

Fig. 5. Stress-temperature curve for various rate of set (at 30 heating cycles).

Fig. 2, 3 を基として応力と温度との関係を求めると Fig. 4, 5 がえられる。すなわち Fig. 4 は 30 回の繰返し加熱冷却後の永久変形量(0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10%)をパラメータとしたときのばねにかかる振り応力(常温時の荷重から求めた値)と上限温度との関係であり、冷間引抜の顕著な効果がみられる。しかしながらこの状態での応力はあまり高くとることはできない。

Fig. 5 は 30 回の繰返し加熱冷却時の 1 サイクル当りの変形量(0.002, 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1%)をパラメータとした応力と温度との関係であるが、ここでも冷間引抜の方が優れており、上限温度が 300°C ならば約 60 kg/mm², 400°C ならば約 40 kg/mm² までの設計(1 サイクル当りのセット量を 0.002% まで許容するとして)が可能であるが、この場合には使用前にヒートセッチングを行なう必要がある。

4. 結 言

以上の実験により次のことが判明した。

- 1) 704°C 1 段時効ばねと 760°C—704°C 2 段時効ばねについての繰返し加熱における永久変形量は 1 サイクル当りの変形量について差異がみられない。
- 2) 冷間引抜(62%) 後時効処理を行なつたばねは、単に時効処理しか行なわなかつたばねより永久変形量の点で勝れているが、1 サイクル当りの変形量については差異はない。
- 3) 冷間引抜(62%) 後時効処理を行なつたばねは、ヒートセッチングを行なうことにより、繰返し加熱の上限温度が 300°C ならば約 60 kg/mm², 400°C ならば約 40 kg/mm² まで耐えうる。(許容変形量を 0.002%/heat cycle として)

文 献

- 1) 関, 金井, 上正原, 内山: 鉄と鋼, 50 (1964) 4, p. 654
- 2) 金井, 関, 上正原, 内山: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 1998
- 3) 上正原, 関, 金井, 内山: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 344
- 4) 上正原, 金井, 関, 内山: 鉄と鋼, 50 (1964) 10, p. 1457

(150) 連続磁気硬度計

東洋鋼板, 下松工場

工博 竹本 国一・藤井 昭明
○原田 博之

Continuous Magnetic Hardness Gage.

Dr. Kuniichi TAKEMOTO, Teruaki FUJII and Hiroyuki HARADA.

1. 緒 言

ブリキの硬度(HR-30T)はその強度やスプリングバック値などと関係があり、測定が簡便であるため機械的性質の日常管理によく利用されている。そこで、硬度を工程中で連続測定できれば、多くの利点を生じるので連続硬度計の開発を行なつた。

HR-30T などの凹圧硬度は塑性変形抵抗を測定するのであるから、連続硬度計の被測定量としては、硬度そのものでなくても結晶の性質を示すものであればよい。そこで電気伝導度、渦電流、放射線後方散乱、および磁気特性などが考えられる。われわれは磁気特性について研究を進めているうちに透過磁気がよく硬度と関係があり、非接触連続測定の可能性もあるのでこれを採用した。そこで、透過磁気による連続硬度計を作り、連続焼鈍設備の出口側に設置し実用化試験を行ない、良好な結果を得たのでこれを報告する。

なお、連続硬度計については、Jones & Laughlin 社で放射線の後方散乱を利用したもの¹⁾, U. S. Steel 社で残留磁気を利用したもの²⁾が実用化されているとの報告があるが、本法のものは両社のものと較べて構造が簡単であり精度なども劣らないようである。

2. 測定方法

Fig. 1 は連続焼鈍設備出口側に設置した連続硬度計の構成を示すものである。ストリップの進行方向に対して前方に交流励磁の消磁器を置き、これによりストリップの持つ残留磁気を消去する。この後方に測定ヘッドを設けた。測定ヘッドの上箱には直流励磁の棒状電磁石があり、下箱には磁界測定器の検出部が組込んである。この電磁石は定電流装置より供給される一定電流によつて常に一定の静磁界を発生している。検出部にはストリップが磁化されることにより変化した磁界(これを透過磁気と呼ぶ)がかかり、これを磁界測定器で測定し、この出力を記録計で記録する。この記録がストリップの長さ方向の硬度分布を示すことになる。なお、本方法は磁気特性を利用するものであるから、試料はその化学成分、熱間圧延条件、冷間圧延条件などがほぼおなじに管理され

