ソーラーコレクター用 ステンレス鋼材の特性について

Characteristics of Stainless Steel Surfaces as Solar Collectors

最近、太陽熱利用に関する動向が活発化しており、ソーラーコレクター部材としてステンレス鋼が注目を浴びている。今回は特にソーラーコレクター用集熱板に要求される特性を整理し、各種のステンレス鋼のうち、その対象となるステンレス鋼の種類、その特性、利用上の留意点等について述べる。

古 賀 剛*

Takeshi Koga

1. ま え が き

オイルショックを契機として世界的にエネルギー面の見直しが盛んとなった。その一環としてクリーンエネルギーであること、熱量自体が莫大なことなどの点からソーラーエネルギーが見直され、その具体的活用法の検討が加速度的に活発となりソーラーコレクター用材としてステンレス鋼が注目されている。

ステンレス鋼が比較的汎用に用いられるようになったのはここ20年位であるが、現在、我々の身の回りにあるスプーン、フォーク、流し台等の家庭用品から原子力用機等の設備用材に至るまでの幅広い用途に用いられている。ステンレス鋼のいろいろなすぐれた特性が次第に認められ、最近でも浴槽、自動車排

ガス関連部品、家庭用温水器缶体、電子レンジ内外装用材として他の材料に代って新しくステンレス鋼が用いられるようになったが、ステンレス鋼の需要は更に増大しつつある。

ところでソーラーコレクター用材としても特に集熱板用材としては、熱吸収特性以外にも熱媒体（主として水）に対する耐食性が要求されるためステンレス鋼が注目される。

今回はソーラーコレクター（特にコレクターパネル）に利用されるステンレス鋼の特性についてふれることとする。

2. ソーラーコレクターに要求される特性

2-1 システム・構造

太陽熱利用システムとして太陽熱発電、太

* 新日本製鉄（株）技術サービス部ステンレス鋼グループ
担当掛長
〒100 東京都千代田区大手町2-6-3 ☎03(242)4111

* Nippon Steel Corporation
6-3 Otemachi 2-chome chiyoda-ku
Tokyo 100

陽電池等いろいろ検討されているが、そのうち最も実用化のすすんでいる冷暖房・給湯に限定して述べると、システムのベースとして

である。このうち特に集熱器の構造を見ると集光形集熱器(放物面, 凹面鏡で太陽光線を集光熱源を得る)と平板形集熱器(平板自体が集熱板)があり, 後者が比較的汎用となっている。図1に平板形集熱器の構造を模式的に描く。

2-2 コレクター用材の必要特性

冷暖房給湯ソーラーシステムのうち集熱器, 蓄熱槽およびそれらを継ぐ配管については熱媒体として水を用いる場合が多く, 一種の温水器として温水環境下での耐食性が要求される。次に集熱器のみに限定して言えば, もちろん太陽熱の効果的な熱吸収特性を得るために適正な表面処理が必要であり, 更に表面処理を施した面の耐久性が必要である。また水を用いる場合, 特に寒冷気候を考えると集熱器の凍結時の対策が必要であり, 更には空焚きに対する配慮なども必要である。

以上コレクターの製品としての要求特性を考えたが, 別にコレクターを製造する際の材料の供給性と特性の優劣が問題となる。即ち, どのような品種の材料があり, どの程度

の加工が出来るのか, 溶接が必要な場合溶接法はどうか等の問題がある。

2-3 コレクター用ステンレス鋼材の特性

上記要求特性のうち熱吸収特性については, ステンレス鋼に適した選択吸収性能の高い表面処理法が開発されているが, それについては別稿に譲ることとしたい。また凍結の問題, 空焚きの問題についてはステンレス鋼の場合, 材料の延性と設計上の配慮で殆んど問題を生じない。

ここでは残る特性につき, ソーラーコレクター集熱板の対象材となる19%クロム=2%モリブデン鋼について, 新日鉄の YUS190材(新日鉄独自の19%クロム=2%モリブデン鋼)を例にとり材料の諸特性を説明したい。

