

Cr Si Ti Al

Effects of C, Cr, Si, Ti and Al Contents on Oxidation Resistance of Ferritic Stainless Steels

(Tatsuo Kawasaki)  
(Nobuo Ohashi)

(Shinji Sato)

(Yutaka Ono)

:

900

Cr Si Ti Al

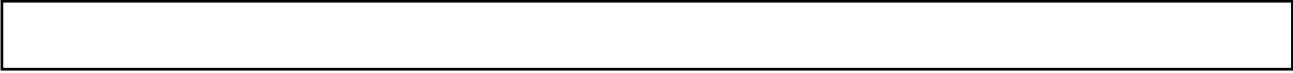
Ti 17 Cr

RIVER LITE 430LT

AISI type 409

## Synopsis :

Oxidation resistance of ferritic stainless steels for use in automobile exhaust gas clean-up systems has been studied using the cyclic heating in the air at 900 -950 . Effects of major elements, C, Cr, Si, Ti and Al on oxidation resistance have also been examined. Results are as follows: (1) Carbon is detrimental to oxidation resistance and should be reduced to a level below 100ppm. (2) Chromium increases oxidation resistance. More than 14%Cr is necessary for plain ferritic stainless steel for use at about 900 . (3) Silicon increases oxidation resistance remarkably, but is detrimental to formability of sheets. For extra low C-11%Cr steel, Si content of 1.5-2% is suitable for use at 950 . (4) Small addition of Ti is detrimental to oxidation resistance. Ti addition is, however, preferable to increase formability as well as weldability of sheets. (5) Small addition of Al is also detrimental to oxidation resistance. Among commercial steels, extra low C, Ti bearing 17%Cr steel (RIVER LITE 430LT) shows good oxidation resistance at temperatures below 950 , coupled with good formability and weldability. Besides, extra low C-11%Cr-0.2%Ti steel containing 1.5-2%Si (RIVER LITE 409SR) has been developed and ascertained to have superior properties for application to catalytic converter core used at temperatures below 950 .



フェライト系ステンレス鋼の耐酸化性に及ぼす  
C, Cr, Si, Ti, Al 含有量の影響

Effects of C, Cr, Si, Ti and Al Contents on  
Oxidation Resistance of Ferritic Stainless Steels

川崎 龍夫\*

Tatsuo Kawasaki

佐藤 信二\*\*

Shinji Sato

小野 寛\*\*

Yutaka Ono

大橋 延夫\*\*\*

Nobuo Ohashi

Synopsis:

Oxidation resistance of ferritic stainless steels for use in automobile exhaust gas clean-up systems has been studied

Effects of major elements, C, Cr, Si, Ti and Al on oxidation resistance have also been examined. Results are as follows:

(1) Carbon is detrimental to oxidation resistance and also



(以後 R410L と記す) はもちろん、17%Cr 系の  
R410L 鋼は数回回の加熱後には厚いスケール

しては必ずしも最適の成分にあるとはいえないが、  
高品質鋼種であり、加熱処理による酸化に

ルを生成し重量の急増が起こっている。一方、Ti  
添加極低 C 鋼である RIVER LITE 430LT (以後  
R 430LT と記す) は、950°C で 400 回程度のくり  
返し加熱を行ってもスケールこぶや厚いスケール  
の生成はなからず良好な耐酸化性を有している。

適している。

### 3. 耐酸化性に対する主要元素の影響

前述のように R 410L や AISI 400 系ステン

25	E		C	Si	Mn	Cr
		A	0.006	0.45	0.49	11.11
		B	0.008	0.45	0.50	11.04
		C	0.017	0.48	0.50	11.67

いスケールが生成するまでの時間が数百時間にのびる。  
 一方、C含有量の異なるTi添加鋼R430LTの  
 商用製品は、いずれも良好な耐酸化性を示し、



を生成し延性が低下するので、ここではTiを添加した409鋼を基本として調査した。

Fig. 8に得られた結果を示す。Crの影響のしか

が1.4%になると、950°Cでも優れた耐酸化性を発揮するようになる。2%以上のSiを含むものは950°C以上の温度でのくり返し加熱に対しても安

熱初期から厚いスケールが生成し、保護性を有する被膜は形成されない。900°Cで長時間の耐酸化性を得るにはCr含有量が約14%は必要である。より極低C化すればこのCr量もさらに少なくて

