup>39)</sup>を附した線引機により示された。この機械は線引に際して逆線引装置が動力消費及びダイスの節約に好影響を齎らすと言ふ知識に基いて米國で製作されたものである。かゝる基礎研究の結果を注意深く検討し、線引工場の操作に實用化することを眞面目に試みるべくことを工場にお奨めしたい。

### 總 括

線引された針金の生産に關する本質的作業過程を展望し、過去及び現在に於て達せられた進歩を述べ、引き続き施すべき加工に必要な問題及び良好結果を期待すべき問題を示した。猶多數の文獻を揚げ説明の不足を補ふことにする。

### 文 献

- 1) Baackes, M.: Stahl u. Eisen 20 (1900) 65/94
- 2) Döhner, O. H.: Geschichte der Eisendrahtindustrie. Berlin 1925
- 3) Höhle, H.: Stahl u. Eisen 61 (1941) 257/65
- 4) Bardenheuer, P. u. H. Ploum: Mitt.-K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 16 (1934) 129/36; 又は Stahl u. Eisen

54 (1934) 585

- 5) Bardenheuer, P.: Stahl u. Eisen 57 (1937) 593/601 (Werkstoffaussch. 376)
- 6) Taussig, K.: Arch. Eisenhüttenw. 3 (1929/30) 253/66 (Walzw.-Aussch. 69); Stahl u. Eisen 49 (1929) 1655/56
- 7) Dickens, P.: Stahl u. Eisen 58 (1938) 1343/46 (Werkstoffaussch. 447); Stahl u. Eisen 59 (1939) 364/70
- 8) Heinrich, F.: Stahl u. Eisen 58 (1938) 617/23
- 9) Machu, W. u. O. Ungersböck: Drahtwelt 32 (1939) 141/46
- 10) Iron Age 143 (1939) Nr. 24 36/38
- 11) Petix, J. M.: Wire & W. Prod. 15 (1940) 309/11
- 12) Pomp, A.: Stahl u. Eisen 45 (1925) 777/86
- 13) Schröder, E.: Drahtwelt 29 (1936) 443/46; 31 (1938) 349/54. Phifer, J. J.: Iron Steel Engr. 16 (1939) Nr. 10 26/31. Tatnal, R. R.: Wire & W. Prod. 14 (1939) 559/63 & 609
- 14) Engle, E. W.: Wire & W. Prod. 14 (1939) 319/24 & 350/51
- 15) Pomp, A. u. W. Becker: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 12 (1930) 263/84; 又は Stahl u. Eisen 50 (1930) 1723/24
- 16) Eicken, H. u. W. Heidenhain: Stahl u. Eisen 44 (1924) 1687/94
- 17) Schuster, L.: Stahl u. Eisen 60 (1940) 785/90
- 18) Eberwein, J.: Stahl u. Eisen 57 (1937) 945/49  
Schauff, E.: Stahl u. Eisen 57 (1937) 214/15.  
Jehnigen: Drahtwelt 31 (1938) 423/24
- 19) Neumann, G.: Arch. Eisenhüttenw. 10 (1936/37) 285/96. (Walzw.-Aussch. 132, Wärmestelle 239). Haywood, F. W.: Metal Treatm. 5 (1939) Nr. 18 73/81 & 98
- 20) Hundt, G.: In: Handbuch des Eisenhüttenwesens, Bd. 3 221/30. Walzwerkswesen. Hrsg. von J. Puppe. Düsseldorf und Berlin (1939) Schwedler, U.: Metallwirtsch. 17 (1938) 1006/08 u. 1029/32. Simon, G.: Korrosion u. Metallsch. 15 (1939) 368/71.
- 21) Nathusius, H.: Z. VDI 76 (1932) 1221/24  
Fey, H.: Stahl u. Eisen 54 (1934) 210/12.
- 22) Iron Age 171 (1926) 928; 又は Stahl u. Eisen 46 (1926) 1361
- 23) Pomp, A.: Stahl u. Eisen 40 (1920) 1261/69, 1366/78. u. 1403/15
- 24) Pomp, A.: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 16 (1934) 9/13; 又は Stahl u. Eisen 54 (1934) 297
- 25) Bandel, G.: Stahl u. Eisen 58 (1938) 1317/26 (Werkstoffaussch. 446).
- 26) Pomp, A.: Werkstoff-Handbuch Stahl u. Eisen, 2. Aufl. Hrsg. vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute. Düsseldorf 1937, Bl. Q 21.
- 27) Düngel, W.: Stahl u. Eisen 47 (1927) 172/82

Pomp, A. und A. Lindeberg: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. **12** (1930) 39/54, 又は Stahl u. Eisen **50** (1930) 1462/67.  
 Pomp, A.: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. **16** (1934) 117/27; 又は Stahl u. Eisen **54** (1934) 586.  
 Pomp, A. u. H. Ruppik: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. **17** (1935) 259/74; 又は Stahl u. Eisen **56** (1936) 899/903  
<sup>98)</sup> Lent, H.: Stahl u. Eisen **50** (1930) 505/16 (Wärmestelle 136); Junker, O.: Stahl u. Eisen **55** (1935) 1167  
<sup>99)</sup> Trautmann, O. C.: Wire & W. Prod. **12** (1937) 711/14 & 767/71; 又は Stahl u. Eisen **58** (1938) 604/05  
 Morrison, J. W.: Iron Steel Engr. **16** (1939) Nr. 12 28/36.  
<sup>30)</sup> Pomp, A. u. R. Wijkander: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. **8** (1926) 55/62; 又は Stahl u. Eisen **46** (1926) 847/49.  
<sup>31)</sup> Legge, E. E.: Metals & Alloys **10** (1939) 228/42. Orffice, A.: Metal Progr. **38** (1940) Nr. 1 71.  
<sup>32)</sup> Pomp, A., H. Höhle u. W. Lueg: Stahl u. Eisen **58**

