

論 文

UDC 669.141.241.4-122.2-415 : 620.186.5 : 548.735 :
669.786 : 621.983.3.011

低炭素リムド冷延鋼板の深絞り性におよぼす窒素量の影響*

高橋政司**・岡本篤樹**・猪野信吾***・中田忠昭****

Effect of Nitrogen Content on Deep Drawability of Rimmed Low Carbon Cold Rolled Steel Sheet

Masashi TAKAHASHI, Atsuki OKAMOTO, Shingo INO, and Tadaaki NAKATA

Synopsis:

In the production of rimmed steel sheet, its nitrogen content converged to a constant level at box annealing process. Therefore increased nitrogen in steel making did not affect the strain aging properties of the sheet, but deteriorated the drawability or the r -value of the sheet.

To clarify the effect of nitrogen on recrystallization texture formation, the nitrogen content at cold rolling and that at recrystallization annealing were varied by atmospheric reaction at 350~400°C after cold rolling and then recrystallization textures were compared. Amounts of {111} and {110} components of the recrystallization texture were markedly affected by the nitrogen content at annealing, whereas they were not affected by that at cold rolling. Meanwhile, neither the amount of {100} component nor recrystallized grain size was influenced by nitrogen content.

It was supposed that high nitrogen content at the ladle in steel making induced larger amounts of nitrogen atoms as interstitials at recovery or recrystallization stage of the cold rolled steel, which promoted the recrystallization of {110} component and suppressed the development of {111} component at recrystallization annealing.

1. 緒 言

冷延鋼板の深絞り性は鋼中微量成分量により変化するので、その再結晶集合組織におよぼす炭素量、マンガン量あるいは酸素量等の影響については数多くの研究がなされている¹⁾。しかし、これらの元素と同様、冷延鋼板中に必然的に含有される窒素量の効果に関しては、従来からリムド冷延鋼板の歪時効におよぼす効果のみが注目されており²⁾、再結晶集合組織におよぼす効果は、アルミキルド鋼における AlN 粒子のような窒化物の形成を介しての影響³⁾⁴⁾が検討されているだけで、固溶窒素原子そのものの効果に関してはほとんど知られていない¹⁾。関連するものとしては、僅かに ANTONIONE ら⁵⁾が純鉄に窒素を添加し回復再結晶挙動を調査し、窒素原子により回復が著しく抑制されると報告しているのと、松藤ら⁶⁾が固溶炭素量の再結晶集合組織におよぼす効果から窒素量の効果も示唆しているにすぎない。

しかしながら、通常の工程で製造されているリムド鋼冷延鋼板の特性を調査してみると、そのタイト焼鈍工程

において、雰囲気ガスにアンモニア分解ガス (AXガス) と高純窒素ガスの混合ガスを使用した場合、焼鈍後の冷延鋼板中の窒素量は、焼鈍前の含有量のいかんにかかわらずほぼ一定値に収束するが、冷延鋼板の深絞り性ないし r 値は焼鈍前の鋼板の窒素含有量に依存しているように思われた。

そこで、リムド鋼の溶製時、意図して窒素含有量を変えた鋼塊より冷延鋼板を製造し窒素量の効果を確かめ、さらに再結晶集合組織の形成に対し窒素原子がどのように影響しているかを知る実験を行なったので、それらの結果を報告する。

なお、窒素と同様に鋼中に侵入型に固溶する炭素の含有量は再結晶集合組織の形成に強く影響するが、この効果が固溶している炭素原子によつていいのか、あるいはセメント析出物によつていいのか種々の議論のあるところである¹⁾。窒素の場合、本実験範囲では、ほとんど析出物の影響を無視できるので、窒素の効果を知ることとは、侵入型固溶原子の再結晶集合組織形成への効果解明の一助となるものと思われる。

* 昭和49年11月、50年4月本会講演大会にて発表 昭和52年3月28日受付 (Received Mar. 28, 1977)

** 住友金属工業(株)中央技術研究所 (Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 1-3 Nishinagahondori Amagasaki 660)

*** 住友金属工業(株)鹿島製鉄所 (Kashima Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

**** 住友金属工業(株)和歌山製鉄所 (Wakayama Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

2. 機械的性質におよぼす取鍋窒素量の影響

溶製時意図して窒素量を変えたりムド鋼より工場にて通常の方法にて冷延鋼板を製造し、特性を調査した。

2.1 実験方法

取鍋にて石灰窒素を投入して取鍋窒素量を10~80ppmに変えたりムド鋼塊を溶製し、通常に分塊圧延、熱間圧延、および冷間圧延を行ない板厚 0.8 mm、板幅 1250 mmの冷延鋼板コイルを製造した。なお窒素以外の成分は、炭素 0.04~0.07%、マンガン 0.26~0.33% でほぼ一定とした。これらを単式ベル型焼鈍炉でタイトコイル焼鈍し、冷却後約 0.8% の調質圧延して成品コイルを製造した。焼鈍雰囲気は 10% 水素、残り窒素とし、均熱は 700°C、20 hとした。

窒素の分析は、取鍋、焼鈍前冷延コイル、および焼鈍済成品コイルで行ない、機械的性質は焼鈍済成品コイルのみで調査した。いずれのコイルサンプルも鋼塊の上

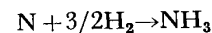
部、下部、中央部に相当する位置で、板幅の中央部分より採取した。機械的性質としては、コニカルカップ試験、および JIS 5号圧延方向引張試験を行なった。この他に冷延鋼板の歪時効性を調べるため、上記調質圧延後の成品サンプルを 100°C、20 min の加速時効処理をし、時効前の降伏点伸びと時効後の降伏点伸びとの差、 $\Delta Y.P.E.$ を求めた。

