

(150) 高温焼鈍による絞り用鋼板の製造 (低炭素薄鋼板の過時効処理に関する研究 —II)

日本鋼管, 福山製鉄所 ○松 藤 和 雄
〃, 技術研究所 下 村 隆 良

Manufacture of Drawing Quality Steel Sheet
by High Temperature Annealing Process
(Study on over aging treatment of low carbon
steel sheet—II)

Kazuo MATSUDO and Takayoshi SHIMOMURA

1. 緒 言

一般にリムド冷延鋼板は A_1 変態点以下の温度で焼鈍され、 A_1 変態点以上の温度で焼鈍した場合は、オーステナイト中における炭素の濃化に伴うカーバイド粒の粗大化のために加工性が、固溶炭素量の増加のために時効性が著しく阻害されるといわれている。しかし、われわれは多くの経験から時効性については同一見解であるが、加工性の劣化については疑問をもつたので、 $A_1 \sim A_3$ 変態領域の温度で焼鈍を行なった場合の材質におよぼす影響を徹底的に追求した。また時効性に関しては前報¹⁾の過時効処理について検討し、連続焼鈍の場合とは異なつた処理条件で高温焼鈍の場合の過飽和固溶炭素が析出することを見出し、ここに時効性を考慮した高温焼鈍による絞り用リムド鋼板の製造が可能であるので以下に報告する。

2. 実験方法

2.1 焼鈍温度の材質におよぼす影響

Table 1 に示す板厚 0.78 mm の A, B 2 種の冷延試料を用いて、焼鈍温度を 650, 700, 750, 800, 850°C に変え、均熱時間はいずれも 5 hr とし、焼鈍雰囲気をも 100% N_2 雰囲気、真空中の場合について実験を行ない、結晶粒度、引張試験値、エリクセン値、C.C.V (38 f), γ 値、歪時効指数、X線による (110), (200), (211), (310), (111), (321), (332) の 7 面の反射面強度を測定した。反射面強度は 7 面を 100% とした場合を存在率で示した。またエリクセン値についてはチャージ間の差、測定のパラッキなど多くの問題があるので、特に 20 チャージの試料を用いて 700°C (N_2 雰囲気) と 850°C (Ar 雰囲気) の場合について詳細に検討した。調圧は実験用圧延機で 1.5% 行なつた。

2.2 高温焼鈍により生じた過飽和固溶 [C] の析出条件

高温焼鈍を行なった場合の過飽和固溶 [C] を減少させる方法として、Table 1 の C の試料を用いて種々の過時効処理実験を行ない、歪時効指数により検討した。

3. 実験結果および考察

Table 1. Hot rolling condition and chemical composition of specimen.

	Hot rolling condition (°C)		Thickness (mm)		Cold reduction (%)	Chemical composition (%)				
	Finishing temp.	Coiling temp.	Hot rolled sheet	Cold rolled sheet		C	Mn	P	S	N_2
A	855	550	2.8	0.78	72.2	0.04	0.26	0.012	0.021	0.0011
B	850	545	2.8	0.78	72.2	0.04	0.29	0.012	0.013	0.0009
C	840	575	2.8	0.80	71.4	0.06	0.34	0.013	0.025	0.0011

3.1 焼鈍温度の材質におよぼす影響

Fig. 1 に示すように焼鈍温度が高いほど、降伏点が低くなり、C.C.V, γ 値, エリクセン値などが向上することが認められる。これら絞り性向上の最大の原因はフェライト粒の成長と集合組織の変化であると考えられる。しかしながら、 N_2 雰囲気中で高温焼鈍を行なった場合は、過飽和固溶 [C] の増加のみならず、鋼中の [N] 原子と雰囲気中の $[N_2]$ 分子間の平衡関係に基づき鋼中の [N] の吸収がおこり^{2)~4)} 焼鈍後の [N] 量が増加し、Fig. 2 に示すように調圧延による伸び、エリクセン値などの低下が著しくなる。したがって、高温焼鈍を行なう場合はこのような過飽和固溶 [N] の影響を除くために、真空中または Ar ガス雰囲気中などで焼鈍する必要があるが、工業的には問題があり、簡単な方法としては雰囲気 N_2 の分圧を下げる方法、たとえば NH_3 クラックガスなどを用いることが考えられる。

エリクセン値の高温焼鈍における変化をはつきりさせるために 700°C (N_2 雰囲気) と 850°C (Ar 雰囲気) の場合について、特に 20 試料調査した結果を Fig. 3