しか認められない。これらの高Si 409鋼もR 430 LTと同じく冷却に際して薄いスケールの剥離を生ずる。

Tiを添加しない410系鋼の場合には、0.8% Si



耐酸化性に対する Si の影響は、1 000 °C 以上の高温ではスケール・メタル界面に SiO<sub>2</sub> の被膜を作る<sup>7,8)</sup> ことによると考えられる。一方、900 °C では、300h の連続加熱後の EPMA 分析結果 (Photo. 2 参照) に見られるように長時間酸化後の高 Si 材でも明確な SiO<sub>2</sub> 被膜の形成が認められない。しかし Fig. 11 に示す IMMA による短時間

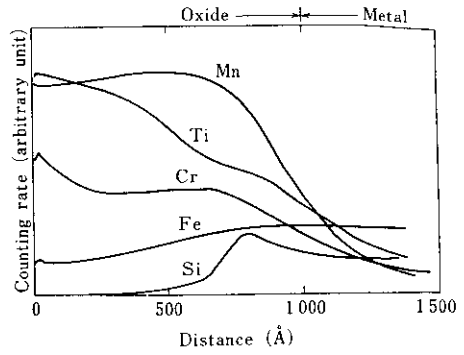
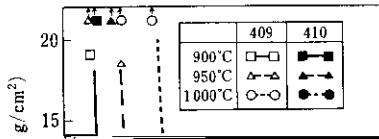


Fig. 11 Distribution of elements (IMMA, O<sub>2</sub><sup>+</sup> sput-



20 V (950°C)		C	Si	Mn	Cr	Ti
	Q	0.012	0.42	0.47	11.50	
	U	0.011	0.44	0.45	11.32	0.083
	K	0.013	0.42	0.57	11.60	0.22
	V	0.012	0.54	0.49	11.29	0.51
	K					

る場合には、**Photo. 4**に示すようにメタル中の粒界や粒内に TiN が多数観察されるので、酸化膜の保護性が弱い場合にはこれを通しての N の吸収が起こっているといえる。

Photo. 4 酸化膜の形成による TiN の析出 (950°C, 20 分)

Ti の添加は耐酸化性向上のためでなく、成形性や酸化後の延性低下防止の観点から考慮されるべき

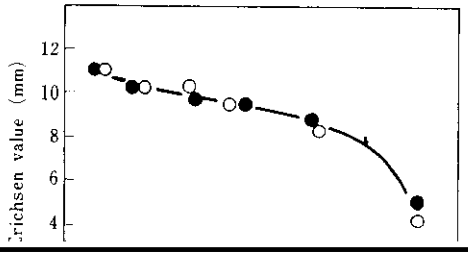
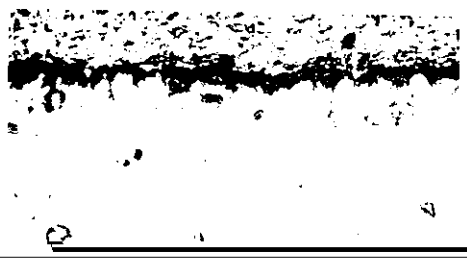
AIN および TiN の生成がみられ、表面にち密な  $Al_2O_3$  の被膜を形成しない程度の添加では N の

Ti 添加材の特徴は、加熱後の冷却に際してスケ

TiN は材料の延性を低下させるので、この点でも

Photo. 5 に示すが、剥離部はメタル地が露出して

成によって地鉄中の Al が消費される結果、とくに



50 μ

Photo. 6 Optical microstructure of low C-0.5  
%Si-0.3%Ti-0.7%Al 11%Cr steel after

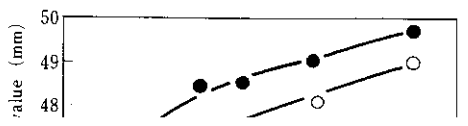


Table 1. Chemical composition of trial products RIVER LITE 409SR

Specimen No.	(wt %)				
	C	Si	Mn	Cr	Ti
1	0.01	1.50	0.57	11.74	0.25
2	0.01	2.07	0.37	10.72	0.21

Table 2. Mechanical properties of trial products RIVER LITE 409SR with thickness

Specimen	of 1.2mm									
	Direction *	PS ( $\sigma_s$ )	TS ( $\sigma_{0.2}$ )	El (%)	n	r	H <sub>v</sub> (kgf)	Er (mm)	CCV 60 $\phi$ (---)	Bulge 100 $\phi$ (mm)
					5-15%	15%				

7) C. C. Wood, J. A. Bickel, L. M. Chubb, J. D. ... (1975) ...

9) 諸石, 牧浦: 鉄と鋼, 61 (1975) 4, S190

10) 本間: 防食技術, 25 (1976), 251