

4. 結 言

線材の加工性についてDH処理効果を確認するために平炉で溶製されDH処理をほどこした冷間圧造用線材の冷間および熱間での捻回試験と据込成形による加工性を非処理鋼と比較調査した。その結果DH処理によつて非処理鋼よりも低い酸素、水素含有量とすることができ、非処理鋼の加工限度よりさらに高い圧縮率での加工が可能であることがわかつた。非金属介在物は顕微鏡試験、線材の酸素分析値および地疵の発生状況から非処理鋼よりもその量は減少し、かつ微細になつたと推定され、これが冷間加工性を向上させたと考えられる。

文 献

- 1) 石塚, 他: 鉄と鋼, 43 (1957) 3, p. 345
- 2) 石塚, 鉄と鋼: 44 (1958) 3, p. 397
- 3) 石塚, 鉄と鋼: 45 (1958) 3, p. 309
- 4) F. HARDERS: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), (1958) 11, p. 310
- 5) 森, 松田, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p.1898

(149) 連続焼鈍による軟質鋼板の製造
(低炭素薄鋼板の過時効処理に関する研究—I)

日本鋼管, 福山製鉄所 松藤和雄

〃 技術研究所 〇下村隆良

Manufacture of Milder Steel Sheet by Continuous Annealing Process

(Study on over aging treatment of low carbon steel sheet—I)

Kazuo MATSUDO and Takayoshi SHIMOMURA

1. 緒 言

近年、ブリキ需要量の急速な増大に伴ない、連続焼鈍炉の発達はめざましいものがあるが、一般に連続焼鈍炉は急速加熱、急速冷却を行なうため、従来のバッチ焼鈍によるものにくらべ硬質であり、主にTUブリキと称される硬質のブリキ原板の焼鈍に使用される程度で、その稼働率はきわめて低い。それゆえ、連続焼鈍によつて軟質ブリキ原板のみならず、絞り用鋼板の製造が可能となれば、そのメリットは非常に大きい。そこで、連続焼鈍による軟質鋼板の製造を目的として、種々の研究を進めた結果、過時効現象を利用することにより、軟質鋼板の製造が可能であることを見出し、工業化に成功したので以下に報告する。

2. 実験方法

2.1 過時効処理方法の検討

試料として Table 1-(A)の板厚 0.6 mm の冷延まま

のリムド鋼板を使用し、熱処理は実験用高周波加熱炉、調質圧延は実験用圧延機を用いて行なつた。

まず過時効処理の方法を決定するため、連続焼鈍の冷却途中から 300°C で 10, 20, 30min 保持し過時効が完了するのに必要な保持時間を求め、つぎに連続焼鈍の冷却途中から過時効処理温度にそのまま保持する方法と連続焼鈍後いつた室温まで冷却後に再び過時効処理温度まで加熱して保持する焼鈍と過時効処理を別々に行なう方法との比較実験を行ない、また後者の場合加熱速度の影響も調査した。これらの実験サイクルを Fig. 1 に示す。なお、連続焼鈍はライン速度 100mpm 最高温度 700°C で行ない、過時効完了の目安として歪時効指数を測定したほかに、硬度、エリクセン値、引張試験値、*n* 値、*r* 値、C.C.V などをも求め材質を調査した。

2.2 過時効処理温度と時間の検討

Table 1-(A)の試料を用いて、過時効に要する温度と時間の関係を調査した。処理方法は連続焼鈍の冷却途中から過時効処理温度に保持する方法をとり、処理温度×処理時間を 250°C×30, 60, 120 min, 300°C×30 min, 350°C×5, 15, 30 min, 400°C×1, 5, 15 min, 450°C

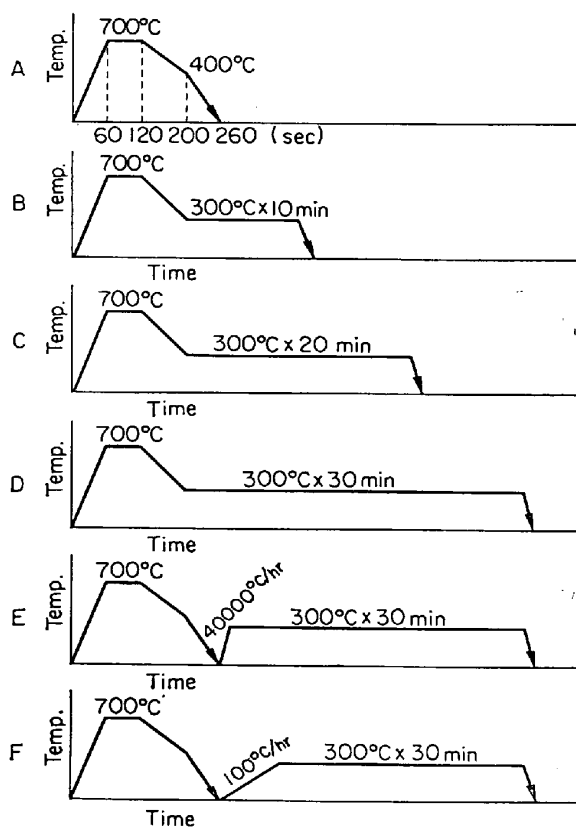


Fig. 1. Over aging treatment cycle.

