

討 11 一方向凝固インゴットから圧延した18-8ステンレス鋼板の集合組織と異方性

三菱製鋼 技術研究所 木村 康夫

1. 緒言

金属材料の機械的性質、磁氣的性質などは一般に結晶方向により異なった値を示す。そこで材料の性質を改善するためには工業的に金属材料の集合組織を規制することが重要であり、多くの研究がなされている。^{1) 2)} インゴットに生ずる柱状晶は熱流方向に平行に金属の特定の結晶軸が整列した単純繊維組織を示す。たとえば立方晶金属では柱状晶の長く伸びた方向が $\langle 001 \rangle$ 軸に平行である。アル=コ鑄造磁石合金では $\langle 001 \rangle$ 方向が容易磁化方向であるから、柱状晶の伸びた方向に磁場方向を一致させ熱処理すると優れた磁性がえられる。^{3) 4)} 磁性改善のために一方向凝固はよく利用されている。

18-8ステンレス鋼は高温から常温へ冷却したままでは δ 相であるが、常温以下で加工するとマルテンサイト変態を起すことはよく知られている。^{5) 6)} ここでは18-8ステンレス鋼について一方向凝固した後、柱状晶の長く伸びた方向およびそれらの方向を含む平面に対し、平行、直角および垂直の3方向にそれぞれ強圧延した材料の機械的および磁氣的性質の異方性と集合組織を調べた結果を報告する。

2. 実験方法

18-8ステンレス鋼は電解鉄、フェロクロム、電解ニッケル、電解マンガン为原料とし、高周波誘導炉で80 kg溶解し、底面に150 mm厚さの鋳製チルをおいた発熱鑄型に鑄造した。一方向凝固したインゴットを縦割しマクロ腐蝕した結果、柱状晶が非常によく平行にそろって伸びていた。化学分析結果は表1に示す通りで18-8ステンレス鋼としてはCrが少し低かった。

表1. 使用した18-8ステンレス鋼の化学成分 (%)

Ni	Cr	Mn	Si	C	P	S
8.02	17.03	0.45	0.086	0.03	0.008	0.021

インゴットから図1に示すような六面体を切出し長さ75 mm, 巾75 mm, 厚さ7 mmの試料を作成した。この場合、六面体の3つの稜はそれぞれ柱状晶の伸びた方向およびそれらの方向を含む面に関して平行方向、直角方向、垂直方向に一致するようにした。さらに図に示すように圧延方向をa, b, c方向にそれぞれ一致させて圧延した。これらの試料をそれぞれ試料A, 試料B, 試料Cと名付けることにした。圧延による圧下率は22, 38, 58, 80, 90, 95%とし、圧延材の試験片は圧延方向から0°, 45°, 90°方向に切出した。

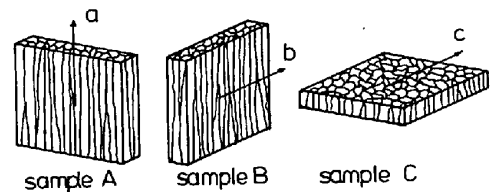


図1. 各試料の切断方法と圧延方向。

機械的性質としてはビッカース硬さ、縦弾性係数を、磁氣的性質としては飽和磁束密度 B_s 、残留磁束密度 B_r 、保磁力 H_c および磁気トルクを測定した。

集合組織は試験片の表面および内部についての極点図をX線放射法で測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 圧延による磁性の変化

18-8 ステンレス鋼を圧延した場合の圧延率と圧延方向の磁性の関係を図2に示した。試料BおよびCの飽和磁束密度は圧延率約60%で12KGに達し、その後圧延率を更に上げると徐々に上昇し圧延率95%で14.5KGに達する。しかし試料Aでは圧延率の増加に伴う飽和磁束密度の増加率が少く95%圧延でやっと14.5KGに達する。飽和磁束密度の値は一般に強磁性相の量と強磁性相の飽和磁化の強さに比例する。試料BおよびCでは δ - α 変態が圧延により容易に進み、強磁性 α 相ができ易いが、試料Aでは強磁性 α 相ができにくい。

3.2 圧延による集合組織の変化

18-8 ステンレス鋼を冷間圧延した場合の圧延率による試料表面の α 相の反射積分強度の変化を測定した結果、圧延率の増加とともに(110)の積分強度はほぼ直線的に減少するが、(200), (211) 積分強度は非常に増加することがわかった。試料Aでは(211)の積分強度の増加が著しく、試料BおよびCでは(200)の積分強度の増加がとくに著しかった。