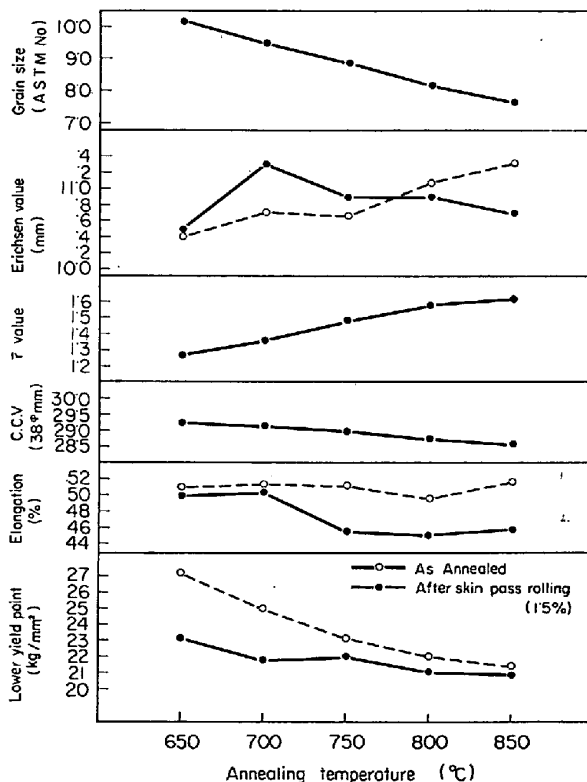


Fig. 1. Effect of Annealing temperature on mechanical properties of low carbon steel sheet. (Soaking time : 5hr)

に示すが、明らかに高温焼鈍を行なったほうが向上している。この最大の原因はやはりフェライト粒の成長と \bar{r} 値の上昇による若干の絞り込みによるためと考えられる。また、この 20 試料について [O] 量とフェライト粒度の関係を調べたところ、700°C 焼鈍の場合はフェ

イト粒度は [O] 量にはほとんど関係しないが、850°C の高温焼鈍になると [O] 量が少ないほどフェライト粒の成長も著しいことがわかった。

深絞り性すなわち \bar{r} 値は焼鈍雰囲気に関係なく、焼鈍温度が高いほど上昇する。焼鈍温度による集合組織の変化は Fig. 4 に示すが、高温焼鈍を行なうと圧延面における(111)、(332)面の反射面強度の増加、(100)、(110)面の反射面強度の減少が認められる。これらの集合組織の変化は焼鈍温度が高くなるにつれて、(100)、(110)面が(111)面のほうへ回転するためと考えられる。フェライト粒と \bar{r} 値の間には強い相関関係が認められるが、これは本質的な関係ではなく、高温焼鈍の場合は(111)方位粒の選択成長が行なわれるためと考えられる。また深絞り性と張り出し性の複合成形性と考えられる C.C.V も高温焼鈍によつて向上するが、これにも \bar{r} 値の上昇が大きく寄与している。

以上のように高温焼鈍を行なうと非常に絞り性のよいものが得られるが、最も問題となるのは過飽和固溶[C]の増加による時効性である。

3.2 高温焼鈍により生じた過飽和固溶炭素の析出条件

種々の過時効処理を行なった場合の歪時効指数の変化を Fig. 5 に示す。700°C × 5hr の普通焼鈍後の歪時効指数は約 4.9 kg/mm² であり、これを 300°C × 5hr 処理後徐冷(200°C まで 10°C/hr) すると約 4.4 kg/mm² となった。この 0.5 kg/mm² 高い分は前者が 700°C からの冷却中に完全に固溶 [C] が析出しきれなかつたためのもので、後者の値が固溶 [N] のみによる値と考えられる。一方 800°C × 5hr の高温焼鈍後の歪時効指数は約 6.6 kg/mm² であり、固溶 [N] による分を差し引いた約 2 kg/mm² の上昇が過飽和固溶 [C] によるものである。これは A₁ 変態点以上になると、一部オーステナイト域が生じ、オーステナイトでの [C] の濃化度が大きくなり、冷却中に拡散、析出が十分行なわれなためと考えられる⁵⁾⁶⁾。

この高温焼鈍後の増加した固溶 [C] を析出させるには、前報¹⁾の連続焼鈍の場合の固溶 [C] の析出に適用した過時効処理が最適と考え、同様の方法をとつた。しかし、高温焼鈍の場合は連続焼鈍の場合に比較して、セメントタイトの粒子が大きく、その間隔も大であるために完全析出するための過時効処理条件は異なる。すなわち、連続焼鈍の場合は 300°C × 30 min で過時効は十分であつたが、高温焼鈍の場合はこれでは不十分である。このため本実験では保持時間を一応 5 hr に定めて処理温度を 100~700°C まで変化させた。過時効は温度が高いほどそれに要する時間は短かくてよいので、700°C の場合が条件としては最も十分であるはずである。にもかかわらず、歪時効指数は高く、過時効処理効果は全く認められない。これは Fe-C 系状態図で考えると、平衡的に完全析出している温度から冷却した場合、状態図に沿うように、ゆつくりと徐冷を行なえばよいが、ある程度冷却速度が速いと、逆に温度が高いほど、[C] の固溶量は多くなる。このように、冷却速度が大きく影響をおよぼすので、

