技術論文

高炭素鋼の恒温焼鈍について

武井 英 雄*

Hideo Takei : On the Isothermal Annealing of High Carbon Steel.
High Carbon steel (1.5%C) used in file making shows Rockwell hardness number H_{RC} 46~48 at hot rolled condition, but to make the next works easy, it must be softened down to H_{RC} 20~23. We intended to adopt isothermal annealing for this purpose. The present experiment has been carried out to acquire some practical data for isothermal annealing of the steel; for instance, the effects of annealing temperature (denoted by T_1 , which is higher than A_{r1} transformation temperature) and annealing time, the effects of holding temperature (denoted by T_2 , which is lower than A_{r1}) and its time, on the Rockwell hardness number. The results led to the following conclusion:— The annealing temperature $T_1=800\sim850^\circ$ (1hr) and the holding temperature $T_2=650\sim700^\circ$ (1~1.5hr) are found to be applied for our purpose.

(Received July 8, 1953)

I. 緒 言

所要の形状に熱間圧延されたままの両刃摺込鋸用素材は Rockwell 硬度で H_{RC} 46~48 の硬度のものであるが、その後の透仕上(手削り作業)および目立作業を容易に行うためには H_{RC} 20~23 まで軟化し、かつ初析 Fe_3C を球状化する必要がある。現在はこれを普通に焼鈍して爐中冷却している。この場合酸化防止のために一部では box annealing を行っている。われわれは従来から高速度鋼など⁽¹⁾⁽²⁾に應用されている恒温焼鈍をこれに利用して、軟化

Fig. 1 Dimension of Specimen.

焼鈍の作業時間を短縮し、かつ作業を連続的にするための実験的 data の必要を感じたので本実験を計画した。次にその結果を報告する。

II. 試料および実験方法

試料は両刃摺込鋸用素材で、熱間圧延によつ

て Fig. 1 (a) に示す如き断面に成形された状態のもので

あつて、これを長さ約 3 cm に切斷して試片とした。またこの材料の化学成分は Table 1 の如くであり、その大體の變態點および S-曲線を Fig. 2 に示す。

Table 1 Composition of Specimens.

Mark	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %
SKY 3	1.52	0.19	0.45	0.014	0.013	0.35

Fig. 2 Isothermal Transformation Diagram Above 300° .

この試片を Fig. 1(b) に示す如き鋼製容器に入れ、周囲に鑄鐵切削粉をつめて密閉し、これを普通に焼鈍し十分軟化したところすばやく A_{r1} 點以下の各温度に保つてある第二の爐に移し、こゝで適當の時間保つた後空冷した。焼鈍爐としては 9 kW ($150 \times 200 \times 480$ mm), 3 kW ($105 \times 150 \times 340$ mm) のマッフル電氣爐 2 個を使用し、焼鈍温

* 廣島大學工學部

(1) 小柴, 田中, 本誌, **12**(1948), 15.

(2) W. Hülschruch, E. Theis, Stahl u. Eisen, **72**(1952), 123.

度は自動温度調節器で $\pm 4^\circ$ 以内の範囲で一定にした。

硬度の測定は、焼鈍後 Fig. 1 (c) に示す如き形状に鋳で仕上げたのち、エメリー紙 00 まで磨いたものについて、Rockwell 硬度 C-scale で測り、3~5 個の測定値の平均をとった。

以後 A_1 点以上の温度に保つてある爐を高温度（その温度を焼鈍温度 T_1 ）、 A_1 点以下の温度に保つてある爐を低温爐（その温度を恒温変態温度 T_2 ）と呼ぶことにする。

III. 実験結果および考察

1. 低温爐での保持時間の影響

A_1 点以下の一定温度に保つた低温爐での保持時間を決定するために、高温度で $850^\circ, 2\text{ hr}$ 焼鈍した後 $610^\circ, 660^\circ, 700^\circ$ の各温度に保つてある低温爐に移し、こゝに 0~2 hr 保持して水中に急冷した試料について硬度を測定した。その結果を Fig. 3 に示す。これによると低温爐の温

Fig. 3 Relation between Hardness and Holding Time at Temperature T_2 .

度が 700° の場合には 1.5 hr 以上保持する必要があるが、 660° では 1 hr で十分で 610° になると 30 min でもよいことになる。従つて以後の実験では便宜上低温爐での保持時間はすべて 1.5 hr にした。

2. 低温爐の温度の影響

低温爐の温度を決定するために A_1 点以上の一定温度で 2 hr 焼鈍した後 $500\sim 700^\circ$ の各温度の低温爐にすばやく移し、こゝで 1.5 hr 保つてから空冷した試料について硬度を測った。その結果を Fig. 4 に示す。これによると焼鈍温度 $T_1 = 750\sim 800^\circ$ のものではまだ軟化が不完全であり、従つて T_2 の影響も少ない。ただし $T_1 = 850\sim 900^\circ$ で焼鈍したものでは T_2 の影響が著しく、 $H_R < C22$ には少なくとも T_2 は $600\sim 700^\circ$ を選ばなければならない

ということが知れる。なお同圖 $T_1 = 850^\circ$ のものは低温爐に 1.5 hr 保つてから水冷した場合と空冷した場合との両方が

Fig. 4 Relation between Hardness and Temperature T_2 .

