

討31 Alキルド鋼バッチ焼鈍材の再結晶集合組織におよぼすC、N量の影響

日本鋼管株式会社 技研 福山研究所 ○小林英男

技術研究所

下村隆良

松藤和雄

1. 緒言

Alキルド鋼バッチ焼鈍材の深絞り性については、従来、深絞り性及び再結晶集合組織におよぼすAl、N、C、Mn^{1~4)}量の影響、 \bar{r} 値がピークを示す加熱速度(以下PHRと略す)におよぼすAl、N、Mn量ならびに冷延率の影響⁴⁾について報告されている。ここ二、三年間、脱ガス技術の目覚ましい向上により、冷延鋼板用のAlキルド鋼はC量を20 ppm、N量を10 ppm程度まで下げる事が可能になり、深絞り性、延性の優れた冷延鋼板の製造条件についての検討が精力的に行われている。ここでは、Alキルド鋼の \bar{r} 値および再結晶集合組織におよぼすC、N量および焼鈍加熱速度の影響について調査した結果について報告する。

2. 実験方法

Table 1 に示す成分の鋼を50 kg真空溶解炉で溶製し、次いで鋼塊を分塊後1250℃に1hr加熱した後、仕上温度900℃以上で2.8 mmに熱延し、その後AINの析出防止のため強制空冷を行なった。熱延板のフェライト粒度は極低C鋼(0.005%)でASTM No. 約8番、低C鋼(>0.01%)で約9.5番であった。

実験Ⅰ 全試料を75%冷延し、50℃/hrで加熱して700℃で1hr焼鈍を行ない、焼鈍板のフェライト組織、 r 値、集合組織を調べた。実験Ⅱ、試料2、4の冷延板について、焼鈍加熱速度を12.5~100℃/hrに変え、700℃で1hr焼鈍し、実験Ⅰと同様の調査を行なった。実験Ⅲ、試料2の冷延板について、昇温途中に試料を種々の温度で抽出し、再結晶挙動、集合組織変化を、また350℃で1hrの固溶C析出処理後、液体N₂中で電気抵抗を測定しAINの析出挙動を調べた。又実験Ⅰ、Ⅲでは比較のため、熱延板に650℃で1hrの熱処理を加え、予めAINを析出させた場合についても調査を行なった。

Table 1 Chemical compositions of material used (wt%)

Sample No.	C	Si	Mn	P	S	SolAl	N
1	0.006~0.044	0.01	0.21	0.008	0.004	0.044	0.0020
2	0.004~0.040	0.01	0.21	0.008	0.004	0.041	0.0025
3	0.006~0.050	0.01	0.22	0.007	0.004	0.042	0.0034
4	0.006~0.055	0.01	0.22	0.012	0.011	0.045	0.0045

3. 実験結果及び考察

3.1 C、N量による r 値の変化

C、N量による焼鈍板の \bar{r} 値、 Δr 値の変化をFig.1に示す。C量低下による \bar{r} 値の向上は、C量が約0.01%までは小さいが、それ以下で大きく、その効果はN量が低い方が著しい。N量が20~35 ppmと低い場合は、低C鋼(0.02~0.05%)ではフェライト粒の展伸度は小さいが、極低C鋼では大きくなる。この場合、低C鋼ではN量が低いとAINの \bar{r} 値向上効果は小さいが、極低C鋼では大きくなる事を示している²⁾。また、極低C鋼で \bar{r} 値が向上するのはC量の低下とAINの効果、熱延板のフェライト粒が大きいと云う不利な条件をカバーして余りあるからと考えられる。 Δr 値はC量の低下により著しく大きくなるが、これは熱延板の粒径が大きくなるためと考えられる。

3.2 焼鈍加熱速度による \bar{r} 値の変化

加熱速度による \bar{r} 値の変化をFig.2に示す。N量が25 ppmの場合、低C鋼では加熱速度の上昇と共

に \bar{r} 値は低下するが(PHRは12.5℃/hr以下にあると考えられる)、極低C鋼ではPHRは約2.5℃/hrである。N量が45ppmの場合、低C鋼ではPHRが約2.5℃/hrであるが、極低C鋼では約3.5℃/hrであり、かつ \bar{r} のピーク値も低C鋼に比べて向上する。以上より、N量が一定の場合、C量が低いほどPHRは速くなる事がわかる。