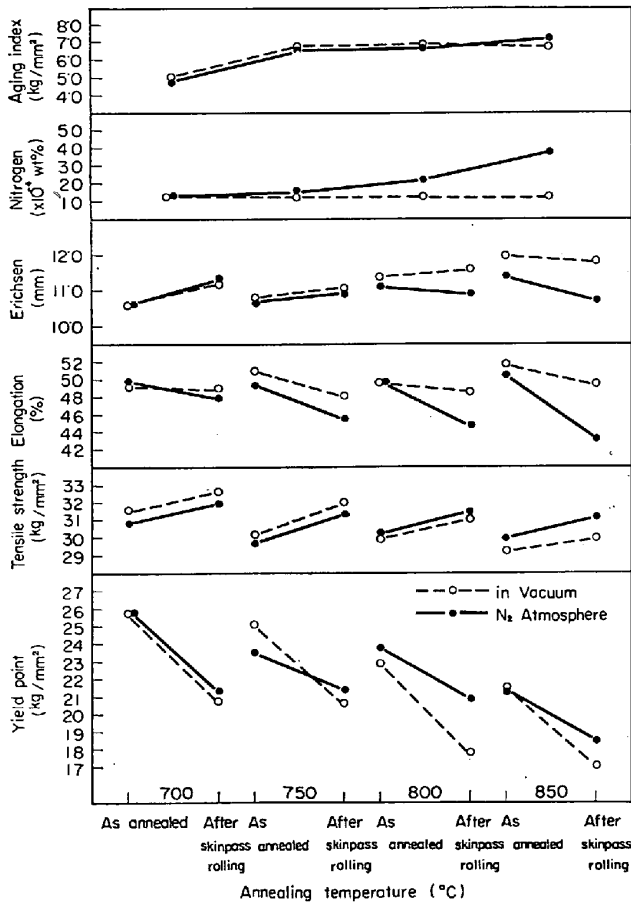


Fig. 2. Change of mechanical properties due to skinpass rolling and change of N₂ contents and aging index due to annealing temperature.

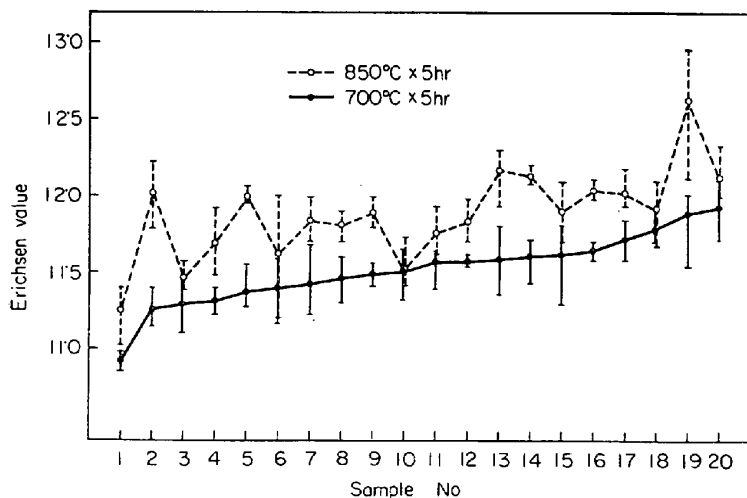


Fig. 3. Effect of high temperature annealing on erichsen value of low carbon rimmed steel sheet.

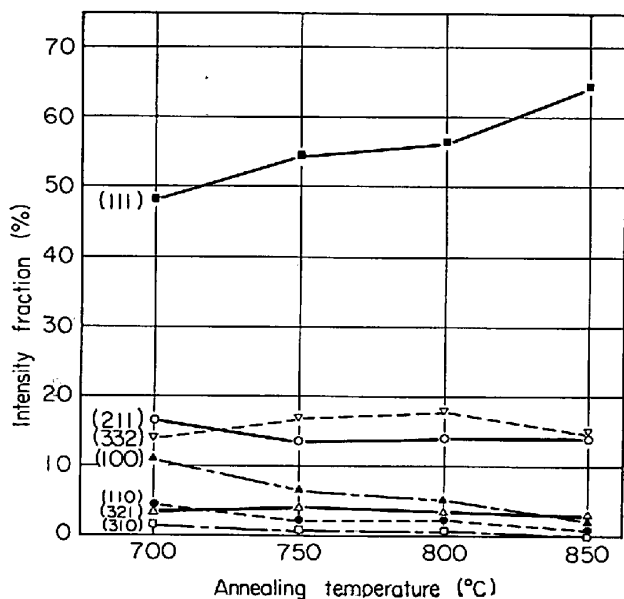


Fig. 4. Change of intensity fraction due to annealing temperature.

