

討14 高純度フェライト系ステンレス鋼板の加工性におよぼす熱延条件の影響

新日本製鐵株式会社 製品技術研究所 門 智 山崎 桓友
 坂本 徹 中川 恭弘
 田海 幹生 関根 知雄

1. 緒言

高純度フェライト系ステンレス鋼板は、Tiなど炭窒化物形成元素を添加することにより、プレス成形性、特に深絞り性が飛躍的に向上することが知られている。これは鋼板のランクフォード値(r 値)が増加するような集合組織の形成によるもので、冷延の圧下配分、焼鈍条件などとの関係は解明されつつある^{1)~3)}しかし、これらの性向は、炭窒化物の析出が主として起る工程である熱間圧延の条件により大きく変ることが予想され、また、フェライト系ステンレス鋼板を加工する際に常に問題となるリジング性向についても、熱延板のバンド組織が大きな影響を与えるので、熱延条件が重要な要素となると考えられる。今回、TiおよびNb添加量を変化させた高純度フェライト系ステンレス鋼板について、熱延条件のおよぼす影響を検討したので、その結果を報告する。

表1 供試材の化学組成(%)

2. 試験方法

供試材としては、C, N \leq 0.01%, Cr \sim 17%の鋼をベースにTi単独添加3種類、Ti-Al複合添加1種類、Nb-Al複合添加3種類の、計8種類の鋼を溶製使用した。供試材の化学組成を表1に示す。真空溶解150kgのインゴットを板厚25mmに鍛造したものを粗材とし、加熱温度1150 $^{\circ}$ C、2パスで板厚5.6mmまで熱延した1パス圧延後の保持時間を変化させることにより、熱延終了温度を800 $^{\circ}$ C、750 $^{\circ}$ C、700 $^{\circ}$ C、650 $^{\circ}$ Cに変化させた。熱延後、一部の試料は無焼鈍、一部は850 $^{\circ}$ C 10分の焼鈍を行なった。

	C	N	Mn	Ti	Nb	Al
1	0.008	0.003	0.10	—	—	—
2	0.005	0.002	0.20	0.03	—	—
3	0.011	0.003	0.25	0.20	—	—
4	0.005	0.003	0.25	0.25	—	0.033
5	0.003	0.003	0.24	0.46	—	—
6	0.005	0.004	0.25	—	0.06	0.032
7	0.003	0.002	0.25	—	0.12	0.038
8	0.006	0.001	0.26	—	0.23	0.035

冷延は、一次圧延で板厚1.2mm(圧延率78.2%)、二次圧延で板厚0.8mm(圧延率33%)とした。圧下率を上記のように定めたのは、{554}<225>のシャープな集合組織が形成され、30度方向に変形させた場合に顕著なリジング⁴⁾が起るのを防ぐためである。中間焼鈍および最終焼鈍はいずれも850 $^{\circ}$ C(Nb添加材は950 $^{\circ}$ C)、10分間の条件で行なった。

すべての条件で行なった冷延焼鈍材の機械的性質、リジングの測定を行ない、一部のものについて、熱延板、熱延焼鈍板、冷延焼鈍板の集合組織および電子顕微鏡による析出物の観察を行なった。

3. 引張試験結果

3.1. 熱延板焼鈍を行なわない場合

熱延終了温度を変化させても最終焼鈍後の引張強さ、降伏強度、全伸び等はほとんど変化しないが、 r 値は大きく変化する。図1、図2に、それぞれ、Ti添加、Nb添加の場合の r 値を示す。図から明らかのように r 値は、どの供試材の場合でも一樣な変化を示し、熱延終了温度が700 $^{\circ}$ C以下になると、急激に増加する。そして、熱延終了温度が650 $^{\circ}$ Cの場合には、すべての材料で r 値が1.7以上となり、Ti、