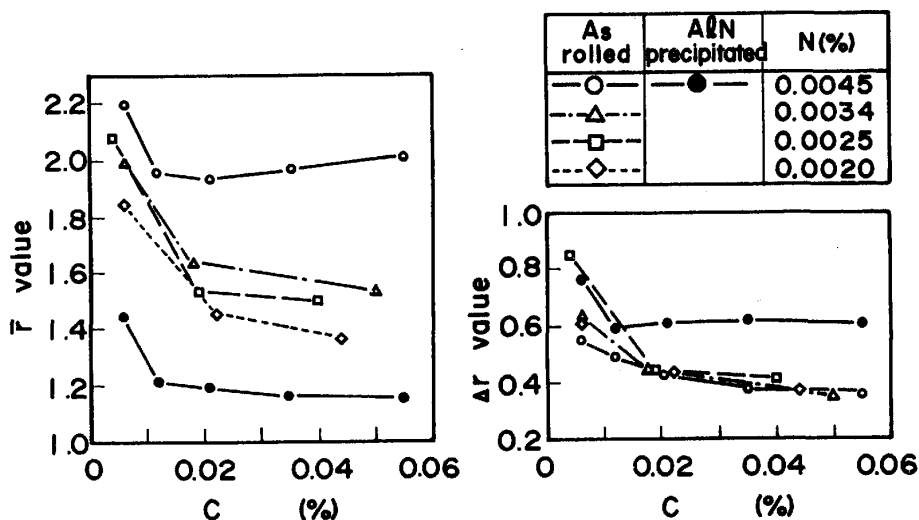


Fig. 1 Effects of C and N contents on the \bar{r} and Δr value of annealed sheets.

焼鈍板のX線反射強度(PHR)をFig.3に示す。加熱速度による集合組織の変化は \bar{r} 値の変化と対応しており、 \bar{r} 値が高いほど(110), (200)が減少し、(222)が増加する。

3.3 昇温途中のAlN析出挙動と再結晶挙動の関係

極低C化によって \bar{r} -PHRが高速側にシフトする原因を解明するため、昇温途中のAlN析出挙動を電気抵抗変化によって、再結晶挙動を硬度変化によって調査した。その一例をFig.4に示す。極低C, 低N材ではPHRである2.5℃/hrで、AlN析出開始と前析出材の再結晶開始はほぼ一致し、熱延まま材(以下原板と称す)の再結晶開始は前析出材と比べてかなり遅れる。50℃/hr加熱でのAlN析出開始は前析出材の再結晶開始よりやや遅れ、原板の再結晶開始は前析出材と比べてかなり遅れるが2.5℃/hr加熱に比べて遅れの程度は小さい。一方、低C, 低N材では、AlN析出開始はC量の増加によって遅くなり、前析出材の再結晶開始より2.5, 50℃/hr加熱のいずれも大幅に遅れるため、原板の再結晶開始は前析出材と比べてわずかに遅れるだけである。原板のAlN析出開始が前析出材の再結晶開始より遅い場合は、硬度の二段軟化が明瞭に現われる。

以上述べた原板のAlN析出温度と前析出材の再結晶温度の関係はFig.5の様に整理される。再結晶開始温度はC量による差は認められず、加熱速度が速いほど高温となる。AlN析出開始温度は加熱速度による変化がやや大きい。以上のことから、PHRが速いか遅いかは、前析

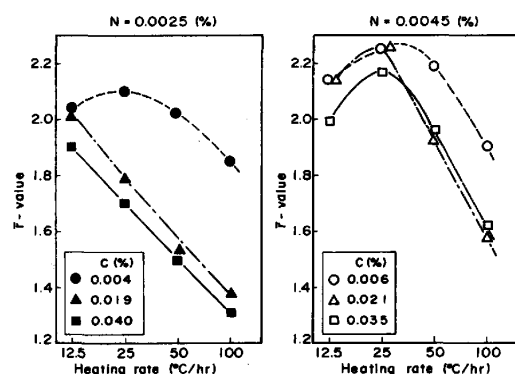


Fig. 2 Effect of heating rate on the \bar{r} -value of annealed sheets.

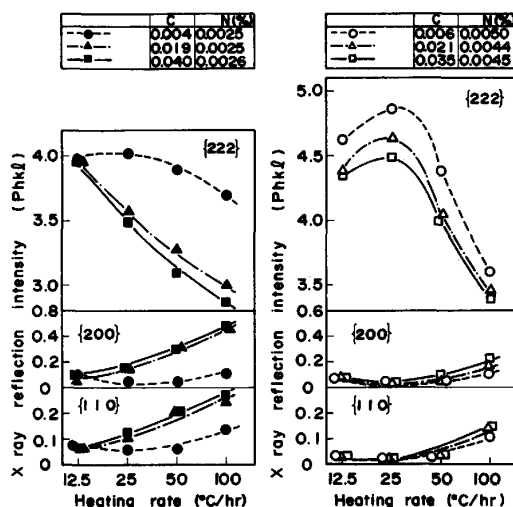


Fig. 3 Effect of heating rate on the texture of annealed sheets.