2.2 実験結果

焼鈍前冷延コイルにて窒素量の分析を行なった結果、鋼塊上部および中央部に相当する位置では鋼板分析値は取鍋窒素量と等しく、鋼塊下部に相当する位置では鋼板分析値の方がやや低かった。

焼鈍済成品コイルにて得られた諸特性と取鍋窒素量との関係を Fig. 1 に示す。図より冷延鋼板中の窒素量は取鍋窒素量と無関係に約 17ppm に収束し、そのため冷延鋼板の歪時効性、すなわち $\Delta Y.P.E.$ は取鍋窒素量の影響をほとんど受けないが、冷延鋼板の深絞り性の指標となる r 値やコニカルカップ値は取鍋窒素量の増加により顕著に劣化することがわかる。これらの特性は、冷延鋼板の再結晶集合組織の影響を大きく受けるので、取鍋窒素量により再結晶集合組織の発達の仕方に差が生じたものと思われる。この他冷延鋼板の強度や伸びについても調査したが、いずれも取鍋窒素量の影響は受けていなかった。

従来より水素を含んだ雰囲気中でオープンコイル焼鈍すると、脱窒が起きることが知られているが⁷⁾、これは鋼板中の窒素 N と雰囲気中の水素が下記の反応をするためだと考えられている⁸⁾⁹⁾。



しかし、本実験のように、大容量コイルで、かつ鋼板間隙が非常に小さく、ほとんど焼鈍炉雰囲気との反応が期待できないタイトコイル焼鈍を行なった場合でも、Fig. 1 上部に示したように脱窒あるいは吸窒が起こり焼鈍後の鋼板中の窒素量が焼鈍前の窒素量に無関係に一定値に収束することは興味深い。タイトコイル焼鈍のように排出ガス量が比較的少ない場合には、雰囲気中の NH_3 、 N_2 、 H_2 および鋼中の窒素 N がほぼ平衡に達すると推定されるので、次式により平衡固溶窒素量が求められる¹⁰⁾。

$$N = 1/2N_2$$

$$\log K = \log ([\%N]_a / \sqrt{P_{N_2}}) = -1572/T - 1.01$$

ただし $[\%N]_a$: α 鉄中の窒素%, P_{N_2} : 雰囲気中窒素分圧 T : 絶対温度

そこで窒素分圧 0.9 で 700°C における α 鉄中の平衡

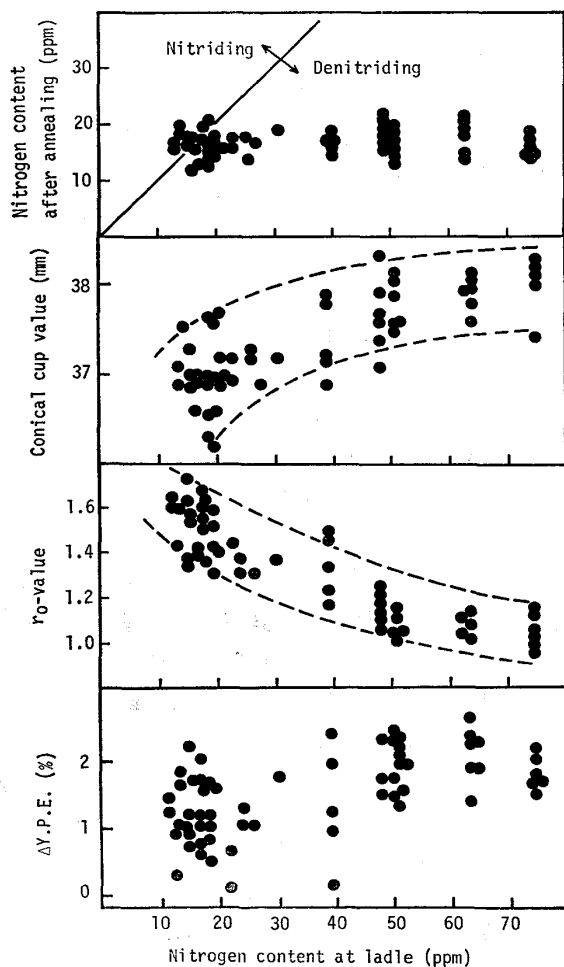


Fig. 1. Effects of nitrogen content at ladle on nitrogen content, drawabilities, and strain aging property of cold rolled and annealed sheet steel.

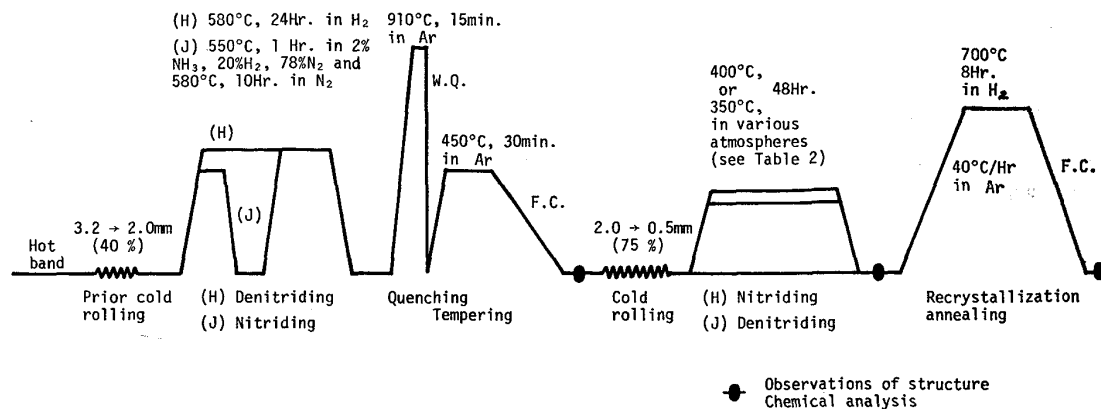


Fig. 2. Experimental procedure.