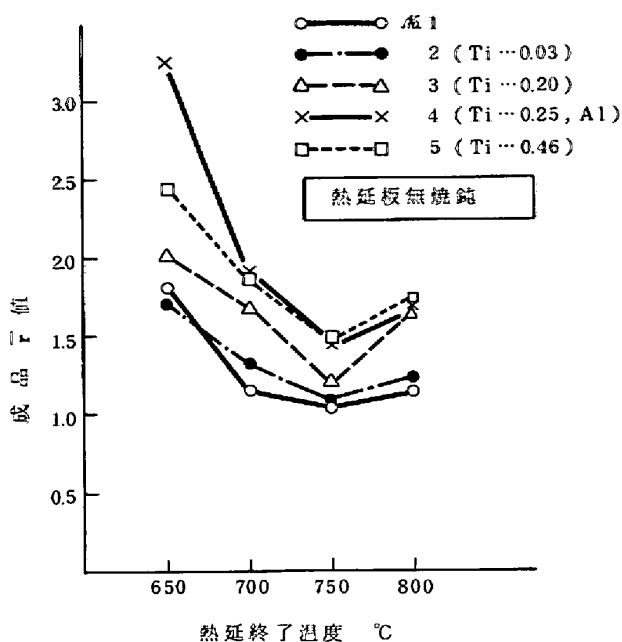


図1 Ti 添加鋼の熱延温度と \bar{r} 値…1

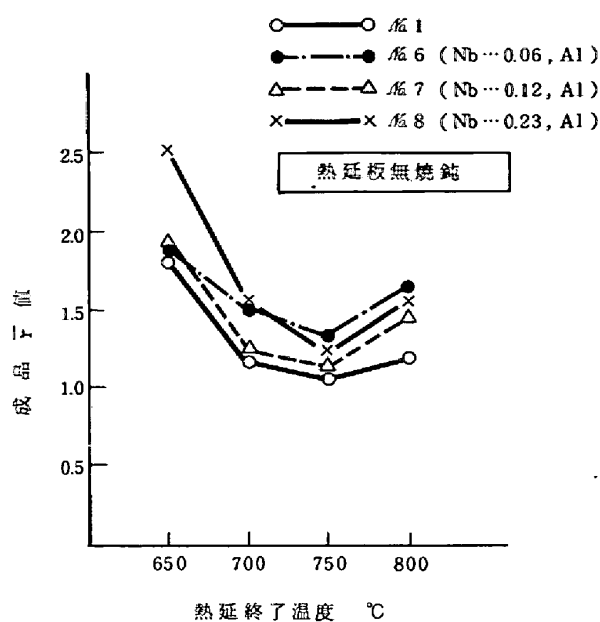


図2 Nb 添加鋼の熱延温度と \bar{r} 値…1

Nb を多量添加したものでは、2.0 以上となる。 \bar{r} 値は、もちろん冷延の際の圧延率および圧下配分によっても大きく変化するが、熱延温度による変化は、それに匹敵するものであり、熱延条件を無視して論ずるわけには行かないと考えられる。

熱延板焼鈍を行わない場合は、一般に、焼鈍を行なった場合に比較してリジング性向は劣る。

3・2、熱延板焼鈍を行なった場合

熱延板に 850°C 10 分の焼鈍を行なうと、最終焼鈍後の \bar{r} 値は、図 3 の Ti 添加の例のように化学成分による差異は、はっきり見られるが、熱延終了温度による差異は、ほとんど見られなくなり、一見熱延温度の影響は消滅したかのように見える。

しかし、リジング性向は熱延温度によって大きく異なり、熱延終了温度が 650°C のものでは、すべての試料についてリジング高さが 20 μ 以下 (20% 引張の場合) であるが、熱延終了温度が 800°C のものでは、30 μ ~70 μ に達するものもある。低温熱延後焼鈍したものは、おおむね再結晶組織を示しており、バンド組織は、残っていても中心部に一部ある程度であるが、高温熱延の場合は再結晶が進まず、バンド状の熱延組織が残っているものが多い。