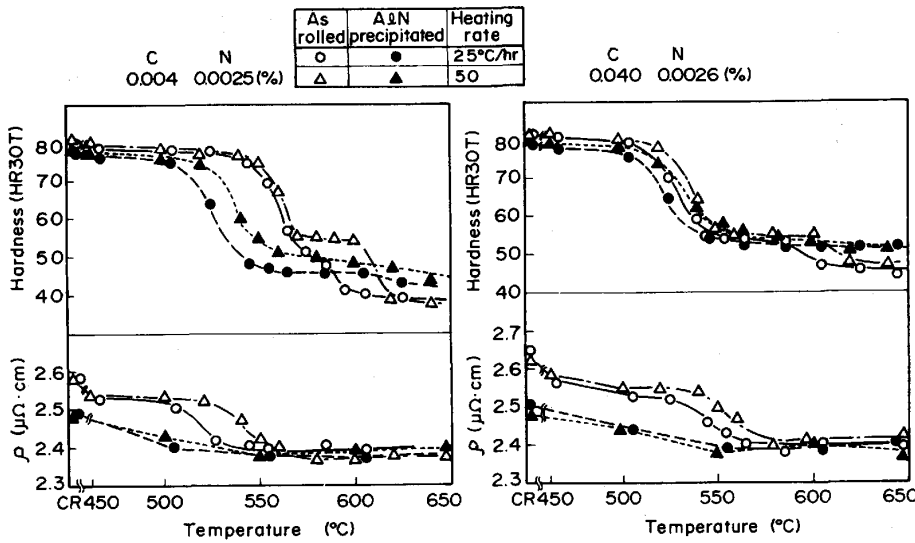


Fig. 4 AlN precipitation and recrystallization behavior during heating.

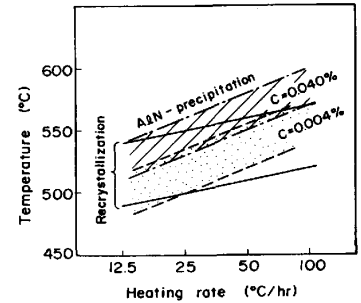


Fig. 5 Relation between recrystallization and AlN precipitation temperature during heating.

出材の再結晶開始温度と原板のAlN析出開始温度を上げるか、下げるかによって決り、両方の開始温度が一致する加熱速度がPHRとなると考えられる。Al, Mnおよび冷延率などによるPHRの変化も全く同様に考えられる。

3.4 昇温途中の集合組織変化

3.3 に示した例について、昇温途中のX線反射強度の変化を調査した結果をFig.6に示す。

極低C, 低N材では、AlN前析出材は再結晶初期に(110)がわずかに増加し、(222)がわずかに減少する。又再結晶の途中から(222)が増加し、(200)が減少する。原板をPHRである25°C/hrで加熱した場合、AlNによる集合組織制御効果が著しく、再結晶初期には(110)は冷延ままよりもわずかながら減少し、(222)が大きく増加し、(200)が大きく減少する。50°C/hr加熱では、AlNの効果は小さくなり、再結晶初期には(110)はほとんど減少せず、(222)は一度減少し、途中から増加する。一方、低C, 低N材では、前析出材は極低C材に比べて再結晶初期の(110)の増加が大きく、(222)の減少が大きくなるが、これはC量の増加により、核生成の撰択性が少ないカーバイド周辺領域が多いためである。原板を25°C/hrで加熱した場合、PHRより速い加熱速度であるが、AlNの効果がある程度発揮され、前析出材に比べて再結晶初期の(110)の増加は抑制され、(222)の減少は非常に小さい。又再結晶停滞後、(222)が大きく増加し、(200)が大きく減少する。50°C/hr加熱では、25°C/hr加熱に比べてAlNの効果は小さくなり、再結晶初期の(110)の抑制は小さくなり、(222)の減少は大きくなる。

以上より、再結晶集合組織形成におよぼすAlNの役割は、他の方位の核発生を抑えて、(111)の優先核発生をもたらしている事がわかる。ただし、C量の低下によって昇温途中のAlNの析出が促進されるため、N量が低くても、バッチ焼鈍の加熱速度においてAlN析出の効果が発揮される。