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

Specimen mark	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	840	580	2.3	0.6	73.9	0.04	0.26	0.012	0.016	0.0016
B	855	565	2.3	0.243	89.4	0.06	0.36	0.019	0.016	0.0016

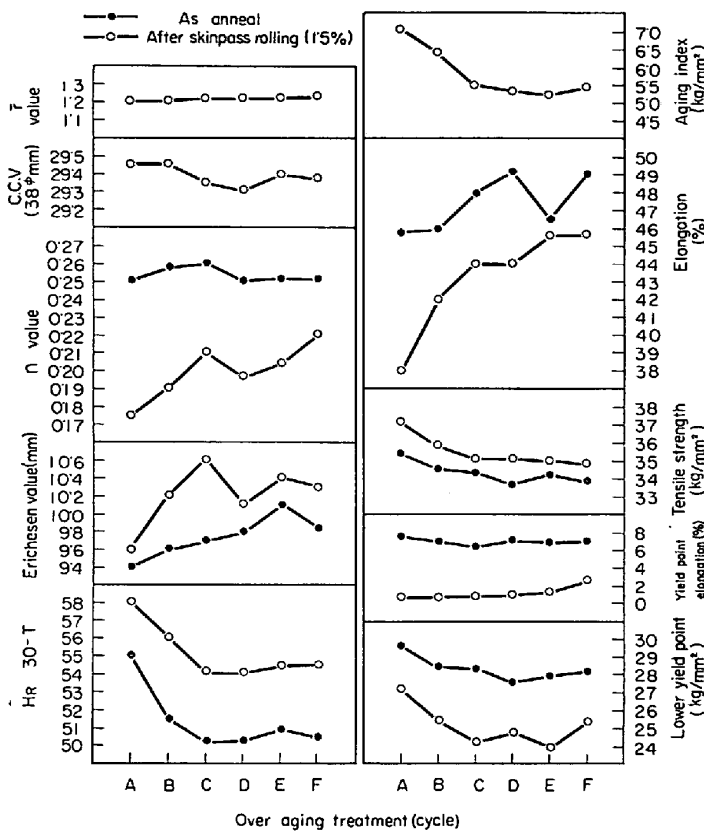


Fig. 2. Effect of over aging treatment cycle on mechanical properties.

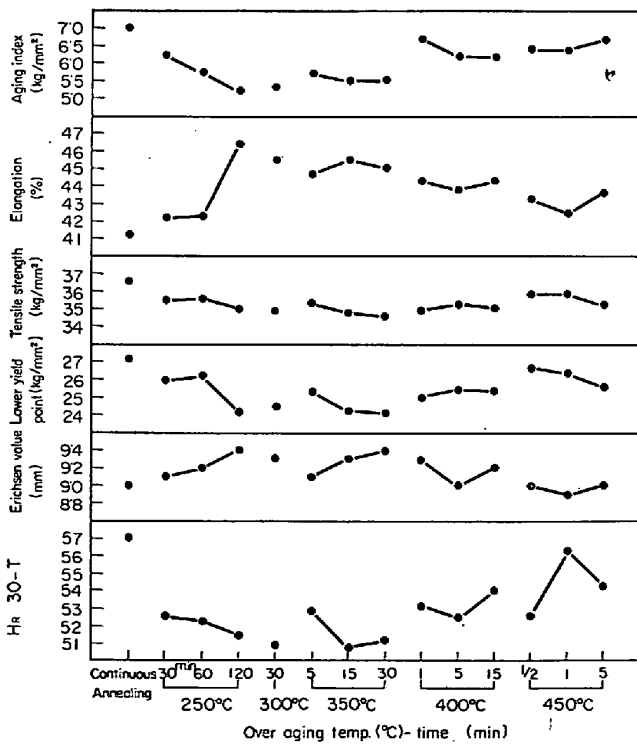


Fig. 3. Effect of over aging temperature and time on mechanical properties.

×1/2, 1, 5 minに換え, 処理後は急冷し, 歪時効指数, 硬度, エリクセン値, 引張試験値を求め材質を調査した.