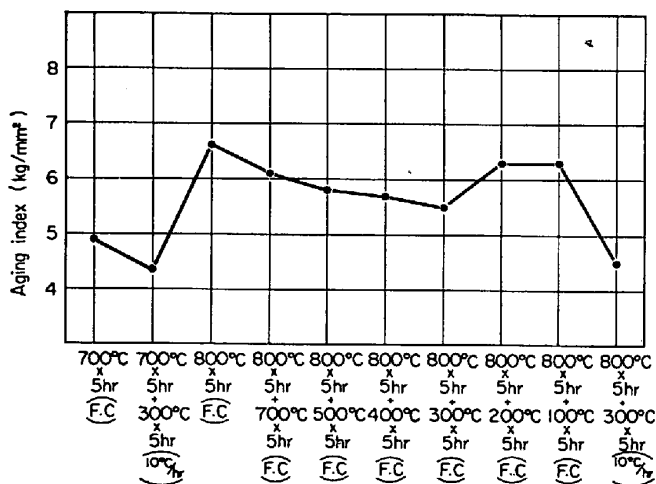


Fig. 5. Change of aging index due to over aging treatment conditions after high temperature annealing.

冷却速度を極端に遅くする場合を除いては、過時効処理温度はなるべく低いほうが望ましい。しかし、処理温度があまり低いと、冷却速度による影響はほとんどないが、Fig. 5でも分かるように 5 hr では過時効は完了せずかなりの長時間保持を要する。

このように、過時効処理時間、冷却速度の影響などを考慮すると、過時効処理温度としては 300°C 付近が最適であると考えられる。しかし、300°C × 5hr 保持でも炉冷の場合は歪時効指数が約 5.5 kg/mm² あり、これは 200°C 以下の場合のように、処理時間が不足しているのではなく、その後の冷却速度の影響が若干あるのではないかと考え、300°C から 200°C までを 10°C/hr という非常に緩やかな冷却を行なったところ、歪時効指数は約 4.5 kg/mm² に下がり過時効処理効果が顕著となった。この結果 300°C で 5hr 保持した時点で、すでに過飽和固溶 [C] は完全に析出していると考えられ、こ

の保持時間はもつと短縮可能である。

以上のように高温焼鈍による過飽和固溶 [C] の析出が可能なることが分つたが、これを工業的に行なうには別炉で 300°C で数時間保持後、200°C まで 10°C/hr という非常に遅い徐冷却を行なえばよい。しかし、コストなどの面を考えると高温焼鈍後の冷却途中で 300°C 付近で数時間保持するようなコントロール冷却を行なうことが望ましい。

4. 結 言

高温焼鈍 (A₁~A₃ 変態点) に関する種々の実験を行なつたところ次のような結果が得られた。

(1) 焼鈍温度が高いほど深絞り性が向上する。これはフェライト粒の成長に伴ない、圧延面での (111), (332) 面の集積度の増加, (100), (110)面の集積度の減少によるものとする。

(2) エリクセン値, C.C.V, 引張特性も焼鈍温度が高いほど向上するが、これらの特性は焼鈍雰囲気による。すなわち、N₂ 雰囲気焼鈍を行なうと、鋼中への窒素吸のため、調圧によるこれらの特性の劣下が著しい。

(3) このため高温焼鈍の場合の焼鈍雰囲気としては窒素ガスの分圧を下げるか、Ar ガスなどを使用する必要がある。

(4) 高温焼鈍を行なうと、過飽和固溶 [C] の増加により、時効性が強くなるが、これはその後過時効処理 (300°C × 5hr 保持後 200°C まで 10°C/hr で冷却) を行なうことにより完全に析出させることができ、時効性も普通焼鈍なみに固溶 [N] によるものだけとなる。

(5) 実際に高温焼鈍を工業化するに当たっては、雰囲気ガスとして NH₃ クラック・ガス、過飽和固溶 [C] の析出には冷却途中での一時保持などが考えられる。

文 献

- 1) 松藤, 下村: 53 (1967) 4, p. 447
- 2) 周藤: 鉄と鋼, 50 (1964) 5, p. 771
- 3) R. RAWLING and D. TAMBINI: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), Nov. (1956), p. 307
- 4) L. S. DARKEN, R. P. SMITH and E.W. FILE: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 191 (1951), p. 1174
- 5) P. STARK, B. L. AVERBACH and M. COHEN: Acta. Met., 6 (1958), p. 149
- 6) G. LAGERBERG and A. JOFFSSON: Acta. Met., 3 (1955), p. 236