記入してあるが、何れにしても大差ないようである。 A_1 変態が完全に終結すれば、その後どんなに早く冷却しても硬度には関係ないとするのが恒温変態焼鈍の考え方であるから、これは當然なことと思われる。

3. 高温度の温度の影響

高温度での適當なる焼鈍温度を決定するために、 $T_1 = 750\sim 900^\circ$ の各温度で 2 hr 焼鈍した後低温爐に移し、こゝに 1.5 hr 保持して空冷した試片について硬度を測った。その結果を Fig. 5 に示す。これによると軟化効果は $T_1 =$

Fig. 5 Relation between Hardness and Temperature T_1 .

軟化したものほど大きいことが認められる。なお同圖には $750\sim 900^\circ$ の各温度で 2 hr 焼鈍して空冷および水冷したものゝ硬度が附記してあるが、これと比較すると $850\sim 900^\circ$ で 2 hr 焼鈍し、 $650\sim 700^\circ$ に 1.5 hr 保持して空冷

* 豫備実験の結果 850° になっている爐に試料箱を入れると、その中心が 850° になるのに約 1 hr かゝるので、この最初の 1 hr は焼鈍時間に入れてない。

したものは爐冷したものと同じ硬度まで軟化していることわかる。

Fig. 6 Relation between Hardness, Temperature T_1 and Temperature T_2 .

の部分が $H_R < C 22$ となり、われわれの目的に一致する部分である。

4. 高温爐における焼鈍時間の影響

次に高温爐での焼鈍時間の影響を調べた。すなわち高温

爐で 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 hr 焼鈍した後 $T_2 = 660^\circ$ の低温

Fig. 7 Relation between Hardness and Holding Time at Temperature T_1 .

爐に移し、ここに 1.5 hr 保つて空冷した試料について硬度を測定した。その結果を Fig. 7 に示す。これによると高温爐での焼鈍時間は 1 hr で十分で、それ以上長時間加熱すると必要はないようである。

5. 変速焼鈍との比較

850° で 2 hr 焼鈍後爐中冷却し A_1 点以下に温度が降つた時に試料箱を取出し水中に急冷して、その取出した温度(変速温度)と硬度および 850° よりその温度まで爐温を下げるに要する時間の関係を調べた結果を Table 2 に示す。表中 9 A, 12 A とあるのは爐冷速度を変えるためそれだけの電流を通じながら爐冷したのである。これによると変速温度は餘り低くしなくてもよいようである。そこで今種々の方式による軟化焼鈍の所要時間を比較してみる

(a)

(d)

(b)

(e)

(c)

(f)

(a) Specimen

(b) 850° 2 hr., Furnace Cooling.

(c) 850° 2 hr., Air Cooling

(d) 750° 2 hr., 700° 1.5 hr. Isoth. Ann.

(e) 800° 2 hr., 700° 1.5 hr. " "

(f) 850° 2 hr., 700° 1.5 hr. " "

Photo. 1

×980

と、豫熱に 1 hr と 850° で 1 hr の焼鈍時間は共通とし、850° より 500° まで爐冷し以後空冷したもので 8 hr, 850°

Table 2 Relation between Quenching Temperature and Hardness.

Quenching Temperature	Conditions of Furnace Cooling					
	Switch off		9 A		12 A	
	H _{RC}	Time min	H _{RC}	Time min	H _{RC}	Time min
700°	64	106	64	120	64	140
680°	21	128	23	188	20	214
600°	20	208	20	265	20	315
500°	20	358	21	474	—	—

より 680° まで爐冷し以後空冷したもので 4 hr, 850° で 1 hr, 650° で 1 hr 後空冷の恒温焼鈍で 3 hr となり時間的には恒温焼鈍が最も有利である。

6. 顕微鏡組織

熱間圧延したまゝの素材の組織は Photo. 1 (a) の如くで粒界に初析 Fe₃C が網目状に出ている。これを 850° で 2 hr 加熱して爐冷および空冷したものの組織は、それぞれ Photo. 1 (b)(c) の如くであつて何れも大體球状に Fe₃C なつている。また恒温焼鈍したものの組織の一例を (d) (e)(f) に示す。これで見ると T₁ が 750~800° と低すぎる場合には Fe₃C の球状化が不十分であることが知られる。なお T₂ が 700~600° の間で變化しても組織には大きな變化を認めなかつた。

IV. 結 論

(1) 兩刃摺込鑄用の高炭素鋼材に恒温焼鈍を施して H_R<C 22 に軟化することが出来、かつ相當時間が短縮出来ることを實證した。この場合、焼鈍温度は 800° 以上、恒温變態温度は 600° 以上であることが必要である。

(2) 高温爐での焼鈍時間は 1 hr で十分で、それ以上長くしても餘り効果はない。低温爐での保持時間は温度が變態點に近いほど長時間を要するが、700° で 1.5~2 hr, 650° で 1.0 hr, 600° では 0.5 hr で大體よいようである。従つて時間的には 600° 附近を利用するのが經濟的であるが、餘り低温を使用すると軟化が十分でなくなる。われわれの目的には豫熱時間 1 hr, 850° で 1 hr 焼鈍, 650° に 1 hr 保持して空冷すればよく、合計 3 hr で焼鈍が完了するわけで爐冷よりはるかに短時間になり、かつ連續作業が可能になる。

(3) 變速焼鈍でも時間は短縮出来るが、恒温焼鈍にはおよばないし、連續作業も出来ない。この場合變速温度を餘り低くする必要はないようである。

終りに本實驗、遂行にあつて、終始御指導御激勵下さいました廣島大學勝盛豊一教授、山本博教授、東京工大作井誠太博士の御好意に對して衷心より感謝いたします。また熱心に實驗を手傳つて下さつた當時學生の吾野金郎、乙部達男兩君に謝意を表します。