ところでステンレス鋼は一般的に耐食性が高いことが基本となるが, ステンレス鋼のうち SUS304 (18%クロム=8%ニッケル・ステンレス鋼で代表されるオーステナイトステンレス鋼は温水環境下で腐食の一種である応力腐食割れ, 孔食あるいは隙間腐食等により家庭用の電気, 石油温水器更には太陽熱温水器でも問題があった。その点ステンレス鋼のなかでフェライト系ステンレス鋼は, 温水環境下で応力腐食割れについて殆んど免疫であるため温水機器業界では耐孔食性あるいは耐隙間腐食性の高いフェライト系ステンレス鋼の開発が待たれていた。これらのニーズに応じてここ数年ステンレス鋼材メーカーは当社の YUS190の如き耐孔食性, 耐隙間腐食性の高いフェライト系ステンレス鋼として18~19%クロム=1~2%モリブデン鋼を開発し製造販売するに至っている。

ところで今回紹介する新日鉄の YUS190 材については, ステンレス冷延鋼板の他にパイプ棒, 溶接ワイヤー等他品種についても関連会社を含めて製造供給体制を整え, 用途部品の品質均一化による品質確保をはかるようにしている。

図1 平板形ソーラーコレクターの構造

表1 YUS190材の化学成分例(%)

項目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	N	Fe
YUS190	0.006	0.13	0.10	0.030	0.006	18.79	1.89	0.22	0.34	0.010	残

表2 YUS190材の応力腐食割れ試験結果

(試験条件)

- 試験片: 1mm×15mm×100mm
- 試験片の処理: 鋭敏化処理(溶接部等を想定し、材料特性劣下域温度で処理)
YUS190: 1200℃×5分空冷
SUS304: 650℃×2時間空冷
- 試験要領: 純水に食塩(NaCl)を添加し、クロロイオン(Cl⁻)として30ppmと600ppmに調整し300℃、87kg/cm²の高温高压水下で300時間までテストし、試験片を曲げ(10R・V曲げ)で曲げ面に割れの有無判定。

(試験結果) 注) ○ 割れ発生あり
× 割れ発生なし

鋼種	熱処理	Cl ⁻ 濃度 ppm	割れ発生の有無					
			100hr	200hr	300hr			
YUS 190	母材	30	○	○	○	○	○	○
		600	○	○	○	○	○	○
	鋭敏化処理	30	○	○	○	○	○	○
		600	○	○	○	○	○	○
SUS 304	母材	30	○	○	○	○	○	○
		600	○	×	×	—	—	—
	鋭敏化	30	○	○	×	×	—	—
		600	○	×	×	—	—	—

表3 YUS190材の耐隙間腐食性

(試験条件)

- 試験片: A試験片(1.5mm×30mm×30mm)とB試験片(1.5mm×15mm×30mm)をテフロンボルトで絞めつけたもの
- 試験要領: 食塩(NaCl)にてクロロイオン(Cl⁻)600ppmとし、そのままあるいは更に硫酸(H₂SO₄)、塩化第2銅(CuCl₂)で液調整し、80℃にて14日間浸漬し腐食減量を測定。

(試験結果)

(g/m²・hr)

鋼種 条件 試験片	YUS 190		SUS 430		SUS 304		SUS 316	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Cl ⁻ 600 ppm	0.001	0	0.003	0.027	0	0.001	0.001	0
	0	0	0.012	0.024	0.005	0.010	0	0
Cl ⁻ 600 ppm pH=3.0	0	0	0.002	0.011	0	0	0	0
	0	0	0	0.016	0	0	0	0
	0	0	0.004	0.015	0	0	0	0
Cl ⁻ 600 ppm Cu ²⁺ 10 ppm	0.002	0	0.188	0.046	0.019	0.137	0.016	0
	0	0	0.118	0.175	0.006	0.098	0	0.013
	0	0	0.094	0.207	0.024	0.025	0.010	0

2-3-1 YUS 190の化学成分

表1にYUS190の化学成分例を示す。19%クロム＝2%モリブデン含有鋼とし耐食性，加工性，溶接性の劣化を招く炭素および窒素の含有量を最低限に抑えた高純度鋼とし，更にチタン，ニオブを加えて含有量の少ない炭素窒素をも固定している。

2-3-2 YUS 190の耐食性

表2に応力腐食割れ性試験のデータを示すが，前述はSUS304溶接熱等の影響部では比較的短時間で割れが発生するがYUS190は問題ない。次に表3に耐隙間腐食性のデータを示すが，YUS190は従来耐孔食性ステンレス鋼の代表とされているSUS316（18%クロム＝12%ニッケル＝2%モリブデン鋼）と同等の耐孔食性を示しフェライト系ステンレス鋼のベース鋼種であるSUS430（18%クロム鋼）よりはるかに高い耐隙間腐食性を示している。YUS190について耐孔食性の試験（データ一部後述）も実施しているが同様のデータが得られている。