18-8 ステンレス鋼を90%冷間圧延した試料A, B, Cの表面の集合組織の変化を図3に示した。18-8 ステンレス鋼を常温で圧延すると体心立方格子の α 相を生じ、冷間圧延

集合組織は $\{211\}\langle 011 \rangle$, $\{100\}\langle 011 \rangle$ および $\{111\}\langle 112 \rangle$ の各優先方位に集積する⁹⁾。試料A, B, Cいずれも主として $\{211\}\langle 011 \rangle + \{100\}\langle 011 \rangle$ 集合組織からなっているが、試料Aでは $\{211\}\langle 011 \rangle$ 集合組織が、試料BおよびCでは $\{100\}\langle 011 \rangle$ 集合組織が優位していることがわかる。このように柱状晶の伸びた方向に圧延した場合とそうでない場合とでは集合組織はかなり異なっている。

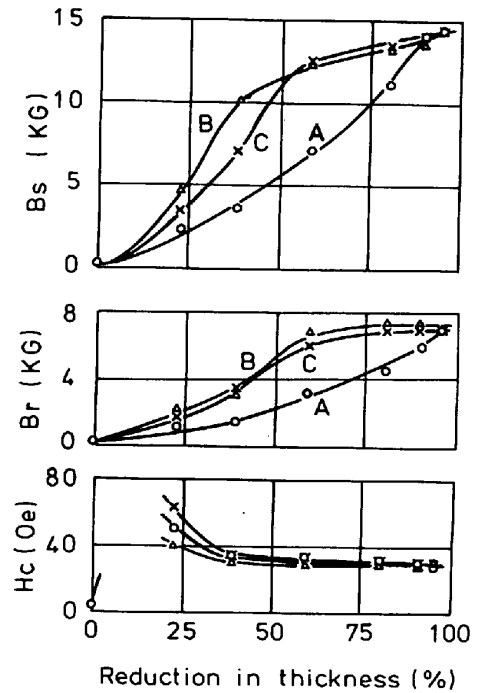


図2 試料A, B, Cの磁性と圧延率の関係

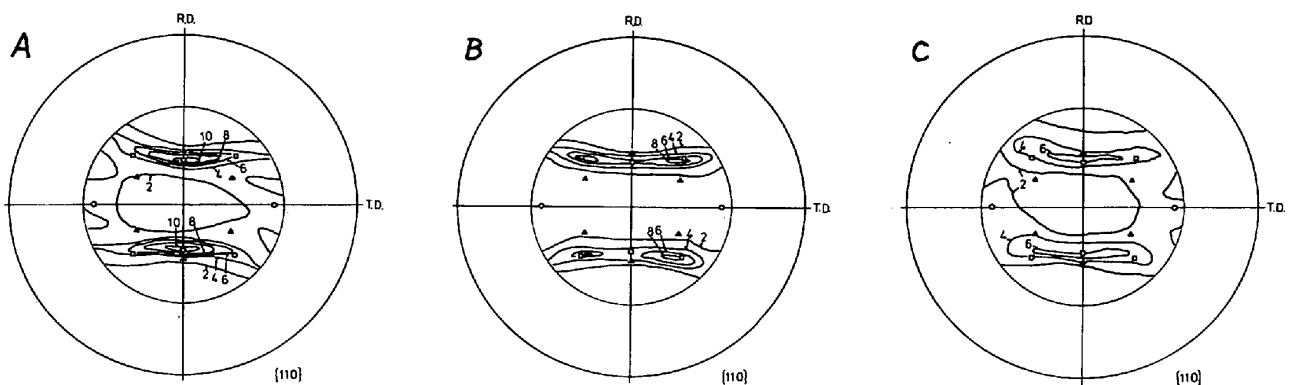


図3 試料A, B, Cの表面における集合組織の α 相の $\{110\}$ 極点図

3.3 強圧延後焼戻による機械的性質の変化

80%圧延後900°C.までの各温度で1時間焼戻したときの試料AおよびCのビッカース硬さの変化を測定した結果を図4に示す。試料Aでは δ 相が僅か残留しているが、試料AとCの間で硬さの差は僅かである。

試料A, B, Cの圧延方向(0°), 45°方向および巾方向(90°)の縦弾性係数の焼戻による変化を測定した結果, 試料A, B, Cのいずれの場合も巾方向の縦弾性係数が最大で, 550°C付近の焼戻でもっとも高い値を示した。