窒素量を求めると約 22ppm となり、均熱後の徐冷やコイル内部の温度の不均一を考慮すれば、これは本実験で得られた収束窒素量にほぼ近く、上記の考え方で脱窒、吸窒反応が起こったものと思われる。

3. 再結晶集合組織におよぼす窒素の影響

冷延鋼板の再結晶集合組織には熱延板組織、冷延時の組織などが微妙に影響するので、各種成分元素の再結晶集合組織におよぼす効果もこれらの組織あるいは挙動の変化を通して影響すると考えられている。そこで、取鍋窒素量の多少が製造工程のどの段階での組織などに影響を与え、結果的に冷延鋼板の再結晶集合組織を変えているかを調査するため以下の実験を行なった。

3.1 実験方法

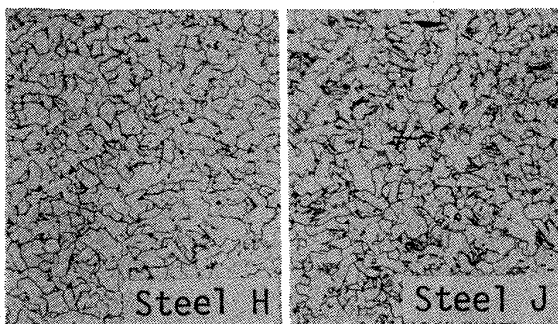
実験方法の模式図を Fig. 2 に示す。素材は通常の 3.2 mm 厚のリムド鋼熱延鋼板を使用した。板厚を薄くし加室脱窒を容易にするため、まず素材を 2 mm 厚に前冷延した。次にこれを 2 分割し、一方は水素雰囲気中 580°C にて 24 h 脱窒処理し (試料 H)、もう一方はアンモニアを含んだ雰囲気中、550°C にて 1 h 加室後さらに 580°C にて 10 h 窒素雰囲気中で均一化処理を行なった (試料 J)。これら両試料を 910°C、15 min のオーステナイ

Table 1. Chemical composition of steels before cold rolling (wt%).

Steel	C	Mn	P	S	N
H	0.050	0.26	0.013	0.012	0.0004
J	0.051	0.27	0.013	0.012	0.0024

ト化処理し水冷し、次に 450°C にて 30 min の焼戻し処理を行ない、集合組織の除去、組織の均一化と、セメタイトの微細析出化を計った。これらの冷延原板の組織は Photo. 1 に示すように両者とも微細粒組織で大差なく、また分析値は Table 1 に示すように窒素量のみ 4 ppm と 24 ppm に変わっている。

これら窒素量のみ異なり他はほぼ同じ冷延原板 2 種を 0.5 mm 厚まで 75% 冷間圧延し、その後試料 H はアンモニアを含んだ雰囲気中にて加室、試料 J は水素雰囲気中にて脱窒処理を 350°C あるいは 400°C にて行なった。また、これらの熱履歴の再結晶集合組織への影響の有無を調べるため、アルゴンガス中 400°C にて同じ熱処理をした試料およびこのような熱処理を行なわない試料も準備した。熱処理条件の詳細と熱処理前後の窒素含有量を Table 2 に示す。これらの熱処理を行なった冷延板の組織を光学顕微鏡および電子顕微鏡にて観察した結果、転位密度は冷延状態より低下していたが、サブグレインの形成はほとんど進行しておらず、また再結晶粒は全く観察されなかった。このようにして窒素量を 4 ~ 54 ppm に変えた Table 2 の 8 種の試料を 40°C/h の昇温速度で室温より加熱し、700°C にて 8 h 再結晶焼鈍を行ない炉冷した。なお焼鈍雰囲気は昇温時はアルゴンガスとし加室、脱窒を防止し、均熱および冷却時には水素ガスとし脱窒させ引張試験時の窒素量を一定にした。これら焼鈍板にて、光学顕微鏡による組織観察、X 線による再結晶組織の調査、および圧延方向の r 値 (r_0

Photo. 1. Microstructure of steels before cold rolling (nital $\times 100$).

