

4) Giesserei 17 (1930) 1227-1228  
 5) 7th Report on the Heterogeneity of Steel Ingots, London, 1937 (Special Rep. Iron Steel Inst. No. 16) 184-195; Foundry Trade J. 56 (1937) 392-394  
 6) 鐵と鋼 9 (1923) 239-267  
 7) Foundry Trade J. 43 (1930) 165, 167; Zueschrift von R. u. W. Weinberger: ebenda, 229  
 8) Iron Age 123 (1929) 539-541; Foundry Trade J. 40 (1929) 321  
 9) Stahl u Eisen 53 (1933) 617-627  
 10) Foundry Trade J. 52 (1935) 153-154, 175-176  
 11) Giesserei 19 (1932) 61-66  
 12) Sowjetkaja: Metallurgia 8 (1936) No. 10, 42-48; Chem. Zentralbl. 108 (1937) I, 3702  
 13) Berglund, T. u. A. Johansson: Jernk. Ann. 117 (1933) 211-243; Stahl u. Eisen 54 (1934) 268, Zueschrift von V. Bull: Jernk. Ann. 117 (1933) 441-442  
 14) Trans. AIMME, Iron Steel Div. 90 (1930) 45-63  
 15) Giesserei 17 (1930) 849-852, Stahl u. Eisen 51 (1931) 1406, Zueschrift von C. von Meszöly u. A. Lehmler: Giesserei 17 (1930) 1226-1227  
 16) Iron Age 128 (1931) 434-437, 460-461  
 17) A. I. M. M. E., Technical Publ. No. 745,12; Metals Techn. 3 (1936) No. 6; Trans. A. I. M. M. E., 125 (1937) 352-369  
 18) Pearce, J. G.: Blast Furn. 25 (1937) 1019, 1123-1124, 1211, 1305, 1307; 26 (1938) 195  
 19) Giesserei-Praxis 56 (1935) 195-197  
 20) Giesserei 20 (1933) 61-63

21) Stahl u. Eisen 52 (1932) 711-712  
 22) Foundry Trade J. 52 (1935) 235, 239  
 23) Foundry Trade J. 53 (1935) 81-83, 102-104, 118-121, 124, 172; Zueschrift. E. Longden, ebenda; vgl. Stahl u. Eisen 56 (1936) 1484-1485  
 24) Ristow, A.: 前出<sup>2)</sup> 428  
 25) 前出<sup>2)</sup> 427  
 26) Roxburgh, J.: Trans. A.F.A. 45 (1937) 356-384; Foundry Trade J. 56 (1937) 409-414  
 27) Steel 104 (1939) No. 5, 48

其の他の文献

1. 西津: Proc. World Engg. Congress, Tokyo, 1929, Bd. 33, Min. Met. Teil 1, (1931) 389-390
2. McCance, A. J.: West Scotl. Iron Steel Inst. 37 (1929-1930) 101-119; vgl. Stahl u. Eisen 51 (1931) 1172-1174
3. Bettinger, A.: Foundry Trade J. 43 (1930) 250
4. Barret, H.: Techn. mod. Paris 24 (1932) 617-622
5. Jones, R.: Foundry Trade J. 46 (1932) 105-106
6. Pearce, J. G. u. E. Morgan: 4th Report on Heterogeneity of Steel Ingots, London, 1932 (Special Rep. Iron Steel Inst. No. 2) 129-151; Foundry Trade J. 46 (1932) 272-273
7. Knehans, K. u. N. Berndt: Stahl u. Eisen 56 (1936) 970-972
8. Bragin, I.: Stal 7 (1937) No. 2, 53-63
9. Shaw, J.: Foundry Trade J. 56 (1937) 308-310

鋼線パテント處理用鹽浴の效果

Lueg, W. u. A. Pomp: Die Verwendbarkeit von Salzbadern zum Patentieren von Stahldraht. Stahl u. Eisen 41 (1941) S. 266/72

荒井洋一譯

序

鋼線をパテント處理する際に引續き行ふ仕事に最も適した顯微鏡組織としてソルバイトが使用されて居る。0.4%以上のCを含有する炭素鋼の場合に於ては、F. Wever 及 A. Rose の研究<sup>1)</sup>に依れば、650~600°Cの溫度範圍に於て100~200°C/sの冷却速度を要するとのことである。かかる冷却速度は獨逸に於ては普通針金を熔融鉛浴に入れた時に得られる速度とされて居るが、鉛浴溫度は鋼種、線徑、運行速度及び希望抗張力に依て450~550°Cにされる。