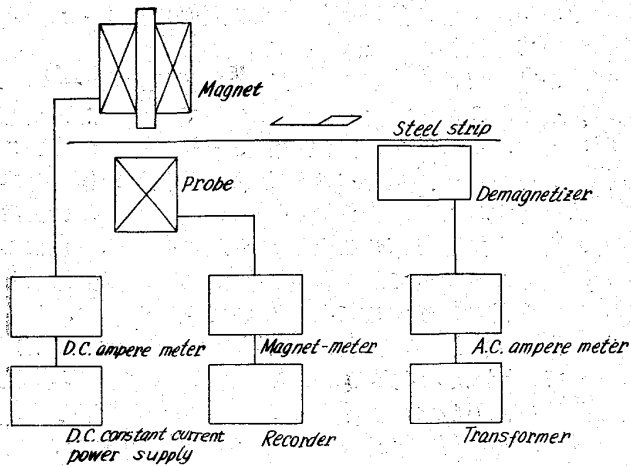


Fig. 1. Schematic diagram of continuous hardness gage.

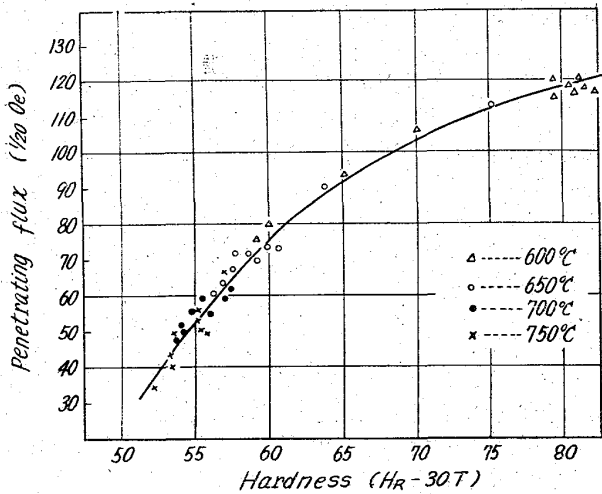


Fig. 2. Relation between hardness and penetrating flux (Static).

ていなければならない。

3. 試 験

まず、実験室的な試験として、低炭素鋼薄板サンプルからモデル連続焼鈍設備によつて各種硬度の試料を作り静止状態における測定をした。焼鈍温度は 500°C より 800°C まで 50°C 間隔で 7 段階を選び冷延のままの板を含み硬度 52 から 80 (HR-30T) のものが得られた。これらの試料の透過磁気と硬度との関係を Fig. 2 に示す。これにより透過磁気と硬度とは非常によい相関関係にあることがわかる。再結晶前の歪の回復過程においても相関があるが曲線の勾配が小さくなる傾向が見られる。

つぎに、連続焼鈍設備の出口側に設置し、日常管理用の硬度 (HR-30T) と透過磁気との関係を回帰分析により求めた。試料は厚さ 0.23mm の連続焼鈍ブリキ原板 (Tu-4) 材約 400 点で、透過磁気と硬度との相関係数 0.67 標準偏差 0.87 であつた。この結果を Fig. 3 に示す。

現場での実用化試験に先立つて、ストリップの進行速度と巻取り張力の変化による誤差を調査した。これによれば、走行速度 160m/min から 4000m/min への増加に対し指示の変化は 0.4 (HR-30T) の増加、また巻取り張力 12kg/mm² から 8kg/mm² への減少で 0.2