(1938) 937/43 (Walzw.-Aussch. 144).  
<sup>33)</sup> Keller, A. u. K. A. Bohacek: Stahl u. Eisen **58** (1938) 402/05 (Werkstoffaussch. 414).  
<sup>34)</sup> Schueler, J. L.: Trans. Electrochem. Soc. **47** (1925) 201/26.  
<sup>35)</sup> Elssner, G.: Stahl u. Eisen **58** (1938) 405/10 (Werkstoffaussch. 415). Schlötter, H.: Stahl u. Eisen **60** (1940) 724/27  
<sup>36)</sup> DIN, DVM 1211 u. 1212.  
<sup>37)</sup> Pomp, A. u. M. Hempel: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. **20** (1938) 1/14; 又は Stahl u. Eisen **53** (1938) 171/72  
<sup>38)</sup> Pomp, A.: Stahldraht, seine Herstellung und Eigenschaften Düsseldorf 1941. 48/79.  
<sup>39)</sup> Stringfellow, H. A.: Wire & W. Prod. **15** (1940) 159 & 169; 256/59  
 Lewis, K. B.: Wire & W. Prod. **15** (1940) 260/61 & 281/82.  
 Stringfellow, H. A.: Wire & W. Prod. **15** (1940) 527/38 & 635.

鐵 - 酸 素 系

河 合 正 雄 譯 \*

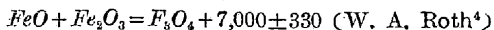
鐵酸化物には次の 3 つのものがある。

$Fe_2O_3$	酸化第二鐵	(30.06% $O_2$ )
$Fe_3O_4 = FeO \cdot Fe_2O_3$	四三酸化鐵	(27.64% $O_2$ )
$FeO$	酸化第一鐵	(22.28% $O_2$ )

上記以外の酸化鐵の存在は確かなものでない。屢文献に表れる  $Fe_3O_5$ ;  $Fe_4O_5$  の形の化合物の存在も確められたものでなく、かかる化合物は上記した化合物の固溶體の一部と見做される。そしてその組成は化學量論的假説から來たものに近い組成である。

酸化鐵の生成熱は數名の人々により測定された。

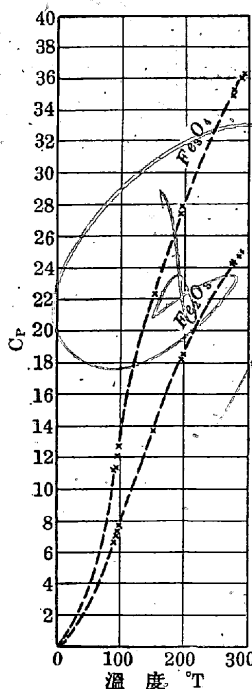
$2Fe + 1\frac{1}{2} O_2 = Fe_2O_3$	{	+197,700 (Le Chatelier <sup>2)</sup> )
	{	+192,200 (Mixer <sup>3)</sup> )
	{	+198,500±800 (W. A. Roth <sup>4)</sup> )
$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$	{	+265,700 (Mixer <sup>3)</sup> )
	{	+265,200 (O. Ruff u. Gersten <sup>5)</sup> )
	{	+266,900±500 (W. A. Roth <sup>4)</sup> )
$Fe + \frac{1}{2} O_2 = FeO$	{	+65,700 (Le Chatelier)
	{	+64,300 (Mixer <sup>3)</sup> )
	{	+60,400 (O. Ruff u. Gersten <sup>5)</sup> )
	{	+64,300 (W. A. Roth <sup>4)</sup> )



これらの數値中 W. A. Roth の數値は非常に精密な計器を用ひ測定したもので、確實性の高いものである。高温に於ける  $Fe_2O_3$  と  $Fe_3O_4$  の分子熱測定は G. S. Parks と K. K. Kelley により行はれその結果は第 35 圖に示す如きものなり。

\* 大阪陸軍造兵廠

第 35 圖  
 $Fe_2O_3$  と  $Fe_3O_4$  の分子熱 (Parks und Kelley)



W. A. Roth と W. Betram は常溫に於ける此等酸化物の熱容量を研究し、平均分子熱として次の如き式を與へた。

$Fe_2O_3: C_{p10} = 17.58 + 2.033 \times 10^{-2}T - 9.21 \times 10^{-6}T^2$

$Fe_3O_4: C_{pm} = 22.94 + 2.454 \times 10^{-2}T - 16.79 \times 10^{-6}T^2$

(T は絶體溫度を示すものとす) とにかくこの式は 290°~1,000° 絶體溫度間に於てのみ使用出来るが近似的な性質しか有してゐないため、眞の分子熱としては用ひられない。然し親和力計算のやうな場合には使用出来る。

鐵-酸素系は  $Fe_2O_3-Fe_3O_4$ ;  $Fe_3O_4-FeO$ ;  $FeO-Fe$  の部分からなる。C. Benedicks と H. Löfquist により作られた第 36 圖が今日迄大部分の研究の基礎として利用されて來た。

$Fe_3O_4-Fe_2O_3$  (第 36 圖 27.64~30.06% 酸素間) 間の線は主として S. Hilpert と E. J. Kohlemeyer により測定されたものであり、彼等の測定によると、 $Fe_2O_3$  の熔融點は 1,565°C,  $Fe_3O_4$  は