現在のやうな材料狀態に直面してはパテント處理を行ふに當つて鉛以外の冷却劑を使用した方がよいやうである。此處に於て特に問題となるのは、焼戻及び溫浴焼入に使用せられ<sup>2)</sup>、又外國に於ても箇々別々にパテント處理に使用されて居る如き鹽及び鹽混合物である。然し施行上時間が掛り費用の掛る實驗を行ふ前に、少くとも種々の鹽浴の冷却能力に就ての要點を得て置くやうにするのがよい。

これには各種の冷却劑の冷却作用を相互に比較するのが最もよいやうである。假令、冷却能力は適當な試驗體を使用して時間的な溫度經過を記録することに依つて比較的容易に測定されるところとしても、此處に問題となつて居るやうな冷却劑に就ての數字的並に比較的實驗結果は今迄に無いやうである。それ故本研究の使命とするところはこれに就てのデータを提出し、之により冷却劑の作用を判断することである。斯くてそれ等を綜合して得られた知識は果して實際に施行されるものであるか否か、パテント處理實驗で試驗される。

1. 實驗裝置、實驗材料及び實驗方法

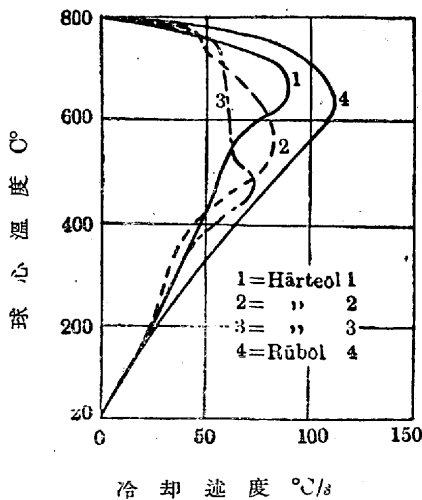
N. Engel<sup>3)</sup>及びA. Rose<sup>4)</sup>の研究論文に報告されて居るやうに試驗體としては、其の中心點に熱電對の裝備してある球が使用される。球材料として使用されるのは此の場合には耐酸化性にして變態のないSi-Cr-Al-鋼である。何故ならば今迄此の爲に使用されて來た銀は鉛と合金する性質があり、且往々にして其の熔融點以上の冷却開始溫度が使用される爲に不適當と認められたからである。殊に

熔融鉛の場合にも、鹽浴の場合にも冷却過程には何等突発的な變化が起るとは豫想されないから、この際球材料の熱傳導率が非常に低いと云ふ點は我慢しなければならない。試験球の直径は一般に 12 mm であつて、此の試験球には熱電對を引出す爲の頸及び球を保持し動かす爲に頸にネヂ込んだ把手が附いて居る。熱起電力は振れの速い鏡電流計にてペーパーフィルム上に記録される。同フィルムの端には特別な時計装置にて、時に時間の経過が記される。斯くて得られた冷却期間中の球の中心に於ける時間的な温度経過より、冷却劑の作用を特徴づけるところの冷却速度が線圖的に得られ計算して測定される。

冷却開始温度は 800° 及び 950°C で、冷却劑としては鉛、硝酸カリ、硝酸ソーダ及びこれ等の鹽の同量混合物が使用される。浴温は鉛及び非混合鹽の場合には 350, 450 及び 550°C であり、尙鹽混合物の場合は 250°C である。試験球はマツフル電氣加熱爐にて加熱され、鉛浴及び鹽浴は燒鈍マツフル爐の直前にある同様な電氣加熱爐(Topföfen)にて加熱される。内部迄適度に加熱された試験球は冷却劑に浸漬されてから、其の中を同一速度で旋回させられる。其の攪拌速度即ち運行速度は凡そ 10 cm/s である。新しい實驗を始める前に、いつも球から鹽殘滓及び鉛殘滓を取り除いて置くと、球面は常に良好な状態にある。斯くて、作成された温度—時間—曲線より、冷却過程全般に於ける冷却速度の大きさが仔細に測定され、球の中心に於ける其の時々々の温度との關係が明かになる。