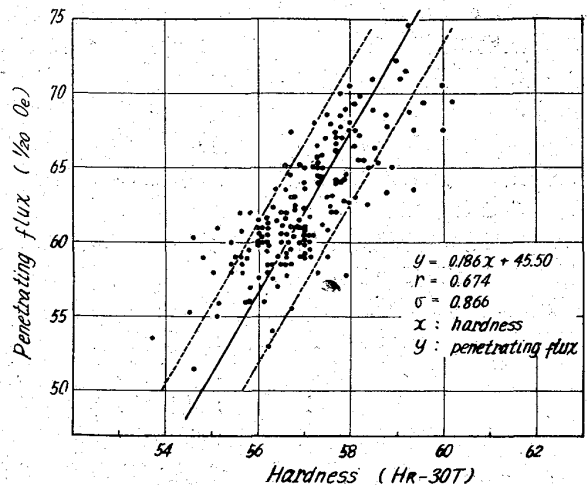


Fig. 3. Relation between hardness and penetrating flux (Dynamic).

(HR-30T) の減少を示した。

また、ストリップの厚みについては同一公称厚みのもののうちの多少の厚み偏差は問題にならなかつたし 0.22mm から 0.27mm までのブリキ材については同一スケールで硬度の目盛をつけることができた。

参考として、Jones & Laughlin 社と U. S. Steel 社の硬度計について、判明している範囲で述べ、本方法と比較してみる。

J. & L. の方法は、放射線の後方散乱を利用したもので線源として Kr⁸⁵ を使用している。ベータ線エネルギーは 0.695 Mev で 0.13mm 以上の厚さの試料の硬度が測定できる。これより薄いものはベータ線エネルギーの低いものを使用する。

硬度測定の精度は 2σ で ±2.1 HR-30T である。硬度 15HR-30T (57~72HR-30T) の変化に対する後方散乱の変化は全体の 1.9% にすぎないので測定系の安定性に対する要求は非常に厳格である。

誤差の要因として、測定ヘッドとストリップとの間の空気の温度の変化が ±2HR-30T ほどあるが、これは一定温度の空気を供給することにより逃れている。同じく運転速度の変化によるストリップ温度の変動は 14°C が 1HR-30T に相当するが、これも補償している。パスラインの変動は ±0.5mm まで問題にならない。

U. S. Steel 社で使用しているのは Assembly Products 社製の Flux-Flaw P 型磁気硬度計で、鋼の残留磁気の違いを利用している。測定方法は、まず、鋼を消磁しそれを一定間隔のパルスで着磁し、その残留磁気の強さを測定する。精度は約 2HR-30T で、測定できるストリップの厚みは約 2.5mm までである。

誤差の要因としてストリップの進行速度があり、16m/min 以下では測定不能、それ以上ある範囲までは速度の影響を補償している。パスラインの変動は ±0.64mm 以内でなければならず、このためストリップは直径約 750mm のゴムで被覆したロールの周辺に沿つて進み、そこで測定される。また、ストリップにかかる張力の影響もかなりあるようである。

以上二社の方法を本方法と比較すると、精度の点では本方法が ±1.74HR-30T で一番よく、ストリップ厚み

の点では J. & L. 社の方法がよい。また、周囲やストリップの温度に関しては J. & L. の方法には問題があるが、その他の点については三者ともほぼ同じと考えてよかるう。

4. 考 察

透過磁気と硬度との関係は間に結晶粒という段階を置いて考えることができる。

Petch³⁾ は鋼の降伏点と結晶粒の大きさとの間につきの関係があるとしている。

$$\sigma_{L.Y.P.} = \sigma_0 + K l^{-1/2}$$

ただし、 $\sigma_{L.Y.P.}$: 降伏点

σ_0 : 単結晶の降伏点

l : 結晶粒の直径

K : 定 数

また、凹圧硬度は塑性変形抵抗を測定するのであるから上式の降伏点を硬度に置換えて考えることができる。すなわち、硬度と結晶粒度との間に相関が認められることになる。つぎに、透過磁気と結晶粒との関係を考えて、透磁率の低いものほど透過磁気は大きくなる。また各試料間の透磁率の違いは現在測定に使用している磁界の強さでは磁壁移動の容易さによるものと考えられる。結晶粒の大きいものほど磁区も大きく磁壁移動を妨げるものも少ないので透磁率は大きくなる。すなわち、結晶粒が大きいものほど透過磁気は小さい、また、硬度は低い。このようにして透過磁気によつて硬度が測定できると考える。

