610 窒素吸収処理による鉄鋼材料の表面改質法

Surface Modification of Steel by Nitrogen Absorption Heat Treatment

○矢田部樹 (茨大・学生)

Tatsuru YATABE, Student of Ibaraki University, 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki 316-8511

鎌田晴輝 (茨大院・学生)

Haruki KAMADA, Graduate student of Ibaraki Univ.

築山訓明 (九大院・学生)

Kuniaki TSUKIYAMA, Graduate student of Kyushu Univ.

友田陽 (茨大院)

Yo TOMOTA, Graduate School of Ibaraki Univ.

Key Words: Nitrogen absorption processing, surface, martensite

Nitrogen absorption processing was applied to a low-carbon steel and Mn-Si-C steel, to study the basic mechanism of recently developed nitriding-quenching treatment. We changed N_2+NH_3 gas pressure ratio for nitrogen absorption processing. The results of SEM/EBSD revealed that the cross section of the treated sample exhibits three layers: from the surface: the first layer (about $10\mu m$) consists of nitride and the retained austenite, the second layer ($30\mu m$) martensite and austenite and then the ferrite matrix. The retained austenite is much stable in the Si-Mn-C steel than in the low carbon steel..

1. 緒言

窒素吸収焼き入れは低コスト、短時間で試料表面に高窒素マルテンサイトを得られ、従来の表面硬化法とは異なる特性向上効果が期待される。新しい熱処理法のためマイクロ組織形成や特性に及ぼす熱処理条件や化学組成の影響はあまり明らかにされていない。低炭素鋼(LC)を用いた実験結果ではガス分圧によって窒素の固溶・析出挙動に変化が生じ硬さ分布が変化することが明らかにされた。本研究では、Si-Mn-C 鋼を主たる対象に窒素吸収焼き入れ処理のガス分圧条件が組織に及ぼす影響を調べた。

2. 実験方法

2-1 試料

試料は先の低炭素鋼¹⁾と Si-Mn-C 鋼を用いた。Si-Mn-C 鋼の化学組成を Table 1 に示す。試料は厚さ 1.2mm の板状で、その表面を耐水研磨紙で #800 まで湿式研磨し 700℃で窒素吸収焼き入れを施した。窒素とアンモニアのガス分圧は、 N_2/NH_3 のガス流量比を変化させ、Table 2 の 3 条件に設定した。

Table 1 Chemical compositions of used (mass%)

C	Mn	Si	P	S	N	Fe
0.19	1.60	1.21	0.08	0.001	0.003	Bal

Table 2 Flow rate of gas (L/min)

	(A)	(B)	(C)
N_2	1.3	1.4	1.2
NH_3	0.5	0.4	0.6

2-2 窒素吸収焼き入れ

Fig.1 の熱処理条件で Table 2 のガス分圧下で窒素吸収焼き入れを行った。

Fig.1 Schedule of heat treatment.

2-3 組織観察

それぞれの条件の表層部から内部にかけてどのように組織変化しているのかを観察するために試料断面を観察した。試料の断面を観察しやすくするために樹脂埋めを行い耐水研磨紙で #2000 まで湿式研磨後、 $5\mu m$ 、 $0.1\mu m$ 、 $0.05\mu m$ の順にアルミナ粉末でバフ研磨し、5% ナイタルで腐食を行った。腐食した試料を光学顕微鏡 (Optical micrograph)、走査型電子顕微鏡 (SEM)、Electron Back-Scatter Diffraction (EBSD) を用いて組織観察を行った。

2-4 硬さ試験

試料片を 2-3 節と同様に作製し、ビッカース硬さ試験を行い表層部から内部にかけての硬さ分布を調べた。荷重を HV0.01、保持時間を 20sec とした。

2-5 X 線回折による内部構造解析

窒素吸収焼き入れを行った試料の表面について X 線回折測定を行った。ターゲットには Cr ($\lambda = 2.2890\text{\AA}$) を用いた。

3. 実験結果

3-1 窒素吸収焼き入れによる試料断面の組織

ガス分圧条件Aで処理した Si-Mn-C 鋼試料断面の EBSD による観察結果を Fig. 2、断面の SEM 写真を Fig. 3 に示す。組織観察結果より、表面から 3 層に組織が分かれていることが確認できた。低炭素鋼の場合では断面が 3 層に分かれているがそれぞれの層の厚さに違いが見られた。

Fig. 2 EBSD image of the cross section near the surface.

Fig. 3 SEM image of the cross section near the surface.

3-2 硬さ試験

ガス分圧条件Aで処理した Si-Mn-C 鋼試料と低炭素鋼の硬さ試験の結果を Fig. 4 に示す。Si-Mn-C 鋼の表層部の硬さは約 HV350 であり、表面から 20 μm の深さで最高硬さを示し表面から 30 μm のところで硬度が下がった。硬さ試験を行った点での最高硬さは HV473 であった。

一方、低炭素鋼では、表層部の硬さが HV1000 であり、表面から 50 μm のところで急激に硬度が下がった。硬さ試験を行った点での最高硬さは HV1200 であった。Si-Mn-C 鋼と低炭素鋼では表面硬さの向上に大きな違いが見られた。

Fig. 4 Distribution of Vickers hardness.

3-3 X線回折結果

ガス分圧条件Aで処理した Si-Mn-C 鋼試料試料表面の X 線回折結果を Fig. 5 に示す。試料表面には窒化物 (Fe_{2-3}N) 及びオーステナイトのピークが出ていた。最表面層は硬さが約 HV350 であり、硬度が増している、これは窒化物が析出した事により析出硬化したものと思われ X 線回折の結果と一致する。

Fig. 5 X-ray diffraction pattern

4. 結言

Mn-Si-C 鋼と低炭素鋼では窒素吸収処理による表面改質範囲に大きな違いが見られた。低炭素鋼では 50 μm 付近まで硬度の上昇がみられたが Si-Mn-C 鋼では 30 μm までしか上昇が見られなかった。Si-Mn-C 鋼では母相からの硬度の上昇率も低かった。

表面の組織に関して、低炭素鋼ではオーステナイトのピークは低く窒化物のピークが大きく出ていることから内部まで窒素が侵入したと思われる。

Si-Mn-C 鋼にはオーステナイトのピークが大きく出ていることから Mn が含まれている影響により、オーステナイトが安定化しマルテンサイト変態を起こさなかったためだと考えられる。そのため、今後、冷却途中で恒温変態を活用できないか検討する予定である。

参考文献

- [1] 築山訓明、茨城講演会講演論文集、(2010)pp.87-88
- [2] 今井勇之進、坂本 政記、村田 威雄
増補版 鋼の物性と窒素 アグネ技術センター
(2005) pp.163-212