2. 實驗結果

熱傳導率の悪い球材料を使用したので蒸氣膜生成及び沸騰現象の如き冷却経過の不安定を描出し得るか否かを試験する爲に、先づ夫々冷却反應の異つた 4 種の油にて急冷實驗を行つた。この時の球の冷却開始温度は 800°C にして冷却劑は 20°C であつた。この實驗にて得られた冷却速度の経過は第 1 圖に示す。之より鋼球にて測定された 4 種の油の冷却反應は根本的に相違せることが認知される。尙沸騰現象に依る蒸氣膜生成は明確に燒入油 2 に於て、又尙一層明確に燒入油 3 に於て立證せられる。第 2 圖に示されて居る 20mm—銀球にて測定された燒入油の冷却反應と比較しても判るやうに冷却速度の最高値も同一温度にある(但鋼球の場合は左程明瞭でないにしても)。兎に角鋼球の温度に對する感度は本目的には十分であると云つて良い。

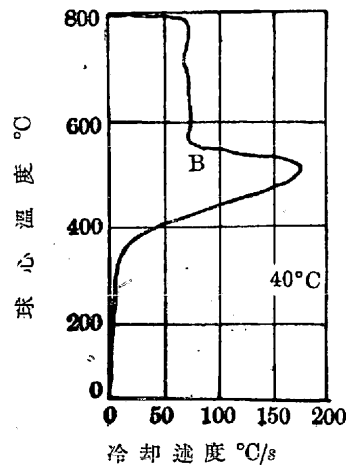


第 1 圖

20°C 浴温に於ける 3 種の鑛油及び菜種油の冷却能力(12mm—鋼球, 冷却開始温度 800°C)

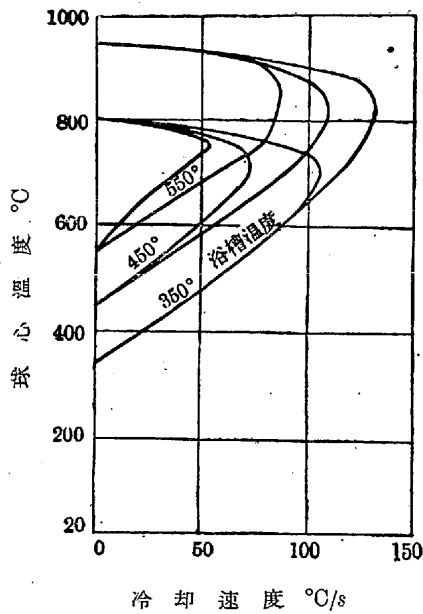
同様にして測定せられたところの所謂冷却開始温度及び浴温に於ける熔融鉛の冷却能力は第 3 圖に示す如くである。冷却速度は試験球を浸漬するが早い、直ちに急速に最高値迄上昇し、それから後は始めは徐々に次第に急速に夫々の浴温の零點迄下降する。この際浴温が低ければ低い程、即ち球と浴との間の始めの温度差が大きけれ

ば大きい程、最高値は益々大きくなる。沸騰現象及び Leidenfrost 現象は起らないから曲線は期待通り全く同じやうな経過を辿る。要するに始めの温度差の大きいもの程、冷却開始温度 800 と 950°C の曲線の相互に一致する部分が多い譯である。



第 2 圖

A. Rose に依る 40°C 浴温に於ける燒入鑛油 3 の冷却能力(20mm—銀球, 冷却開始温度 800°C)



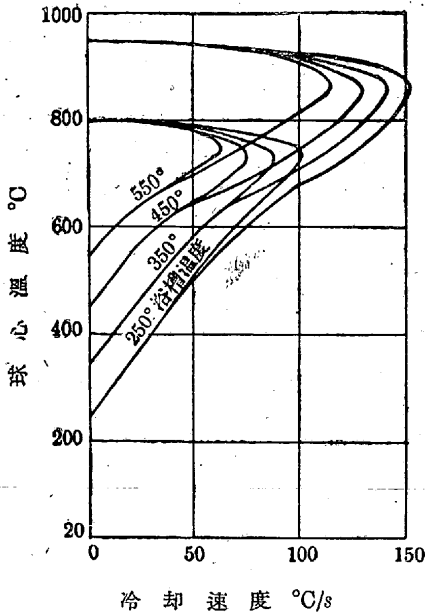
第 3 圖

350, 450 及び 550°C 浴温に於ける鉛の冷却能力(12mm—鋼球, 冷却開始温度 800 及 950°C)