3.4 強圧延後焼戻による磁性の変化

3.4.1 飽和および残留磁束密度と保磁力

80%冷間圧延した試料A, B, Cを800°Cまでの各温度で1時間焼戻したときの飽和磁束密度Bs, 残留磁束密度Br, および保磁力Hcの変化を図5に示した。

試料BとCの飽和磁束密度は圧延のまま約13KGであるが550°C以上で焼戻すと低下し始め, 700°Cではほぼ完全に非磁

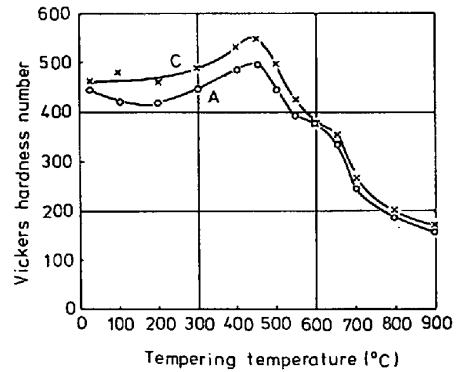


図4. 試料A, Cの焼戻による硬さの変化

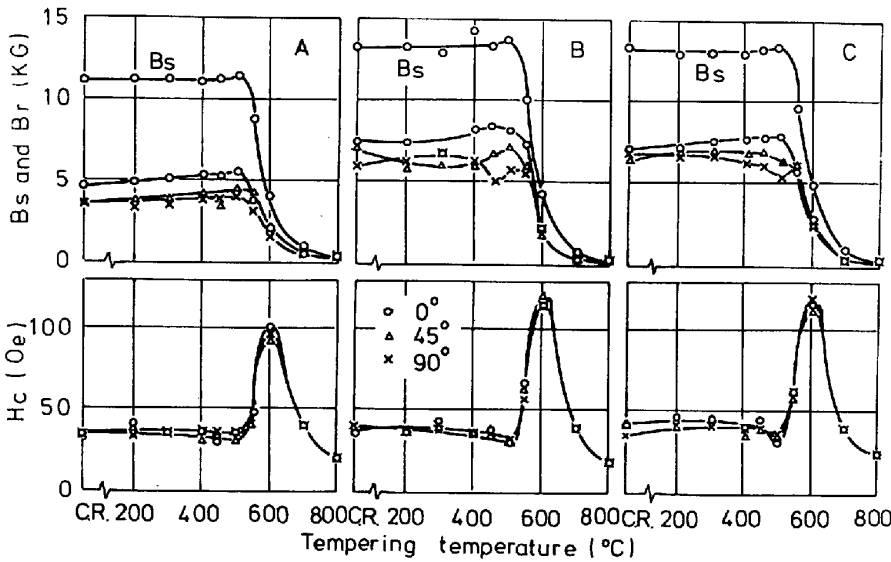


図5 試料A, B, Cの圧延方向, 45°方向, 巾方向の磁性の焼戻による変化

性となりα相に逆変態したことを示す。試料BとCの残留磁束密度は圧延方向でもっとも高い値を示し, 450~500°Cの焼戻で最高値8.0~8.5KGがえられる。また試料BとCの保磁力は焼戻温度の上昇に伴い徐々に低下し500°C焼戻で30 Oe.まで低下するが, 再び上昇し, 600°C焼戻で最高の保磁力120 Oe.に達する。試料Aの焼戻による磁性の変化は試料BおよびCに傾向がよく似ているが飽和および残留磁束密度と保磁力の絶対値はいずれも低い。

3.4.2 磁気トルク

80%冷間圧延した試料A, B, Cを300~700°Cの各温度で1時間焼戻したときの磁気トルク曲線を測定した。試料A, B, Cいずれも圧延のまま圧延方向を容易磁化方向とする単軸異方性を示す。焼戻温度が高くなると単軸異方性はいくらか大きくなり, 試料Aでは500°C.付近の焼戻で, 試料BとCでは550~600°Cの焼戻でピークをつくる。550~600°C焼戻で等軸異方性もかなり大きくなる。