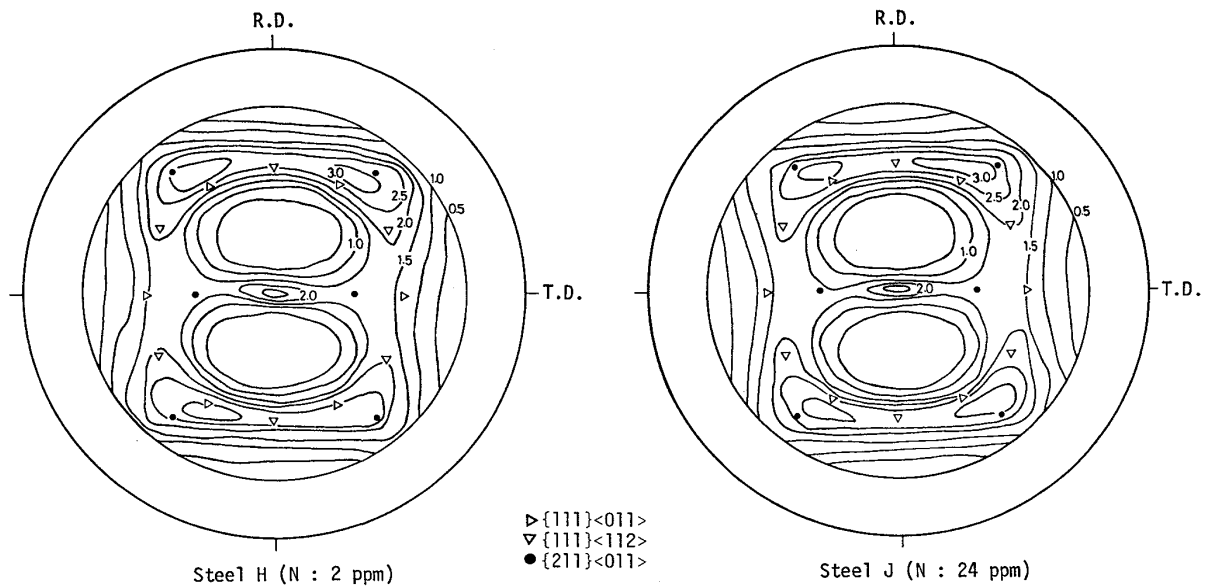


Fig. 3. {200} pole figures of steel H and J, in the cold rolled condition (reduction : 75%).

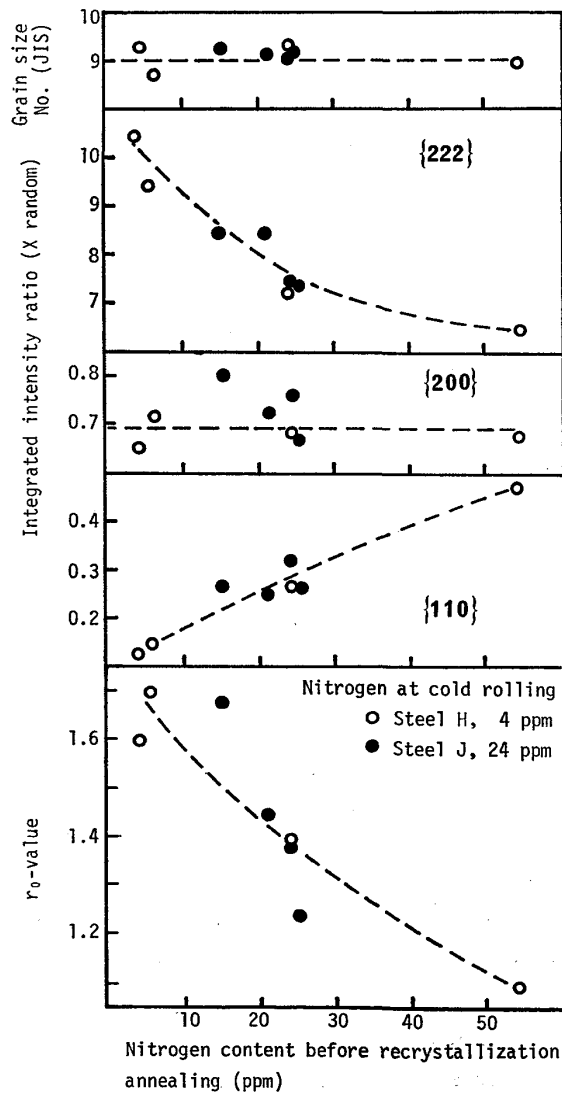
Fig. 4. Effects of nitrogen content before recrystallization annealing on grain size, texture and r_0 -value of steels after annealing at 700°C.

Table 2. Nitriding or denitriding treatments of cold rolled steels before recrystallization annealing.

Steel	Treating condition		N content (ppm)	
	Atmosphere	Soaking	Before	After
H-1	100% Ar	400°C, 48h	4	6
H-2	5% NH ₃ + 20% H ₂ *	400°C, 48h	4	54
H-3	8% NH ₃ + 20% H ₂ *	350°C, 48h	4	24
H-4	No treatment		4	4
J-1	100% H ₂	400°C, 48h	24	15
J-2	100% H ₂	350°C, 48h	24	21
J-3	100% Ar	400°C, 48h	24	25
J-4	No treatment		24	24

* N₂ balance

値) の測定を行なった. なお X 線による調査は, 板厚の 1/4 の深さの面にて M_0-K_α 線を使用して行ない積分強度および極点図を求めた.

3.2 実験結果

まず, 圧下率 75% で冷間圧延された鋼板の {200} 極点図を Fig. 3 に示す. 試料 H および試料 J とも {211} <011>, {111} <112> および {100} <011> 方位への集積が強いものであり冷延時の窒素量による冷延集合組織の差異は認められない.