であるから異つた二つの冷却開始温度の冷却速度曲線は鉛の場合と同様に冷却過程が進むにつれて相互に入り交つて行くが然し一致する部分は鉛の場合に比して大きい。

非混合鹽の冷却作用は實際にはこれより作られた混合物の冷却作用と何等異るところはない。これは冷却開始温度 800 及び 950°C にて浴温 450°C の場合の第 5 圖の曲線にても判る通りである。600°C 附近に於ける冷却能力の變化は非混合鹽の場合にも現れる。

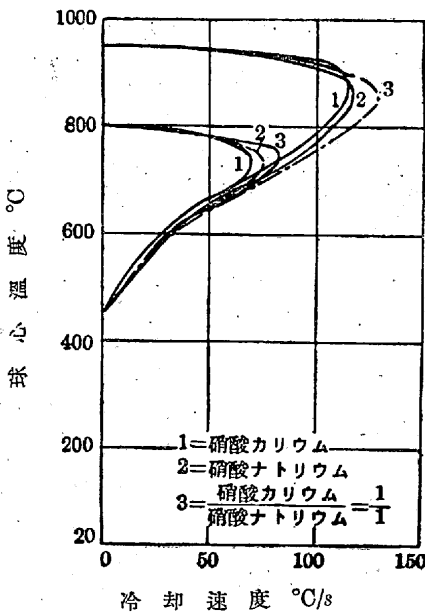
鉛と鹽の冷却能力を比較するならば、冷却開始温度及び浴温が同一なる時は、總じて鹽浴の冷却作用は熔融鉛のそれに比して幾分小さいと云ふことが明かになる。ソルバイト生成範圍が 650~600°C にあるときは特にさうである。従て此處に試験された鹽浴を鋼線のパテント處理に使用するに際して、同一の組織を得ようとするな



冷却速度 °C/s

第 4 圖

250, 350, 450 及び 550°C の浴温に於ける鹽混合物の冷却能力 (12mm-鋼球, 冷却開始温度 800 及び 950°C)



冷却速度 °C/s

第 5 圖

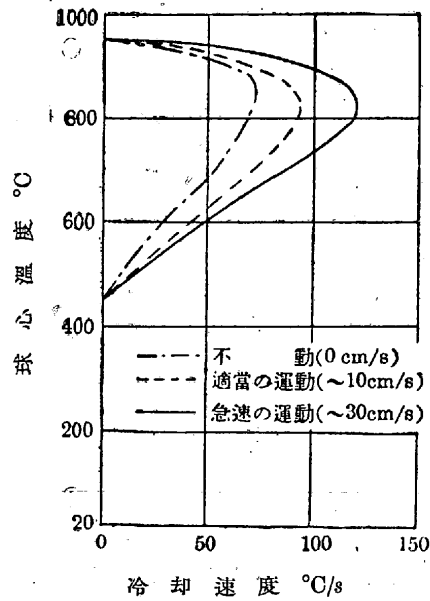
450°C 浴温に於ける鹽混合物及び非混合鹽の冷却能力 (12 mm-鋼球, 冷却開始温度 800 及び 950°C)

この結果は次のやうな、金屬間の熱移動に就ての熱移動の法則——これに就ては此處に詳述しない——より誘導されるものと良く一致する。第 6 圖より鉛浴のバテント處理過程は運行速度の變化に依り著しい影響を受けることが推察されるであらう。

鹽浴の場合には攪拌速度は全然異つた効果を現す。成程適當の運動或は急速運動の場合には 9 或は 15% だけ上昇するにしても、700°C から 450°C の温度範圍に於てはこれに反して攪拌速度は殆ど無影響である。従て鹽浴にてバテント處理する場合には針金の浴に這入る温度が不變ならば、運行速度の變化は何等の効果を示さない。