2.3 過時効処理材の時効性

過時効処理を行なった場合の調圧後の時効性を調査するために, 試料として Table 1-(B) の板厚 0.243 mm のブリキ用原板を用いて, 100°C×40 min (常温1カ月相当), 100°C×120 min (常温3カ月相当) の人工時効を行ない引張特性の変化を調査した.

3. 実験結果および考察

3.1 過時効処理方法

過時効処理の方法としては連続焼鈍の冷却途中で過時効処理温度に保持する方法と連続焼鈍後いつたん室温まで冷却後に再加熱して過時効処理温度に保持する方法の2つがあるが, Fig. 2 に示すように, このいずれの方法をとつてもよく, また後者の場合の加熱速度の影響もほとんどない. 過時効は 300°C の場合大体 30 min で完了すると考えてよい.

3.2 過時効処理温度と時間

Fig. 3 に示すとおりで, 処理温度 250°C の場合は 30 ~ 60 min で硬度, 降伏点, 引張強さなどかなり減少し軟化を示すが, 伸びが悪く歪時効指数も 6 kg/mm² 前後であり, これはまだ過時効の途中と考えられる. しかし 120 min の場合は硬度, 降伏点, 引張強さはさらに減少し, また伸び, エリクセン値なども向上し, 歪時効指数も 5 kg/mm² 程度となり, 一応過時効が完了したと考えられる. 処理温度 300°C の場合は前述のように 30 min で過時効が完了する. 処理温度 350°C の場合は 5 min では降伏点, 引張強さ, エリクセン値, 歪時効指数などから考えて, まだ過時効の途中と考えられるが, 15, 30 min の場合は 300°C×30 min の場合とほとんど同じ値を示し, 過時効は 15 min で完了すると思われる. 処理温度 400°C の場合は 1, 5, 15 min いずれの場合も硬度, 降伏点, 引張強さ, 歪時効指数など過時効が完了したものより高く, 軟化の傾向が現われない. これは 350°C の場合 15 min で過時効が完了することから, 時間的には十分過時効してよいはずであり, 400°C の場合は 400°C からの急速冷却による焼入硬化がおこり, 軟化を妨げたものと考えられる. 処理温度 450°C の場合も 400°C の場合と同様に軟化現象は現われていないことから, 明らかに 450°C からの急冷による焼入時効硬化によるものであろう. したがて, 一般に過時効処理を行なう場合は焼入れの影響のない 400°C 以下の温度で処理する必要がある. 過時効の温度と時間に関する報告も 2, 3 あるが¹⁾²⁾, 本実験から過時効処理後に急冷する場合の過時効処理温度と時間による過時効範囲を推定すると Fig. 4 に示すようになる.

3.3 過時効処理の材質におよぼす影響

過時効処理した場合の材質の変化は Fig. 2, 3 に示すとおりで, フェライト粒は全く変化することなしに, 硬度, 降伏点, 引張強さなどが低下し軟化を示し, 伸び, エリクセン値などが上昇する. このうち最も著しいのが伸びの増加であり, 連続焼鈍のみの場合と過時効処理した場合の差は調圧後に著しい. このような調圧による材質の低下の程度の相違は過飽和固溶 [C] の有無, 存在形態に原因していると考えられる. 歪時効指数は連続焼鈍のみの場合は固溶 [C]+固溶 [N] により約 7 kg/

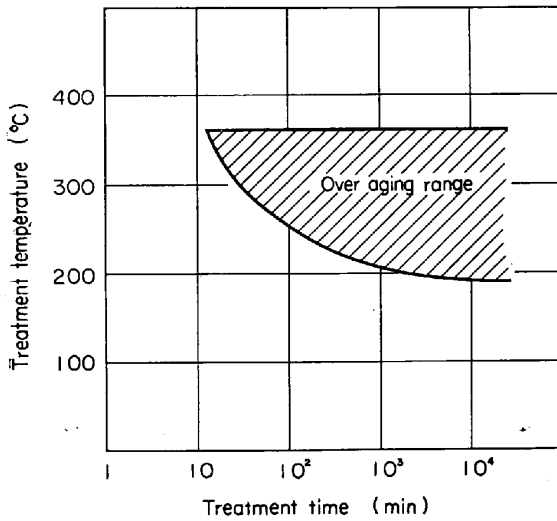


Fig. 4. Relation between over aging temperature and time.