2-3-3 YUS 190の加工性

YUS190の加工性データを表4および図2

表4 YUS190の加工性データ例

試験片(13号 B)

板厚 mm	方 向	0.2 % 耐 力 kg/mm ²	引 張 強 さ kg/mm ²	伸 び %	硬 度 Hv
1.0	L	34.8	52.0	31.3	171
	C	35.9	52.3	31.3	
1.5	L	35.0	51.2	33.5	169
	C	36.3	51.6	33.5	

板厚 mm	$\bar{r}$ 値	n 値	エリク セン値 mm	CCV
1.0	1.35	0.22	10.62	46.49
1.5	1.28	0.21	11.19	61.18

(A)---SUS430鋼，(B)---YUS190鋼，(C)---SUS304鋼
 ボンチ寸法：ボンチサイズ：100mmφ，肩半径 10mm，
 ダイス寸法：コーナー半径：20mm，ダイスサイズ：103mmφ
 肩半径：5mm，プランクサイズ：210mmφ
 潤滑剤：JW/22番，板厚：1.0mm，n=2

図2 YUS190の加工性

SUS 304 板厚：1.0mm エリクセン値：11.0mm

YUS 190 板厚：1.0mm エリクセン値：8.4mm

SUS 430 板厚：1.0mm エリクセン値：1.5mm

写真1 YUS190材溶接部の加工性

に示す。YUS190はフェライト系ステンレス鋼の一種としてSUS430と同等以上の冷間加工性を示す。

2-3-3 YUS 190 の溶接性

溶接部の特性例として表5にクロロイオン(Cl^-)を含む溶液による耐孔食性データを示し、写真1は溶接部の張り出し試験結果を示す。耐孔食性データではSUS430では溶接により特性の劣化が激しいが、YUS190の場合溶接部は母材とほぼ同等の特性を示している。また写真1では溶接部について、SUS430では溶接部の加工が殆んど不可能であるが、YUS190の場合比較的高い加工性を有しており、いずれもYUS190の溶接部の健全性の高さを示している。

前述の如くYUS190素材は高純度鋼としており、それが諸特性に有効に働いているが、そのYUS190の長所を損わない為に溶接時には注意が必要である。即ち一般的な溶接上の注意としての突合せ精度管理、トーチ位置、

電極距離の管理の他に鋼材の高純度性保持の観点から溶接前処理（材料の溶接部に油、水その他の汚れが残っていないこと）および不活性ガス管理（アルゴンガス流量、ガスノズル管理など）がポイントである。詳細についてはYUS190の溶接施工に関するパンフレットおよび技術者を派遣して理解を得ている。

3. おわりに

ソーラーコレクター用材としてのステンレス鋼材の特性の一端に触れたが、YUS190等の含モリブデン・フェライト系ステンレス鋼はソーラーコレクター用材としての必要特性をよく備えており、他材料との特性比較の結果等からも今後ソーラーエネルギー利用機器の重大なポジションを占める材料であると考えている。

表5 YUS190材の耐孔食性

(試験条件)

- 1) 試験要領：各種ステンレス鋼の母材ままと溶接材(TIG溶接)の試験片を作り食塩水(NaCl)のみと更に銅イオン(Cu^{2+})を添加した溶液中で酸素ガスを吹込みながら 80°C で14日間浸漬し、腐食減量を測定

(試験結果)

($\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$)

鋼 種 条 件	YUS 190		SUS 430		SUS 304		SUS 316	
	母材まま	溶接材	母材まま	溶接材	母材まま	溶接材	母材まま	溶接材
3% NaCl	0	0	0.09	0.23	0	0	0	0
	0	0	0.10	0.17	0	0.001	0	0
	0	0	0.08	0.16	0	0	0	0
Cl^- 1,300 ppm Cu^{2+} 100 ppm	0.01	0.01	0.33	0.91	0.10	0.10	0.03	0.03
	0.01	0.01	0.33	1.01	0.09	0.09	0.03	0.04
	0.01	0.01	0.33	1.20	0.10	0.11	0.04	0.03
Cl^- 1,160 ppm Cu^{2+} 500 ppm	0.02	0.03	0.83	2.70	0.23	0.28	0.08	0.10
	0.02	0.02	0.76	2.40	0.19	0.25	0.07	0.10
	0.03	0.03	0.83	2.53	0.23	0.29	0.07	0.08