ら、浴温を其の他の同一條件の許にある鉛浴の場合に比し幾分低目にしなければならぬ。概して鉛を鹽と取換へることは別段困難なことではないが、確かに鹽バテント處理鋼線が其の工業的及び機械的性質の點に於て鉛バテント處理線に比して何等遜色がないと云ふ點は作業實驗に依つて立證しなければならぬであらう

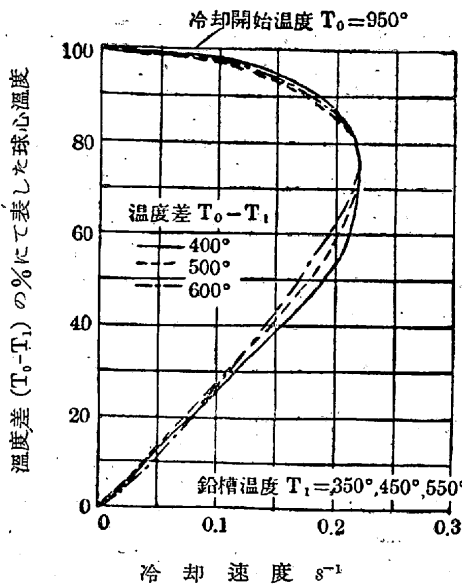
バテント處理の場合の運行速度に匹敵するところの試験球の攪拌速度の影響はこれ迄の實驗に於ては同一速度を嚴守することに依て取除かれた。この影響を確認する爲に冷却開始温度 950°C, 浴温 450°C に於て動かさない場合、適當の運動の場合及び急速運動の場合の 3 状態の實驗を行つた。第 6 圖に示されてゐるやうに攪拌速度の影響は鉛浴の場合には非常に大きく、且全冷却過程中的冷却速度及び冷却能力は動かさない場合に比して、適當の運動の場合には凡そ 30%, 急速運動の場合には凡そ 70% だけ上昇して居る。



冷却速度 °C/s

第 6 圖

450°C 鉛浴の冷却能力に攪拌速度の及ぼす影響 (12mm-鋼球, 冷却開始温度 950°C)



冷却速度 s<sup>-1</sup>

第 7 圖

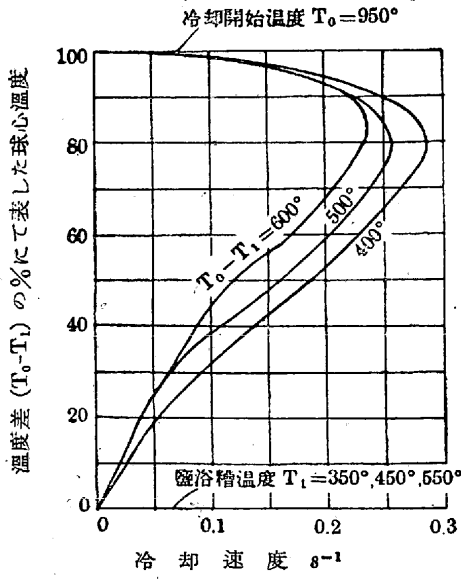
350, 450 及び 550°C の熔融鉛に 950°C から冷却した時, 12mm-鋼球の中心に於ける計算した冷却速度

ける鉛浴の熱移動数には何等の變化もなく本條件の下に於ては凡そ 5,000 kcal/m<sup>2</sup>. h. °C になると云ふことが立證されるであらう。尙上述した如く熱移動数は温度差と無關係である。

第 8 圖に依れば鹽浴の場合にはかゝる規則的なことは存在しない。此の場合にはどちらかと云へば計算より求めた冷却速度、即ち冷却能力は温度差が小さくなるに従て次第に上昇する。更に熱移動数は冷却開始温度と終り温度の差に依ても又冷却過程に於てすら著しく變る。それ故其の大きさに就ての普遍妥當的な數値は知ることが出来ない。

冷却速度が始めの温度差と關係があり、それとの關係で表はされるならば——但球心の各瞬時の温度は始めの温度差の百分比で表はれる——冷却過程を一層詳細に知ることが出来る。冷却開始温度 950°C にして、浴温 350, 450 及び 550°C の鉛浴及び鹽浴に於ける冷却速度の経過を示す第 7 及び第 8 圖はこれである。扱第 7 圖に就て見るに、使用せられたる 3 ケの浴温に就ての計算より求めた冷却速度曲線は鉛浴の場合には