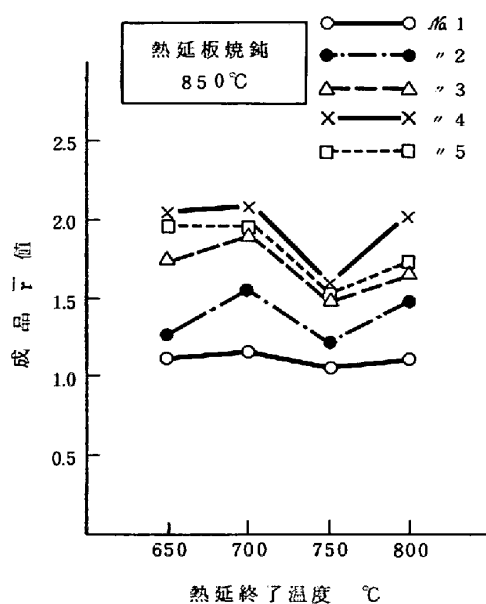


図3 Ti 添加鋼の熱延温度と \bar{r} 値…2

4. 集合組織変化による検討

上述の結果に対する検討を、主として Ti 量 0.2%, 0.46% の試料 3, 5 によって行なった。

熱延板中心層の集合組織は、図 4 に示すような $\{hkl\} \langle 110 \rangle$ タイプの繊維組織であり、表面層

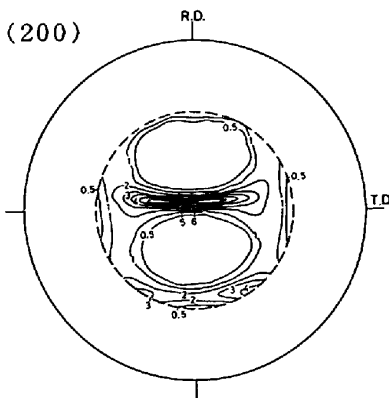
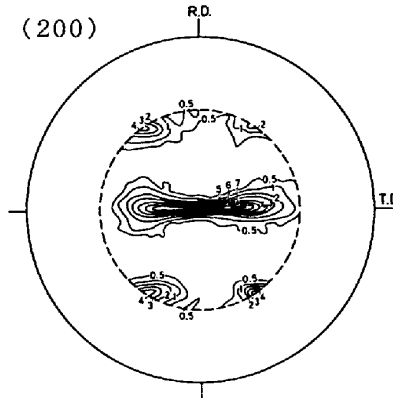
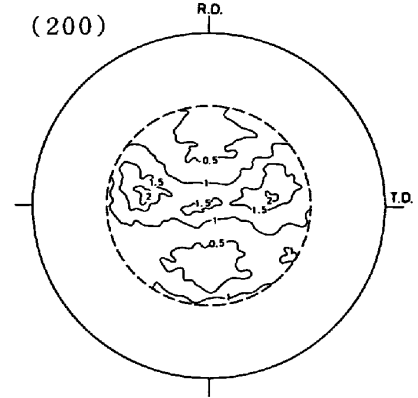


図4 熱延板集合組織(中心部)
(試料5 熱延終了温度 650°C)



(a) 熱延終了温度 800°C



(b) 熱延終了温度 650°C

図5 熱延焼鈍板集合組織(中心部, 試料5)

は、 $\{110\} \langle 001 \rangle$ (Goss方位)が主方位である。高温熱延になるほど両者共集積が強く、低温熱延では弱い、集合組織そのものに本質的な差はない。

熱延板焼鈍後の集合組織は、熱延終了温度によつてはつきり異なり、図5に示すように、高温熱延では中心部の繊維組織が相変わらず存在するのに対して、低温熱延では集積が弱まりランダム化が進む。

冷延焼鈍後の集合組織は、冷延圧下配分比が(78%–33%)であるため、 $\{554\} \langle 225 \rangle$ がそれほどシャープにならないが主方位であり、 $\{111\}$ が全般に強い図6のような形となり、これは、熱延条件、熱延板焼鈍の有無に関係ない。もちろん、冷延焼鈍板の \bar{r} 値が大きくなるものは、全体的に $\{111\}$ の密度は高くなるが、極点図の形が変わるわけではなく、熱延板焼鈍後の集合組織が図5のように異なったものでも、冷延焼鈍後の集合組織はほとんど同じになる。

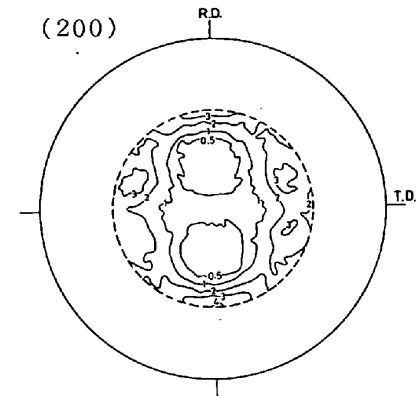


図6 冷延焼鈍集合組織

(試料5 熱延650°C + 焼鈍)

このことは、熱延板あるいは熱延焼鈍板の集合組織が、冷延焼鈍後の集合組織とは直接に関係がないことを示しており、熱延条件の差異による熱延板焼鈍後の集合組織の相違は、成品の \bar{r} 値よりもむしろリジングに影響を与えると考えるべきである。すなわち、高温熱延の場合、熱延板焼鈍後に鋼板中心層に $\langle 110 \rangle$ 繊維組織が残存しているのは、焼鈍によって再結晶が完全に起らなかったことを示しており事実、顕微鏡観察によればバンド組織が残っており、これがリジング性向を劣化させる原因となっている。それに対して、低温熱延の場合には、焼鈍により完全に再結晶するため集合組織はランダムに近くなり、組織が一様な再結晶粒となるため、リジング性向がきわめて良くなるのだと考えられる。

なお、 $\{554\} \langle 225 \rangle$ 方位がシャープではないため、30度方向に引張った場合に生ずるリジングは、いずれも顕著ではなかった。

