

ステンレス鋼遠赤外線放射体「ファーサス RF-100」*1

石井 和秀*2 川崎 龍夫*3 嘉村 敬弘*4 栗山 則行*5 土肥 祥司*6

Far-infrared Radiator Made of Stainless Steel, FIRSUS RF-100

Kazuhide Ishii, Tatsuo Kawasaki, Yukihiko Kamura, Noriyuki Kuriyama, Shoji Dohi

1 はじめに

水や有機物は遠赤外線(波長 $2.5 \mu\text{m}$ 以上の赤外線)を効率よく吸収するため、遠赤外線を用いて加熱すると従来の熱風や近赤外線による加熱に比べて省エネや生産性の向上が図られる。このため近年、遠赤外線加熱装置が塗装乾燥や食品加熱や暖房等に積極的に用いられ始めている。遠赤外線放射体としてはセラミック焼結体やセラミック粉を溶射や塗装等により金属基板上にコーティングしたものが従来より用いられているが、これらには、耐熱衝撃性や耐食性あるいは耐剥離性に問題がある。これらの点を改良するために大阪ガス株式会社と共同研究を行い、ステンレス鋼を高温酸化処理して表面にクロム酸化物を形成させる方法で、耐久性に優れた新しい形式の遠赤外線放射体ファーサス RF-100 を開発したのでその概要を紹介する。

2 製造方法

2.1 化学成分

ファーサスの原板には後述する耐食性の要求から、Table 1 に示した高クロムフェライト系ステンレス鋼 SHOMAC 30-2*7 (S 30-2) を用いている。

Table 1 Typical chemical composition of S30-2 stainless steel (wt. %)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
0.003	0.15	0.04	0.02	0.005	0.18	30.0	2.0

2.2 表面皮膜処理方法

ファーサスはこの原板をショットブラストまたはダブル圧延により $R_a = 0.5 \mu\text{m}$ 以上に表面粗化した後、 $900 \sim 1100^\circ\text{C}$ で1~16時間の高温酸化処理を行い、表面に Photo 1 に示すような Cr_2O_3 皮膜を生成させている。この酸化皮膜の厚みは $10 \mu\text{m}$ 程度であるが、これにより十分な遠赤外線放射率が得られている。

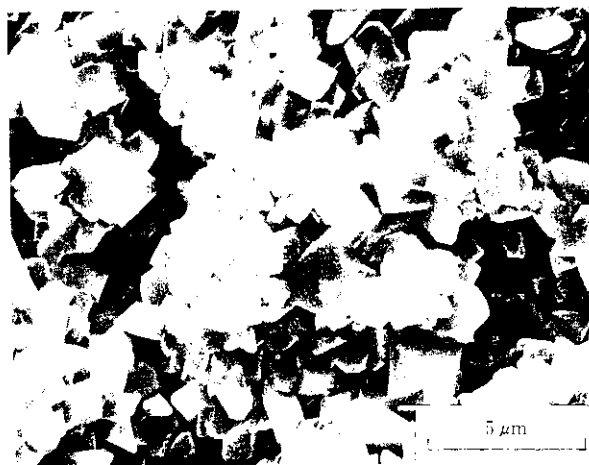


Photo 1 Scanning electron micrograph of the oxide on the surface of FIRSUS RF-100

3 製品の特徴

3.1 遠赤外線放射特性

ファーサスの遠赤外線放射特性を Fig. 1 に示す。黒体放射に対して80%以上の高い遠赤外線放射率を示している。これに対して、無処理の S 30-2 では30%程度の放射率しかなく、その放射エネルギーはファーサスの1/3程度にすぎない。

Fig. 2 にファーサスを用いた加熱の効果を示す。これはそれぞれ 400°C に加熱した板状のファーサスと無処理の S 30-2 を放射体として、被加熱体のフッ素樹脂塗装鋼板を加熱し、その昇温速度を測定したものである。放射体の温度が同じであっても、遠赤外線放射率の高いファーサスを用いれば被加熱体の昇温を短時間で行うことが可能である。

3.2 加工性

ファーサスの機械的性質を Table 2 に示し、高温強度を Fig. 3 に示す。酸化処理前は通常のフェライト系ステンレス鋼と同様な機械的性質を示し、成形加工に優れている。ただし、酸化処理後の成形加工は、酸化皮膜の剥離、金型の摩耗の点から好ましくない。

また、 800°C 以上で使用する場合は、高温強度の点から構造設計

*1 平成2年10月2日原稿受付

*2 鉄鋼研究所 薄板研究部ステンレス鋼研究室 主任研究員(掛長)

*3 鉄鋼技術本部 ステンレス技術部 主査(課長)