△r値と集合組織の関係について、リムド鋼では、冷延前粒径が大きいと、(110)が発達し、△r値が大きくなる。Alキルド鋼でもC量の低下によって、熱延板の粒径が大きく、△r値が大きくなるが、(110)は発達しない事が特徴である。この理由は現在のところ不明である。

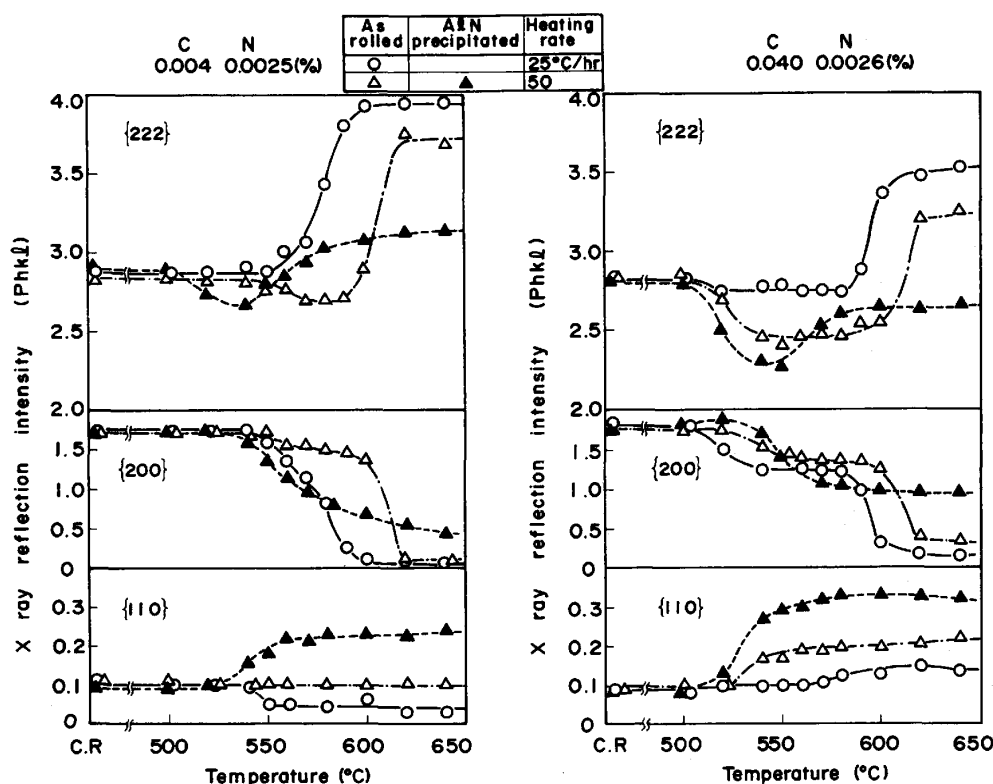


Fig. 6 Change in texture during heating.

4. 結 論

(1) Alキルド鋼バッチ焼鈍材はC量の低下により \bar{r} 値が向上し、その効果はN量が50ppm前後よりも20~30ppmの方が著しい。N量が低い場合、低C鋼ではフェライト粒の展伸度は小さく \bar{r} 値は高くないが、極低C鋼では展伸度が大きくなり \bar{r} 値は向上する。

(2) C量が0.01%以下に低下する事により、 \bar{r} 値がピークとなる加熱速度は高速側にシフトする。その原因は、C量の低下により、再結晶温度は変わらないが、昇温途中のAIN析出が促進されるためである。

(3) 再結晶集合組織形成におよぼすAINの役割は、他の方位の核発生を抑えて、(111)核を優先発生、成長させる事にある。この役割はC量によって変わらない。ただし、C量の低下により、AINの析出が促進されるため、N量が低くてもバッチ焼鈍の加熱速度において、AIN析出の効果が発揮される。

5. 参 考 文 献

- 1) 市山, 吉田, 江島, 松村 : 鉄と鋼 57 (1971) 14 P 2243
- 2) 市山, 吉田, 江島, 松村 : " 58 (1972) 1 P 93
- 3) 中川, 江嶋, 市山, 吉田ら : " 60 (1974) 4 S 193
- 4) 高橋, 岡本 : " 61 (1975) 9 P 2246
- 5) 松尾, 速水, 長島 : 日本鉄鋼協会, 第1回再結晶部会資料, 鉄再-6, (July, 15, 1970)