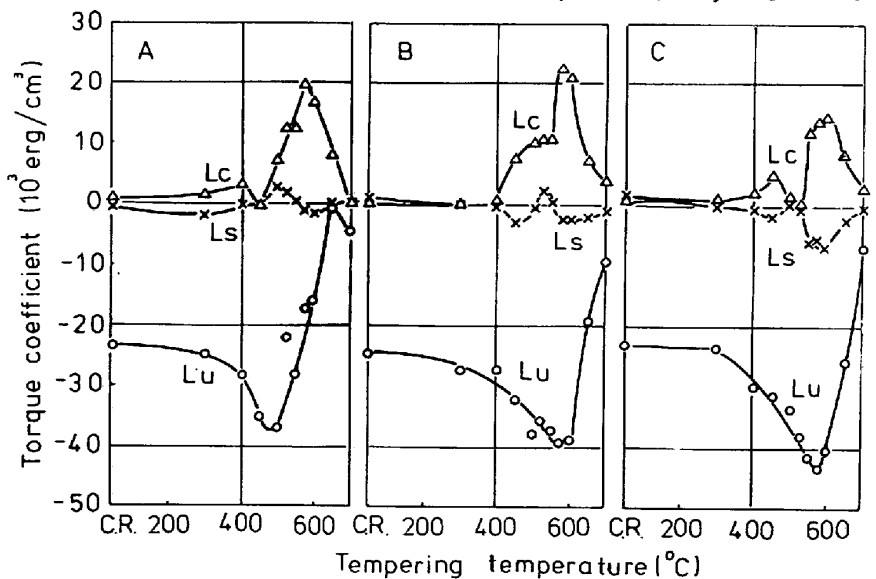


図6 試料A, B, Cの磁気トルク係数Lu, Lc, Lsの焼戻による変化

磁気トルク曲線を調和解析すると、磁気トルク L は

$$L = L_u \sin 2\theta + L_c \sin 4\theta + L_s \sin 6\theta$$

で示すことができる。試料 A, B, C の磁気トルク係数 L_u , L_c , L_s の焼戻による変化を図 6 に示した。トルク係数 L_u は圧延状態から大きな値を示し、トルク係数 L_c は 550~600°C 付近でピーク値を示す。またトルク係数 L_s は L_u , L_c に比して小さい。トルク係数 L_u は負で試料 A, B, C のいずれも圧延方向を容易磁化方向とする。単軸磁気異方性は圧延により誘起された異方性と思われる。また、トルク係数 L_c は正で、圧延方向から 45° 方向を容易磁化方向とする。等軸磁気異方性は磁気結晶異方性によって生じたものと思われる。焼戻により単軸磁気異方性が圧延状態より大きくなるのは圧延によって生成された α 相が焼戻により δ 相に一部逆変態し、圧延方向に伸びた強磁性 α 相をつくるためと思われる。

4. 総括

18-8 ステンレス鋼を一方向凝固した後、柱状晶の長く伸びた方向およびこれらの方向を含む平面に対し平行、直角および垂直の 3 方向にそれぞれ冷間圧延した試料 A, B, C について集合組織と機率的および磁氣的性質の異方性を調べた結果を総括すると次のようになる。

1. 圧延による δ - α 変態挙動を調べたところ、試料 B および C では圧延率約 80% でほぼ α 相のみからなるが、試料 A では可成りの δ 相が残留し、試料 B および C に比して δ - α 変態が起りにくい。
2. 冷間圧延集合組織は主として $\{211\} \langle 011 \rangle + \{100\} \langle 011 \rangle$ 方位からなっているが、試料 A では $\{211\} \langle 011 \rangle$ 方位が、試料 B および C では $\{100\} \langle 011 \rangle$ 方位が優位している。
3. 縦弾性係数は試料のいずれの場合も圧延方向から 90° 方向が最大である。
4. 残留磁束密度は圧延方向が他の方向より高い値を示し、その最高値は 450~500°C 焼戻でえられる。保磁力は 600°C 焼戻で最高値を示す。
5. 磁気トルク L は $L = L_u \sin 2\theta + L_c \sin 4\theta$ で表わされ、トルク係数 L_u は負、トルク係数 L_c は正である。圧延後 600°C までの焼戻ではいずれの試料も圧延方向を容易磁化方向とする。

文 献

- 1) C. S. Barrett: "Structure of Metals" (McGraw-Hill)
- 2) G. Wassermann and J. Grewen: "Texturen Metallischer Werkstoffe" (Springer)
- 3) D. G. Ebeling and A. A. Burr: J. Metals 5, (1953), p. 537.
- 4) M. McCaig: Proc. Phys. Soc. B 62 (1949), p. 652.
- 5) 岡本・小高: 日本金属学会誌, 18 (1954), p. 392.
- 6) R. Lagneborg: Acta Met., 12 (1964), p. 823.
- 7) J. A. Venables: Phil. Mag., 7 (1962), p. 35.
- 8) 西山・清水・盛川: 日本金属学会誌, 27 (1963), p. 497
- 9) S. R. Goodman and H. Hu: Trans. AIME, 203 (1964), p. 1413.