一緒に下降する。これは次のやうなことを意味する。即ち其の他の關係事項、特に攪拌速度即ち運行速度が同一であるときは熔融鉛の冷却速度は試験球と浴との間の始めの温度差と同じやうに變化することを意味する。第 7 圖に示した計算より求めた冷却速度の精確な経過を簡単な假定の下に熱移動の法則より計算された結果と比較するならば、結局、冷却過程の間に於



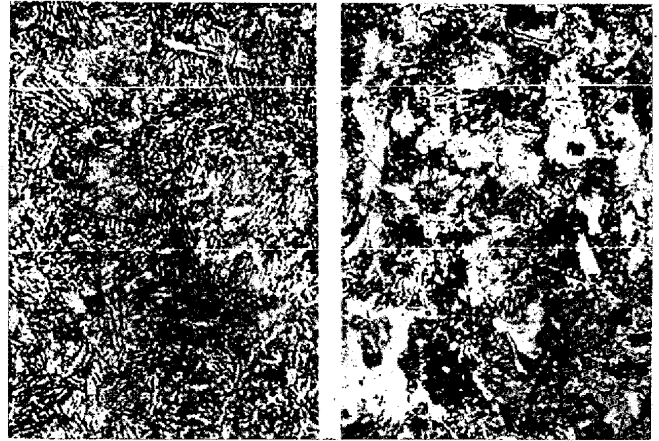
第 8 圖

350, 450 及び 550°C の硝酸ソーダ-硝酸カリ混合溶液に 950°C から冷却した時, 12mm-鋼球の中心に於ける計算した冷却速度

3. 鋼線のバテント処理實驗

各種の冷却剤の冷却能力の反應より得られた結論を實際に適用し

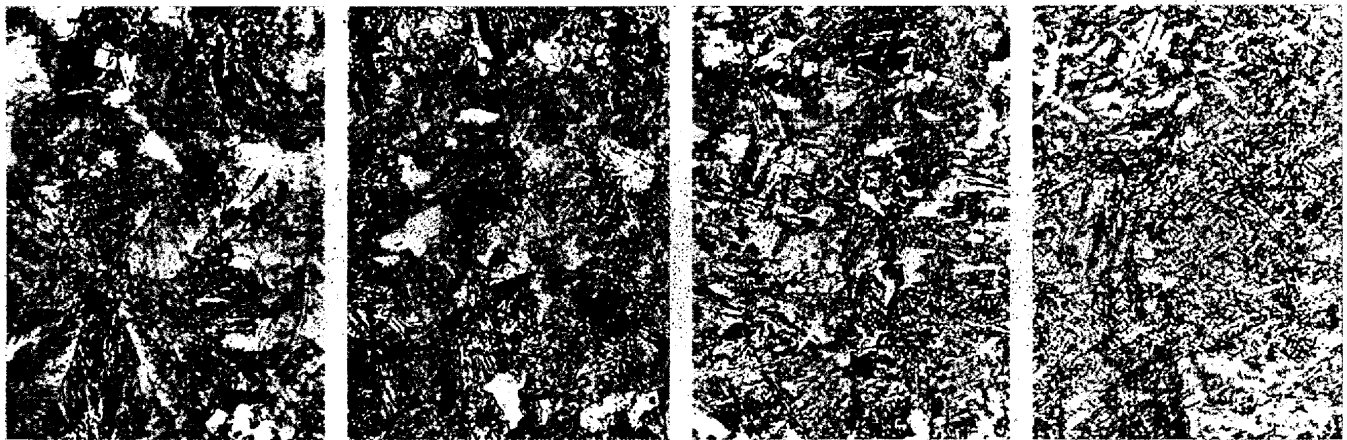
得るか否かを立證する爲に直径 4mm なる 0.58%C 鋼線片を 860 及び 970°C の冷却開始温度から温浴 250~550°C の鉛浴及び種々の混合鹽浴に入れバテント處理した。鋼線をバテント處理すると其の儘で正味 100 kg/mm<sup>2</sup> の抗張力を有して居るが焼準化せる後の抗張力は正味 80 kg/mm<sup>2</sup> である。この兩状態の組織は第 9 圖に示す通りである。この線試料は不燃性ガス雰囲気内で電氣加熱爐にて指定温度に加熱され、それから最も迅速に冷却浴に入れられて適當な