5. 析出炭窒化物による検討

試料5 (Ti-0.48%)について、熱延板、熱延焼鈍板における析出物を、抽出レプリカにより電顕観察した結果を写真1に示す。熱延板では、熱延終了温度の差による析出物の大きさの差が顕著であり、

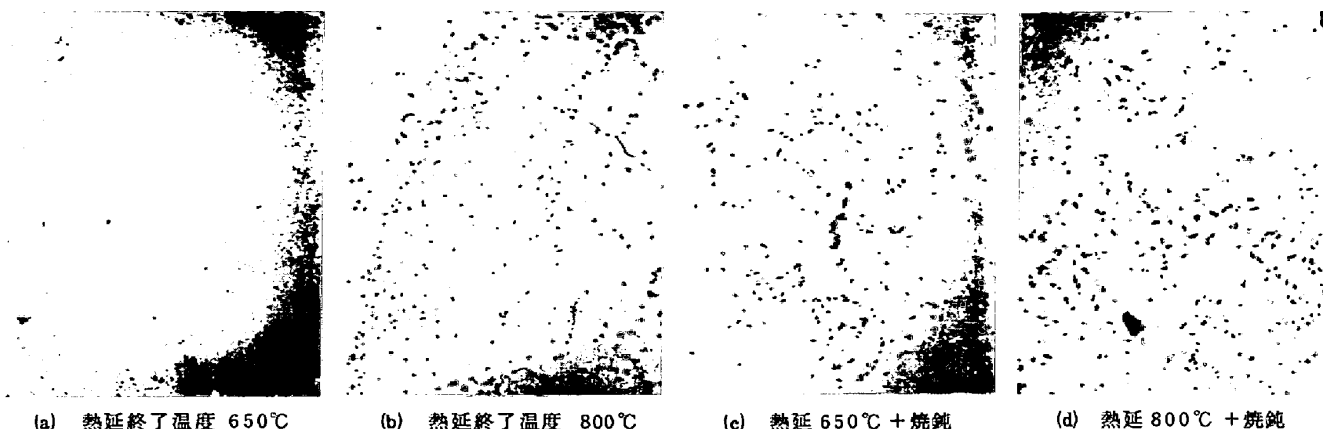


写真1. 熱延板および熱延焼鈍板の析出物 (抽出レプリカ) ×5000

低温圧延の場合は非常に細いが、高温熱延では粗大になる。熱延板を焼鈍すると新たな析出が起り、低温熱延の場合も、析出物の大きさが増加し、高温熱延の場合とあまり変らなくなる。この析出物のサイズの差が冷延焼鈍後の再結晶集合組織形成に影響を与えるものと考えられ、低温熱延で熱延板焼鈍を行わないものは、非常に微細な析出物が多いので \bar{r} 値が高くなり、高温熱延の場合と大きな差が生じるが、熱延板を焼鈍したものでは析出物のサイズにあまり差がなくなるので、熱延温度による \bar{r} 値の差が消滅することが説明できる。析出物のサイズはTi添加量によっても異なり、熱延温度が同じ場合には、Ti量が多いほど析出物は細い傾向がある。なお、析出物は、試料3, 5では、ほとんどTi(C, N)であった。Nb添加材についても同様なことが云えるか目下検討中である。

6. まとめ

高純度17Crステンレス鋼板に、TiおよびNbを添加した材料について、成品の \bar{r} 値、リジング性におよぼす熱延温度の影響を調査したところ、次のようなことが明らかになった。

- 1) 熱延板無焼鈍の場合は、低温圧延にする方が成品の \bar{r} 値は上昇する。これは、熱延中に析出する炭窒化物の大きさが、低温圧延の場合ほど細かく、それが冷延焼鈍後の再結晶集合組織形成に影響を与えるためであると考えられる。
- 2) 熱延板を焼鈍した場合は、析出炭窒化物のサイズが一定に近くなるため、 \bar{r} 値に対する低温圧延のメリットはなくなるが、リジング性向に対して低温圧延の方が有利となる。これは、熱延板焼鈍によって再結晶が起りやすくなり、鋼板中心層のバンド組織が消滅して、リジングが起りにくくなるためである。

文 献

- 1) R. M. Davison: Met. Trans., 5 (1974) p.2287
- 2) 沢谷, 清水, 中山, 三好: 鉄と鋼 63 (1977) p.843, p.832
- 3) 門, 山崎, 坂本, 中川ほか: 鉄と鋼 投稿中
- 4) 松村, 松尾, 大関, 速水: 鉄と鋼 62 (1976) S.227, S.228
- 5) 例えば 浜崎, 五弓, 岡村: 日本金属学会誌 33 (1969), 1017
大橋: 日本金属学会誌 31 (1967), 519