mm² であるが、過時効処理した場合は固溶 [N] によるのみで約 5 kg/mm² となる。この結果、当然時効性も緩和されてくる。

バッチ焼鈍のように徐冷した場合は焼入れ時効は生じないが、連続焼鈍のように急速冷却を行なう場合は、フェライト中に [C] が過飽和に固溶し、焼入れ時効をおこす。焼入れ後の固溶体は非常に不安定な状態にあり、数日経過すれば室温でも分解の傾向を示すが、温度が高くなると急速に分解が進行する。分解の初期段階では析出粒子は小さく、また粒子間隔も小さく、析出量の増加とともに硬化の傾向を示すが、それ以後は過時効現象を示し、析出粒子は大きく、その間隔も増大してきて、析出粒子による内部応力の阻止効果が緩和されて軟化現象を示すものと考えられる。

以上のように過時効処理を行なえば、材質は軟化するが、集合組織的には何ら変化しないため深絞り性にはほとんど影響しない。しかし連続焼鈍によるものでもライン速度を遅くすれば $\bar{\epsilon}$ で 1.2 程度のものが得られ、軽度の絞り用には問題ないと考えられる。

3.4 過時効処理材の時効性

前述したように連続焼鈍したものを過時効処理すれば過飽和固溶 [C] が析出し、固溶 [N] による時効性のみとなり、時効性は普通のバッチ焼鈍材なみとなる。連続焼鈍のみの場合と過時効処理を行なった場合の時効による引張特性の変化は Fig. 5 に示すが、両者の間にはかなりの差があり、過時効処理をしたものは時効による降伏点伸びの発生、伸びの低下が少ない。したがって、ブリキ製造などに適用した場合、フリーティング性などは著しく向上する。

3.5 工業化について

工業的に過時効処理を行なうには、連続焼鈍後に簡単な別炉で 300~350°C で 30 min 程度の熱処理を行なえばよいわけで、現有設備を利用するとすればオープン・コイル焼鈍炉またはタイト・コイル焼鈍炉などが考えられる。そこで、現有設備を利用して絞り用鋼板および軟質ブリキ製造の工場実験を行なったところ、軽度の絞り用鋼板、ブリキの場合成分的配慮を行なえば T-2~T-2

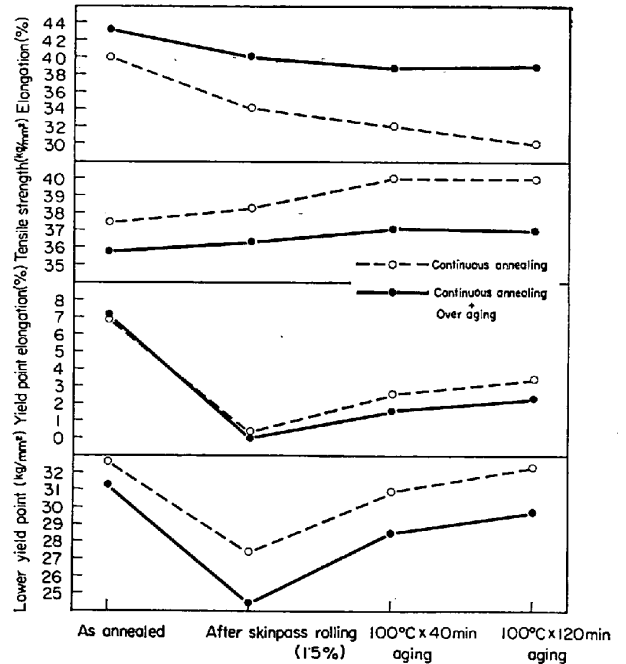


Fig. 5. Change of mechanical properties due to strain aging.

1/2 のものが製造でき、焼鈍能率の向上、コイル内材質の均一化、焼付きがないための歩留の向上など多くのメリットが認められた。

4. 結 言

連続焼鈍による軟質鋼板の製造に関する実験を行なったところ次のような結果が得られた。

- (1) 連続焼鈍後に過時効処理を行なえば、軟質鋼板の製造が可能であり、軟質ブリキ原板ならびに絞り用鋼板の製造に適用できる。
- (2) 過時効処理は連続焼鈍後に 300~350°C で 30 min 保持すればよく、その処理方法は連続焼鈍の冷却途中からそのまま処理温度に保持しても、いつたん室温まで冷却後に再び処理温度まで加熱して保持してもよい。
- (3) 過時効処理を行なったものはフェライト粒は全く変化しないが、硬度、降伏点、引張強さなどが低下し伸び、エリクセン値が向上する上に、時効性も緩和される。
- (4) 現有バッチ焼鈍炉を使用して過時効処理を行ない、工業化に成功し多くのメリットが認められた。

文 献

- 1) E. S. DAVENPORT and E. C. BAIN: Trans. Amer. Soc. Metals, 23 (1937), p. 1047
- 2) E. W. WILLIAMS: J. Iron & Steel Inst.(U.K.), July (1962), p. 535