バテント處理 焼準化

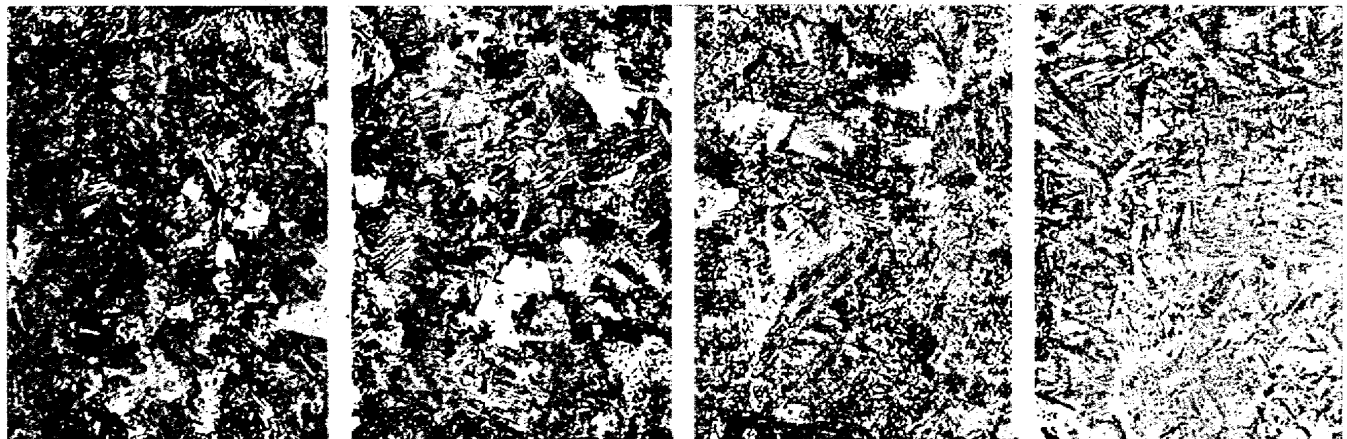
第 9 圖

受領状態 (バテント處理) に於ける組織及び焼準化後の組織 (400 倍)



浴 温 : 550°C 500°C 450°C 400°C

第 10 圖 550~400°C の鉛浴に 970°C からバテント處理した後の鋼線の組織 (400 倍)



浴 温 : 550°C 500°C 450°C 400°C

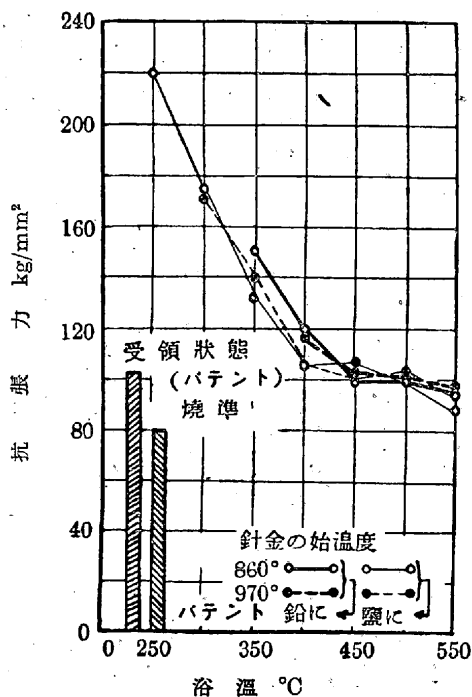
第 11 圖 500~400°C の鹽浴 (硝酸カリ : 硝酸ソーダ=1:1) に 970°C からバテント處理した後の鋼線の組織 (400 倍)

速度にて運ばれ、2~3mm これを續けた後に引出し常温の空气中にて放冷されたものである。

970°C から鉛パテント処理及び鹽パテント処理した鋼線の顯微鏡組織と浴温との關係を第 10 及び第 11 圖に示す。浴温の影響、即ち冷却能力の影響はこの兩冷却剤の場合にはソルバイトからマルテンサイトへ移行する事に依て明かに認知せられる。然し鉛浴の作用と鹽浴の作用との本質的な差違は組織上に明瞭に現はれて居るわけではない。この場合工場のパテント処理と一致した組織が得られないと云ふ理由は作業上の諸關係事項と此の實驗條件とが大いに異つて居る點に歸して良いであらう。