再結晶焼鈍板の顕微鏡組織の数例を Photo. 2 に示す. また再結晶焼鈍板の結晶粒度番号 (JIS), r_0 値, および X 線積分強度と再結晶焼鈍前の窒素量との関係を Fig. 4 に示す. 再結晶焼鈍板の結晶粒度番号はどの試料もほ

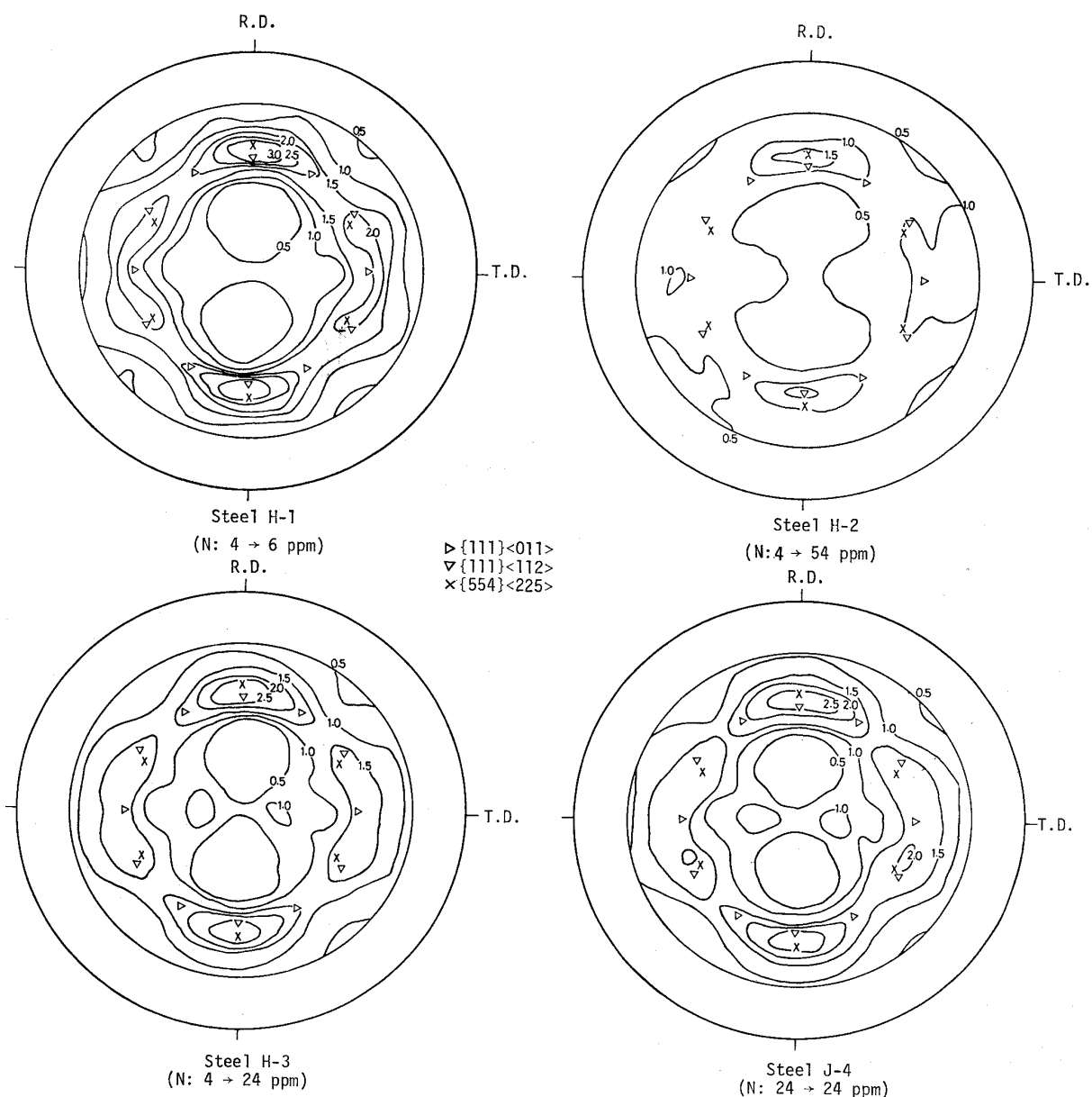


Fig. 5. $\{200\}$ pole figures of steels after recrystallization annealing at 700°C . Nitrogen content at cold rolling and at annealing are noted in left and right part of parentheses respectively.

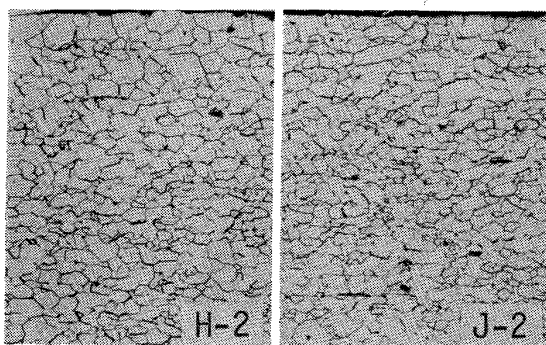


Photo. 2. Microstructures of steels after recrystallization annealing at 700°C (nital $\times 100$).