*4 鉄鋼技術本部 ステンレス技術部 主査(部長補)

*5 阪神製造所 ステンレス部生産技術室 主査(課長)

*6 大阪ガス株式会社 開発研究所 副課長

*7 SHOMAC は昭和電工の登録商標で川崎製鉄の受託製造鋼種である。

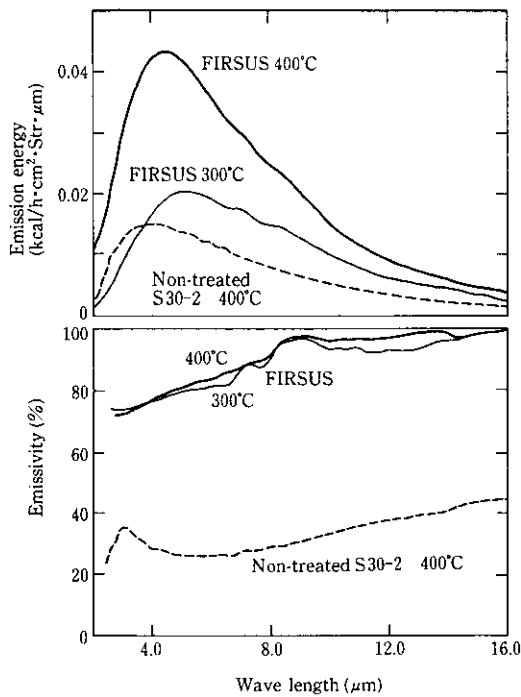


Fig. 1 Emission energy and emissivity of FIRSUS RF-100 and non-treated S30-2 stainless steel

Table 2 Mechanical properties of FIRSUS RF-100

Tensile properties (N/mm ²)	
YS	392
TS	539
Elongation (%)	24
Min. bending radius for 90° bend test	2t
Hardness (HV)	180

上の配慮が必要である。

また、TIG 溶接や抵抗溶接は、表面の酸化皮膜をグラインダー等の方法で除去すれば、通常のステンレス鋼と同様に行うことができる。酸化皮膜を除去しなくても溶接は可能であるが、その場合溶接電流や加圧力を高める必要がある。

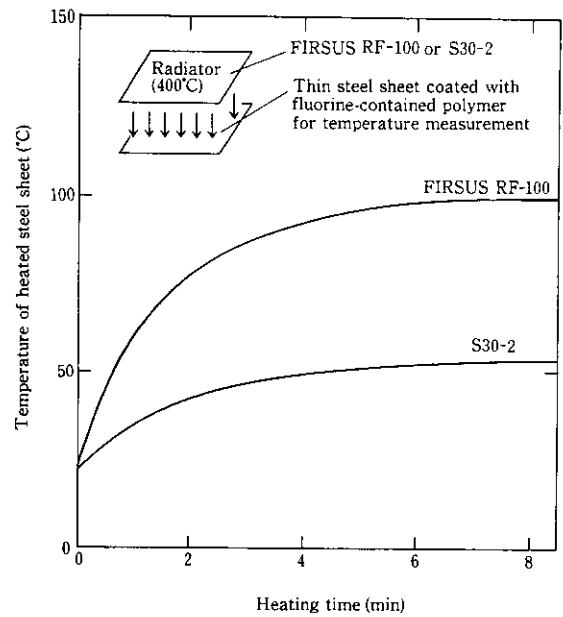


Fig. 2 Characteristics of radiation heating by FIRSUS RF-100 and non-treated S30-2 stainless steel

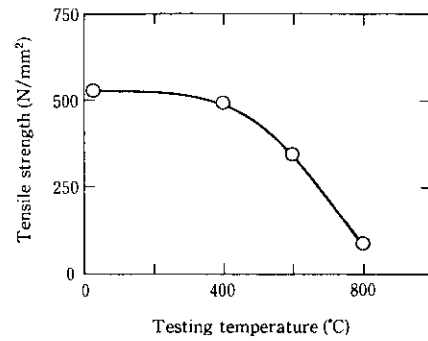


Fig. 3 Tensile strength at elevated temperatures

3.3 耐久性(耐熱衝撃性, 耐食性)

18Cr2Mo, 30Cr および 30Cr2Mo 鋼板を用いて、1000°C で 4 h の高温酸化処理したものに対して、塩水噴霧試験を行った結果を Photo 2 に示す。18Cr2Mo 鋼板では、激しく発錆し表面酸化