パテント処理された鋼線片は餘り長くない爲に其の工業的性質を試驗するのに十分でないから、冷却剤の作用及びその温度が抗張力に及ぼす影響を確認するに止まる。

この試験の結果は第 12 圖に示されて居る通りである。これに依



第 12 圖

鉛浴或は鹽浴にてパテント処理した場合の抗張力に及ぼす浴温の影響 (0.53% C, 直徑 4.0mm の鋼線)

れば上述の兩冷却開始温度の場合(860° 及び 970°C), 浴温 550~450°C の時は、鉛浴に於ける抗張力と鹽浴に於ける抗張力は略々同一である。更にこの抗張力の値はこの温度附近にては工場パテント処理鋼線の抗張力と良く一致する。次に浴温が鉛の場合は 450°C 以下に鹽の場合は 400°C 以下になると温度差が大きくなるに従て線材の抗張力は次第に増大する。同時に浴温 450°C 以下の時は、同

一浴温にて鉛パテント処理された針金の抗張力が高いと云ふことに依て鉛浴の冷却能力の方が大きいと云ふことが明かになる。従て同一の抗張力を得ようとするならばこの温度範囲の鹽浴温度は該抗張力を得るのに鉛浴の場合よりも 25°C 低くしなければならない。

斯くて鋼球にて測定せられた冷却能力より得られた結論はパテント処理實驗に依り餘す處なく立證せられた。第 12 圖に依ても 450~550°C の範囲にある同一浴温にて試験せられた二つの冷却剤、鉛及び鹽は、既に第 10 及び第 11 圖に於て確認せられたやうに、組織にとつては第二義的なものに過ぎないと云ふことが明かにされる。然し 450~550°C の範囲に於ける浴温の影響は此の場合には極めて少いこと及び相異つた冷却開始温度なるものは針金の抗張力には何等決定的な影響を與へるものでないことは何と云つても注意しなければならない。

従て鹽パテント処理針金の此處に試験せられない工業的及び機械的性質に關しても要求を満すから鋼線をパテント処理する場合に鹽浴を使用することは工業の見地から見ても一向に差支へない。

結 言

鋼線パテント処理用の鹽浴に關しての冷却能力を試驗する爲に、中心に熱電對の裝備してある耐熱性にして變態のない鋼製球を使用して鉛浴に冷却した場合の温度-時間曲線を作つた。尙又時間的な温度経過より冷却速度が仔細に測定され且その時この球心温度との關係が明かになる。

一般的には冷却開始温度及び浴温が兩者等しい時、又特別にはソルバイトの生成される圈内に於ては熔融鉛の冷却能力は、硝酸カリと硝酸ソーダの同量混合鹽のそれに比して大きい。非混合鹽はこれより作られた混合鹽と同一の冷却能力を有する。攪拌速度の影響は鉛浴の場合には非常に大きく鹽浴の場合には非常に小さい。尙鉛浴の場合には冷却能力は温度差に比例して増大するが、鹽浴の場合には始めの温度差より計算した冷却能力は、冷却開始温度同一の時は浴温の低下に比例して減少する。冷却能力の反應より針金と浴との間の温度差が鉛の場合に比して大きい時は此處に試験された鹽浴を鋼線のパテント処理に使用して良いことが推定される。測定せられた冷却能力より組織及び抗張力に關して得られた結論はパテント処理實驗に依り餘す處なく立證せられた。

参 考 文 献

- 1) Mitt. K. -Wilh. -Inst. Eisenforsch. 20 (1938) S. 55/60; vgl. Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 553
- 2) Werkstoff-Handbuch, Stahl und Eisen, 2. Aufl. Hrsg. v. Verein Deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf 1937. Blatt T14-2 und T15-4.
- 3) Ingenieurvidenskablige Skrifter A Nr. 31. København 1931.
- 4) Mitt. K. -Wilh. -Inst. Eisenforsch. 21 (1939) S. 181/96. Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 345/54 (Werkstoffaussch. 489); vgl. Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 164/65.