ぼ 9 番前後で、冷延時および再結晶焼鈍前の窒素量の影響をあまり受けていない。しかし r_0 値は再結晶焼鈍前の窒素量が多くなると低下する傾向があり、冷延時の窒素量の影響、すなわち試料 H と試料 J の差は小さい。また X 線積分強度でも再結晶集合組織中の $\{111\}$ 成分や $\{110\}$ 成分は、再結晶焼鈍前の窒素量によりうまく整理されてしまい、冷延時の窒素量の影響は認められない。ただし再結晶集合組織中の $\{100\}$ 成分は多少のばらつきはあるが冷延時および再結晶焼鈍前窒素量のいずれの影響も受けずほぼ一定となっている点が注目される。また本図中には冷間圧延後再結晶焼鈍前に熱処理を全く行なわなかった試料 H-4 や J-4 のデータも記入して

いるが、焼鈍前窒素量が同じ限り他試料と大きな差は認められていない。したがって本実験で行なつた冷延後の400°Cあるいは350°Cにおける熱処理そのものは再結晶集合組織の形成にあまり大きな影響を与えていないものと思われる。再結晶焼鈍板の{200}極点図をFig. 5に示す。再結晶集合組織が冷延時よりも再結晶焼鈍時の窒素量により大きく変化することは極点図においても示されている。すなわち冷延時の窒素量が4ppmの試料Hを再結晶焼鈍前に窒素量を変えた場合、再結晶集合組織は焼鈍前窒素量が低いと{111}〈112〉あるいは{554}〈225〉への集積が強いが(試料H-1)、焼鈍前窒素量が多くなると{111}方位への集積が弱まりランダム化する傾向がある(試料H-2)。さらに、冷延時の窒素が4ppmでその後350°Cにて24ppmに窒素させた試料H-3と、冷延時からすでに24ppmの窒素を含有しており、通常の焼鈍をした試料J-4とは、ほとんど同じ極点図を示しており、これからも再結晶集合組織の形成には、冷延時よりも再結晶焼鈍時の窒素含有量が重要なことがわかる。

以上の結果より、リムド冷延鋼板の再結晶集合組織は、本実験の範囲の窒素量では冷延時ではなく再結晶焼鈍時における窒素量により支配され、この窒素量が多いと再結晶集合組織中の{111}成分が少なく{110}成分が比較的に多くなり、 r 値が低下すると結論できる。ただし、 r 値に大きな影響を与えるもう一つの要因の{100}成分は窒素量により変化しない。

4. 再結晶挙動におよぼす窒素量の影響

以上の実験結果から、冷延時よりも再結晶焼鈍時の窒素量により再結晶集合組織が大きく変化することがわかつたので、すでに冷延前から窒素量の異なる3試料にて冷延後の再結晶挙動の差異を調べた。

4.1 実験方法

通常の3.2mm厚のリムド熱延鋼板1種を素材とし、前の実験とほぼ同じ方法で窒素量のみ11~118ppmに異なつた2mm厚の冷延原板3種を製造した。これらの成分をTable 3に示す。組織はPhoto.1と大差なく細粒であつた。これらを0.5mm厚まで75%冷間圧延後、半分は窒素ガス中、残り半分は水素ガス中にて40°C

Table 3. Chemical composition of steels before cold rolling (wt%).

Steel	C	Mn	P	S	N
X	0.046	0.32	0.013	0.012	0.0011
Y	0.052	0.32	0.013	0.011	0.0021
Z	0.042	0.31	0.013	0.012	0.0118

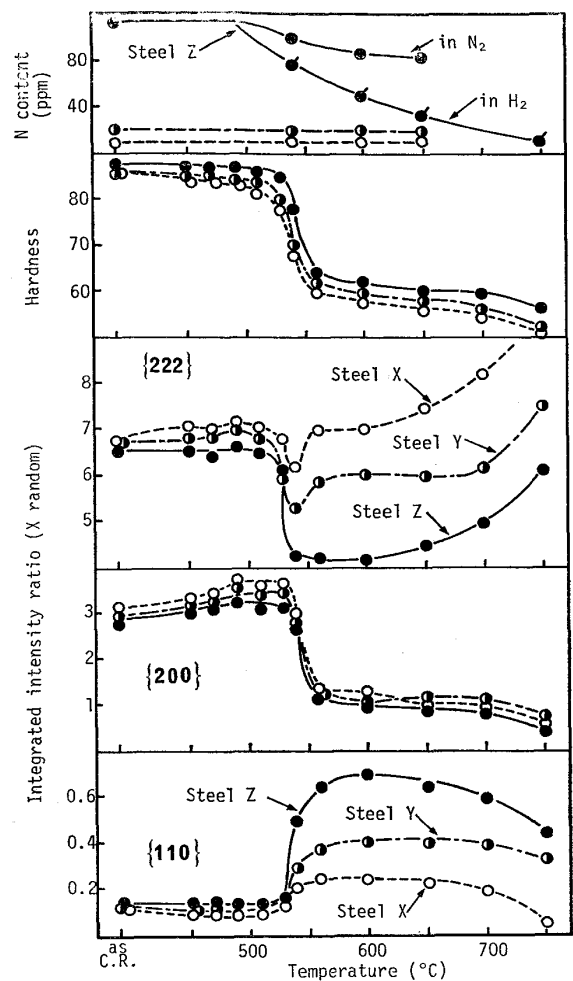


Fig. 6. Nitrogen content, hardness, [and integrated intensity ratio of cold rolled steels as a function of temperature at heating in N₂ or H₂ atmosphere.