Photo 2 Appearances of oxidized stainless steels after salt spray test

Oxidizing condition: 1000°C × 4 h in air
Salt spray test: 5%NaCl, 35°C × 24 h

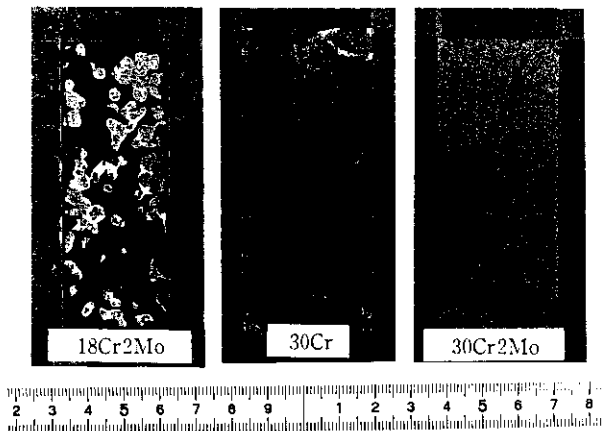


Table 3 Results of thermal shock test and salt spray test

Specimen*1	Thermal shock test*2	Salt spray test*3
FIRSUS RF-100	No change in appearance and emissivity	No rust
SUS 304 coated with Al ₂ O ₃ · SiO ₂	• Color faded • Emissivity reduced	Rust
SUS 304 sprayed with Al ₂ O ₃ · TiO ₂	• No change in appearance • Emissivity reduced	Severe rust

*1 Specimen size: 1.5×100×100 mm

*2 Thermal shock test: 500°C×10 min followed by air cooling for 50 cycles

*3 Salt spray test: 35°C×720 h

皮膜の大半が剥離している。30Cr 鋼板にも発錆がみられる。これに対して、30Cr2Mo 鋼板にはこのような発錆はみられない。

ファーサスの熱衝撃試験および長時間の塩水噴霧結果を Table 3 に示す。比較のコーティング材や溶射材は熱衝撃試験による剥離や放射率の低下が、また、塩水噴霧試験による発錆がみられるが、ファーサスにはいずれも変化はみられず優れた耐久性を示している。

4 応用例

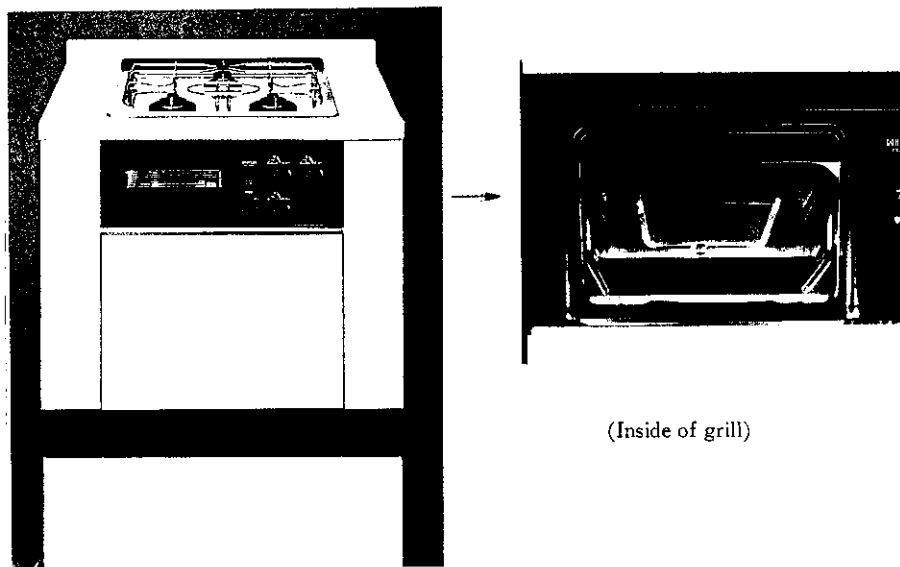
ファーサスは、産業用の各種乾燥炉で採用され、1990年9月現在で約20基の炉に、パイプ状発熱体300本、パネル状発熱体100枚の実績を有している。また、民生用では、ドロップインコンロ用のグリルとして、Photo 3 に示すものが実用化され、また、各種調理器や公共施設暖房器あるいは、ひな鶏の育雛器等への応用も検討されている。

5 製造可能寸法

- (1) 板: 厚さ 0.5~3.0 mm, 幅 914 mm, 長さ 3000 mm
- (2) 管: 外径 22.2~76.3φ(15~65 A), 長さ 6000 mm 以下
管は曲げ加工およびフランジ加工も可能である。

<問い合わせ先>

- 東京本社 ステンレス営業部 03 (3597) 4025
ステンレス技術部 03 (3597) 3470
- 大阪支社 ステンレス営業部 06 (315) 4562
ステンレス技術部 06 (315) 4631



(Inside of grill)

Photo 3 Cooking top with built-in type far-infrared grill burner (by courtesy of Harman Co., Ltd.)