5. 結 言

連続硬度計を現場連続焼鈍設備に設置し実用化試験を行なつたが、ロックウェル硬度計との標準偏差が 0.87 程度であり、実用化の可能性がある。

測定器自身の安定性や精度をさらによくするために、基礎的研究、測定方法の研究を含め実用化の調査研究を進める。

文 献

- 1) W. A. WILSON: Instr. Soc. Am. J., 10(1963) 12, p. 64
- 2) H. J. HANSEN: Iron Age, 192 (1963) 21, p. 73
- 3) N. J. PETCH: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 174 (1953) p. 25

(151) 酸化物の変態

(酸化膜の研究—Ⅲ)

東京大学工学部 ○高 木 甲子雄

Transformation of Iron Oxide.

(Study on iron oxide film—Ⅲ)

Kineo TAKAGI.

1. 緒 言

鉄の高温酸化についての研究は非常に多く発表されている。しかし、酸化に関する問題は広範囲にわたっているばかりでなく、鉄の酸化物は数種があり、それらの相互反応、変態など複雑な点を含んでいるため、現場作業に必要なことについても、未だ明確にされていない面が

少なくない、鋼材の熱間圧延の際に生ずるミル・スケールについても同様なことがいえる。

前回の報告ではこの点に着目し、熱間圧延スケール(二次スケール, ミル・スケール)について組織学的に研究を行なつた。その結果、高温加熱で一般に得られている酸化スケール(一次スケール)とは、酸化膜の構造が本質的に相違すること、またこの原因の究明を行ない、酸化物の変態が主因であることを明らかにしたり、またこれらの変態に伴なつて起る現象が、酸洗性、耐食性などの種々の性質に影響することについて報告²⁾した。

本報告では、上述の変化の主要点である酸化物の変態について、定量的な数値を求めるため、Wüstite の恒温変態曲線を作製した。同時にその変態機構を考察し、変態中間生成物(現在まで発表がみられない酸化物であり、本研究で始めて見出され、後述するように Wüstite の鉄イオン欠陥のないと考えた場合の格子常数に相当するので、一応 FeO' の型で示した。)などとの関係について報告する。

2. 研究 方法

研究方法は組織学上の立場から、主として顕微鏡組織、X線回折について行ない、酸化物の決定についてはすべて両者の対応によつて決定した。

2.1 実 験 方 法

2.1.1 試 験 片

低炭素リムド鋼 (C=0.08%) の熱間圧延鋼板を用いた。寸法は 2 mm 厚の板を 15×50mm に切断して用いた。

2.1.2 試料の作製

ドライ粉中で無酸化加熱して、大気中に取り出し空冷して酸化させて酸化膜を作製した。加熱温度 900°C の場合の酸化膜の厚さは 10μ 程度で、これはミル・スケールと同じくらいである。

2.1.3 試料の処理

冷却した試験片を再加熱し、200, 250, 300, 350, 400, 450, 500°C の各温度に 1min ないし最高 6 hr まで、各時間加熱保持してから急冷した。また、空冷酸化の途中でそれぞれの温度に達したとき、その温度で恒温変態を行なつた。この時の保持温度は 200~480°C、時間は 1 min ないし 6 hr である。恒温雰囲気は空気中または鉛浴中である。

2.1.4 検 査 方 法

顕微鏡組織は高倍率で、断面と平面(酸化膜と平行)の両方から行ない、酸化物の区別は腐食前の明瞭な差によつて、薄灰色の Hematite、薄褐色がかつた Magnetite と Wüstite 層を、次に腐食(2% 硝酸アルコール溶液)によつて、腐食のされ方の相違から、変化の少ない Magnetite、薄茶色がかつておかさされてゆく Wüstite、FeO' の発生により極端に腐食の進む相とに明瞭に区別することができた。X線回折は特別の場合のほかは、試料は酸化物が鉄試片についたスケールの状態のまま用いた。測定はガイガーフレックスで行なつた。

3. 実験結果と考察

3.1 酸化膜の構成

先づ酸化膜の構成を調べるため、種々の温度で酸化を行ない、酸化物の厚さの割合を求めた。文献³⁾⁴⁾⁵⁾にみら