/hで昇温し、その400°C~750°C間で試料を取出し空冷し、窒素分析、スーパーフィシャル30Tによる硬度測定、およびX線による集合組織測定を行なつた。

4.2 実験結果

昇温過程の窒素量、硬度、およびX線積分強度の変化をFig. 6に示す。窒素含有量の高い試料Zでは焼鈍雰囲気による脱窒速度の差がみられ、水素雰囲気中で昇温した方が窒素雰囲気中で昇温した場合より540°C以上における鋼板中の窒素含有量の低下が速い。しかし、硬度や積分強度の変化には焼鈍雰囲気の影響、すなわち脱窒速度の影響は認められなかつたので、図中には窒素雰囲気中で昇温した場合の結果を主に示している。鋼板の硬度が大きく低下する再結晶温度は3試料とも540°C前後であり、窒素量の多い試料ほど再結晶温度が高い傾向であるが、試料による差は10~20°C程度で小さい。しかし集合組織の発達は試料により大きく異なる。すなわ

ち全試料とも再結晶にともない {111} 成分はいつたん低下後増加し, {110} 成分は増加後低下するが, この変化の度合は窒素量の多い試料の方が大きい. 一方, {100} 成分は再結晶により低下するが試料による差は小さい. その結果, 充分焼鈍した場合の集合組織は窒素量の少ない試料ほど {111} 成分が高く, {110} 成分が低くなつており, これは前の実験の結果と一致する. また, Fig. 6 からわかるように, この窒素量による集合組織の差は 540°C から 560°C にかけての変化に大きく現われ, それ以上の温度では各試料の積分強度はほぼ平行して徐々に変化すること, および前述のように, 特に試料 Z において焼鈍雰囲気により 540°C 以上での脱窒速度は変わるが, 積分強度の変化は雰囲気により影響されないことを考えると, 窒素は回復から再結晶にかけて再結晶集合組織の形成に重要な役割を果たしているが, その後の粒成長過程にはあまり影響しないものと思われる. なお, この回復, 再結晶時に対応する 540°C 以下では, 本実験のように 0.5 mm 厚の薄い鋼板を水素中で焼鈍しても脱窒は充分進行しておらず, 通常のリムド冷延鋼板を AX ガスと純窒素の混合ガス中でタイトコイル焼鈍した場合, この時期の鋼板中の窒素量はほぼ焼鈍前の窒素量, すなわち取鍋窒素量と対応し, このため, 焼鈍を行なった冷延鋼板成品中の窒素量は一定でも, その深絞り性は溶製時取鍋窒素量の影響を大きく受けたものと思われる.

5. 考 察

以上の実験から, リムド鋼冷延鋼板の製造工程において, 溶製時取鍋窒素量が多いと冷延鋼板の焼鈍工程における回復再結晶時の窒素含有量が多くなり, 再結晶により {110} 成分が発達しやすく, {111} 成分の発達が制限され, 冷延鋼板の深絞り性が劣化することがわかった. なお, 鉄-窒素 2 元合金の状態図によると, 回復再結晶時に相当する $450^{\circ}\text{C} \sim 550^{\circ}\text{C}$ の温度範囲においては, フェライト中へ 400 ppm 以上の窒素が固溶する¹¹⁾. したがって, 本実験範囲の窒素量では固溶限以下であり, 上記再結晶集合組織の発達の仕方に影響を与えるのは鉄窒化物ではなく侵入型に固溶している窒素原子の効果であることが理解される.

このように, 窒素原子の量が冷延鋼板の再結晶集合組織に影響を与える現象については, 報告された例はないが, もう一つの重要な侵入型固溶原子である炭素に関しては, その再結晶集合組織におよぼす影響について数多くの研究結果が報告されている¹⁾. これらによると, 炭素含有量が低下すると再結晶集合組織中の {111} 成分が

増加し, 冷延鋼板の r 値ないし深絞り性が向上する傾向になることは一致しているが, どのような機構により再結晶集合組織に炭素量が影響をおよぼすかについてはいくつかの考え方が提案されており, いまだ結論が得られていない¹⁾. これには固溶している炭素の効果を重要視する考え^{6)12)~14)} 方と, 炭化物粒子の効果に注目する考え¹⁵⁾¹⁶⁾ 方があり, さらに前者の場合, 冷延時の固溶炭素量の多少が冷延組織の構造変化をもたらす, これが特定の方粒の再結晶核形成を助けるとする¹²⁾¹³⁾ ものと, それよりも再結晶初期段階での固溶炭素量が大きく再結晶集合組織の形成に影響を与えるとする⁶⁾¹⁴⁾ ものに大別される. 通常のリムド鋼の箱焼鈍における回復再結晶過程 ($450^{\circ}\text{C} \sim 550^{\circ}\text{C}$) では平衡固溶している $30 \sim 70\text{ ppm}$ の炭素と炭化物粒子として析出している炭素が共存しているため, 両者の再結晶集合組織におよぼす効果を分けて考えることはむずかしい. また, 炭素量を種々変えてその再結晶集合組織におよぼす効果を調べる場合, 冷延時の炭素量も同時に変わってしまうため冷延時の効果と回復再結晶時の効果を分離することは困難である. このようなため, 前述のごとく, 炭素量の効果に対し様々な考え方が提案されたものと思われる.

これに対し窒素の場合, 前述のように析出物の存在はほとんど無視できるし, また, 雰囲気との反応を利用して冷間圧延後再結晶の始まらない低温で, 窒素を添加したり除去することができるので, 再結晶集合組織におよぼす固溶窒素原子の効果を冷延時と回復再結晶時にわけて調べることができる.

本実験では, 冷延時の窒素量が同じでも再結晶焼鈍時の窒素量が変わると再結晶集合組織は大きく変化し, また, 冷延時の窒素量に差があつても再結晶焼鈍時の窒素量が同じ場合にはそれらの再結晶集合組織は一致した. このことは, 侵入型固溶元素としての窒素は, 再結晶集合組織の形成に大きく影響しており, その効果は冷間圧延時の構造変化によつて生じるのではなく, 回復再結晶段階での存在量によつてもたらされることを示していると思われる. 本実験の場合, 当然のことながら, 回復再結晶時, 固溶炭素および炭化物粒子も存在しており, この結果から直ちに侵入型固溶元素の再結晶集合組織の形成におよぼす機構を推測することはできないが, 窒素と炭素の類似性から, 固溶炭素の効果も, 冷延組織の変化よりは回復再結晶時の変化を通じて作用しているのではないと思われる. 松藤ら⁵⁾は炭素含有量の異なるリムド鋼板の再結晶過程の {111} 成分の変化を調査したところ, いずれの試料においてもその再結晶開始直後 {111} 成分は低下するが, その低下程度の大きさは各試料の固

溶炭素量と固溶窒素量の和が大きいほど大きかったと報告している。低炭素リムド鋼板にて窒素量を種々のレベルに変えて調査した本実験結果も、回復再結晶時の炭素の平衡固溶量と窒素含有量の和による変化と考えた方がよいと思われる。

なお侵入型固溶原子が再結晶集合組織形成に影響をおよぼす機構の詳細については炭素をほとんど含まない鋼板における窒素量の効果を調査することにより検討したい。

6. 結 言

低炭素リムド冷延鋼板の深絞り性および再結晶集合組織におよぼす窒素量の影響について調査した。

1) 冷延鋼板をベル型炉でタイトコイル焼鈍(雰囲気: 10% 水素, 残り窒素)する場合, 鋼板は脱窒あるいは吸窒を起こし冷延鋼板中の窒素量は一定値に収束する。したがって歪時効など鋼板中の窒素量と直接関係する特性は溶製時の取鍋窒素量の影響を受けないが, 冷延鋼板の再結晶集合組織に関連する深絞り性は取鍋窒素量が多くなると劣化する傾向を示す。

2) 冷間圧延後, 再結晶温度以下の低温にて脱窒または加窒を行ない, 冷延時と再結晶焼鈍時の窒素量を変え, それらの再結晶集合組織を比較した。再結晶集合組織は冷間圧延時ではなく再結晶焼鈍時の固溶窒素量により変化し, これが多いと再結晶集合組織中の {111} 成分が少なく, {110} 成分が比較的多くなり r 値は低下する。しかし, 結晶粒径や {100} 成分はいずれの窒素量によっても変化しない。

3) 冷間圧延前から窒素量の異なる冷延鋼板の再結晶挙動を調査した。窒素量による集合組織の差は再結晶直後から現われており, 窒素量が多いと再結晶による {110} 成分の発達著しく, {111} 成分は大きく低下する。再結晶温度は窒素量が多いとわずかに上昇する。焼鈍時の雰囲気の水素にすると窒素量の多い試料では脱窒がおきるが, これが顕著なのは再結晶温度以上であり, 回復再結晶時の窒素量はほぼ溶製時窒素量に近いと思われる。

4) 以上の結果より, 低炭素リムド冷延鋼板の製造工

程において, 溶製時取鍋窒素量が多いと冷延組織の回復再結晶時における固溶窒素量が多くなるため, 再結晶時に {110} 成分が発達しやすく {111} 成分の発達が制限される結果, 冷延鋼板の深絞り性が劣化することがわかった。

終わりに本研究の遂行に協力下さった鹿島製鉄所技術管理室, 和歌山製鉄所試験課および中央技術研究所試験課の方々に感謝いたします。

文 献

- 1) 鉄鋼基礎共同研究会再結晶部会報告書, 鉄鋼薄板の再結晶及び集合組織, (阿部秀夫編), (1970), [日本鉄鋼協会] 第3章 (大橋延夫)
- 2) 周藤悦郎: ストレッチャ・ストレイン, (1974), [日本金属学会]
- 3) D.A. WITMER and R.M. WILLISON: J. Metals, 22 (1970) 4, p.56
- 4) 高橋政司, 岡本篤樹: 鉄と鋼, 61 (1975), p.2246
- 5) C. ANTONIONE, G. D. GATTA, and G. VENTURELLO: Trans. Met. Soc. AIME, 230(1964), p.700
- 6) 松藤和雄, 下村隆良, 小林英男: 日本金属学会講演概要 第69回, (Oct. 1971), p.105
- 7) J. A. BAUSCHER: Iron Steel Eng., 38 (1961), p.73
- 8) J. F. ENRIETTO: JISI, 204 (1966), p.252
- 9) 清水峯男, 河原田実, 柴田政明, 佐柳志郎: 鉄と鋼, 57 (1971), S 590
- 10) J. D. FAST and M. B. VERRIJP: JISI, 180 (1955), p.337
- 11) 今井勇之進, 増本 健, 坂本政紀: 日本金属学会報, 7 (1968), p.137
- 12) 武智 弘, 高橋延幸, 長田修次, 長尾節夫: 鉄と鋼, 56 (1970), S 475
- 13) 野村伸吾, 柚島登明, 福塚淑郎: 鉄と鋼, 61 (1975), p.3092
- 14) 久保寺治朗, 中岡一秀, 荒木健治, 渡辺馨, 岩瀬耕二: 鉄と鋼, 62 (1976), p. 846 (誌上討論 p. 1917)
- 15) 阿部秀夫, 高木甲子雄: 鉄と鋼, 57 (1971), p. 1123
- 16) 大橋延夫, 小西元幸, 有馬与志広: 川崎製鉄技報, 5 (1973), p.164