

は 0.01~0.02% で 550°C および 600°C の 1000hr クリープ破断強度が 40~50% 上昇し、さらに Mo 0.3~0.4% 添加で 2¹/₄ Cr-1.0Mo 鋼の高温強度に匹敵するほどに向上する。しかし、これらの効果は焼準処理によつて若干残るがその大半は失なわれてしまうので、常温の機械的性質、特に切欠靱性を考慮する場合には、Nb の析出硬化作用と良好な切欠靱性が共存するような熱処理組成の検討が必要であろうと考えられる。

文 献

- 1) 例えば A.S.T.M. S.T.P. No. 180
- 2) 村木, 橋本: 富士製鉄技報, 11 (1962) 3, p.281
村木, 橋本: 未発表

各種ステンレス鋼および耐熱鋼の高温における腐食と土砂摩耗について*

山陽特殊製鋼

工博 結城 晋・梶川和男・藤田尚徳
On Corrosion and Sand Abrasion of Stainless and Heat Resisting Steels at High Temperature

Dr. Susumu YŪKI, Kazuo KAZIKAWA and Hisanori FUJITA

1. 緒 言

近年、重油専焼による金属材料の腐食障害が問題となっている。

このため、腐食軽減策として、重油中の有害成分の除去、腐食抑制剤の添加さらに材料面の研究が多数なされているが、現段階では経済的に有利な結果は得られてないようである。

本報では、かような条件下で使用する材質選定の基礎資料とするため、各種ステンレス鋼および高Cr-Si-Al耐熱鋼について、重油燃焼による腐食実験ならびにVアタック実験を行ない鋼種間の比較を行なつた。また、重油

燃焼にはエロージョン現象を伴うため、1つの手段として砂を使用し高温における土砂摩耗試験も行なつた。

2. 供 試 材

実験試料として、ステンレス鋼を7鋼種、フェライト系の高Cr-Si-Al耐熱鋼を3鋼種選んだ。これらはすべて高周波誘導炉にて溶製した25kg鋼塊を25mmφと40mmφに鍛伸してから焼鈍したものをを用いた。Table 1に供試材の化学成分を示す。

3. 実 験 方 法

3.1 重油燃焼による腐食実験

実験に使用した重油炉は、1hr当たりの重油燃焼量は4~8lに加減することができ、加熱室の温度は800~1100°Cに操作できるように設計したものである。なお、この炉の内容積は、250(縦)×600(横)×550(高)mmである。

加熱条件はB重油を使用し、850°C±50°Cの温度で連続50hrの加熱を行なつた。試料数は各鋼種3個とし試料(15×25×10mm)表面はエメリー紙240番で仕上げた。

実験時、オルザット分析装置を用いて、試料直上の炉内ガス成分を分析した結果、Table 2に示したように加熱状態は適正であつた。

以上の条件で加熱後、Na₂CO₃ 40%+NaOH 60%の溶融塩にてデスケールを行ない、重量減(mg/cm²・hr)によつて腐食量の評価を行なつた。

3.2 Vアタック実験

試料形状、表面仕上げ状態および試料数はいずれも重油燃焼実験に用いたものと同じで、試料表面に市販の特級V₂O₅粉末(V₂O₅ 99.5%, Fe 0.008%, 硫酸塩 0.01%)を塗布し、電気炉にて800°C×50hrの加熱条件を与え腐食作用を調べた。

V₂O₅の塗布量は予備実験の結果、10mg/cm²以上では各鋼種とも腐食量の変化は認められなかつたので、すべての試料にたいし10mg/cm²塗布した。腐食量の評価は溶融塩(Na₂CO₃40%+NaOH60%)にてデスケ

Table 1. Chemical compositions of specimens (wt%).

Steel	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Others
AI SI 202	0.065	0.92	8.60	0.044	0.013	5.45	17.33	0.03	N 0.12
// 304	0.048	0.61	1.65	0.025	0.018	10.00	18.85	0.05	—
// 316	0.046	0.63	1.62	0.021	0.019	13.20	17.75	2.25	—
// 309	0.040	0.96	1.88	0.021	0.020	12.90	24.00	0.04	—
// 310	0.043	1.41	1.97	0.019	0.021	20.30	25.40	0.04	—
// 430	0.059	0.34	0.76	0.016	0.026	0.16	17.12	0.02	—
// 420	0.12	0.49	0.88	0.014	0.025	0.14	13.46	0.04	—
X 10 CrAl 13	0.055	0.89	1.00	0.012	0.024	0.12	12.79	0.05	Al 1.18
X 10 CrAl 18	0.057	1.13	0.93	0.015	0.027	0.15	17.76	0.02	Al 1.06
X 10 CrAl 24	0.057	1.28	0.81	0.016	0.024	0.14	24.30	0.01	Al 1.40

Table 2. Combustion gas compositions.

CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	N ₂ (%)	Excess air factor
12.4~13.2	2.3~4.1	0	83.5~84.5	1.11~1.23

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 163 昭和42年6月5日受付

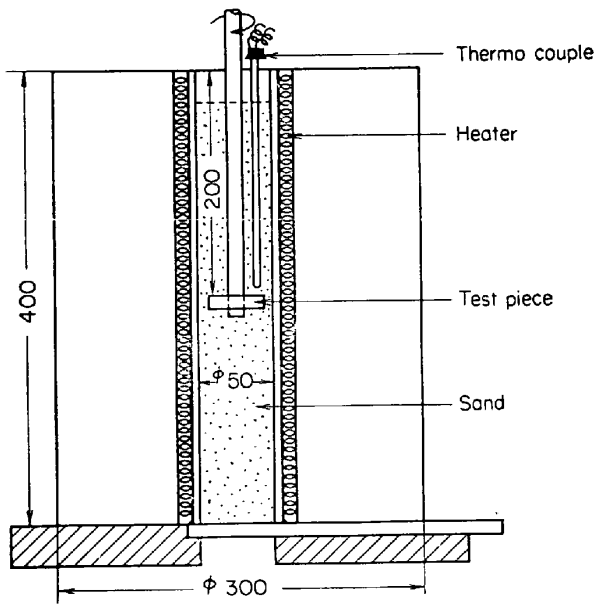
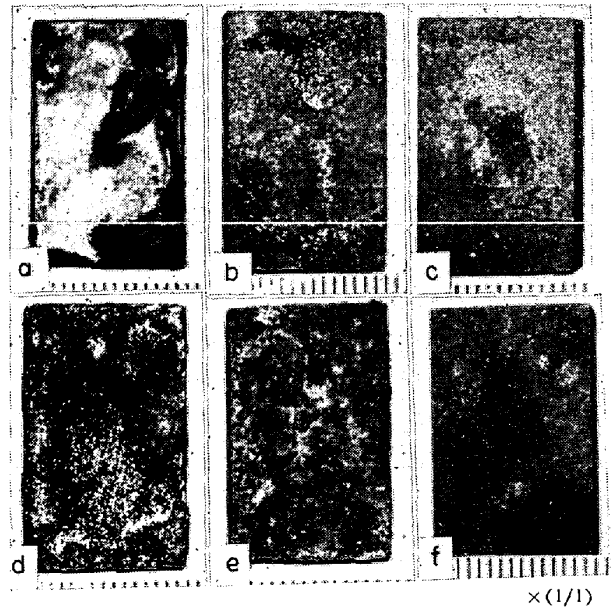


Fig. 1. Abrasion testing machine.



a) AISI 316, b) AISI 304, c) AISI 310
d) AISI 430, e) AISI 420, f) X10CrAl 24

Photo. 1. Appearance of test pieces after V attack test.

ル後重量減で行なった。

3.3 高温土砂摩耗実験

摩耗試験は実際の摩耗現象と同様の摩耗機構による条件下で行なうことが重要であるが、装置製作上の困難性あるいはデータのバラツキが大きくなることが予想されたので、従来、常温での土砂摩耗試験に用いられている装置を参考にし、高温砂中で試料を回転させてその摩耗量を測定すべく簡単な装置を製作した。Fig. 1に装置の概略図を示す。

試験条件は予備実験により次のように定めた。

- 1) 試料周速度: 67 cm/sec
- 2) 使用砂: 鋳物用砂 4号 (20~30 mesh)
- 3) 加熱条件: 800°C × 4hr
- 4) 試料寸法: 32^o.D. φ × 141.D. φ × 10^L.mm
- 5) 表面仕上: エメリー紙240番仕上
- 6) 試料数: 1鋼種 3個

試験後、先の実験と同様にデスケールし重量減によって摩耗量を評価した。

4. 実験結果および考察

4.1 重油燃焼による腐食およびVアタック実験結果

各種高温腐食、高温土砂摩耗試験結果および、参考のために大気中における加熱 (850°C × 50hr) 後の酸化試験結果を一括して Table 3 に示す。

重油燃焼による高温腐食量は、鋼種間でかなり明瞭に差があり、ステンレス鋼では Cr 系、低 Cr-Ni 系、高 Cr-Ni 系と合金元素量が多いほど耐食性が向上している。

Cr-Si-Al 耐熱鋼においても Cr 量の増加にしたがつて著しく耐食性が向上している。ところで鋼中に Cr, Si, Al が添加されると耐酸化抵抗が増すことは、よく知られた事実であるが、Cr がほぼ同量の AISI 420 と X10CrAl 13 (Cr 13% 含有) はいずれも著しく酸化され、腐食量は同量であるのにたいし、18% Cr 含有の AISI 430 と X10CrAl 18 は、後者がすぐれた耐食性を示した。すなわち、Al, Si の添加効果は低 Cr 鋼より高 Cr

鋼で大きくあらわれるようである。

大気中における各鋼種の酸化傾向も重油燃焼による腐食とほぼ同様な傾向を示すが、腐食量は明らかに少ない。重油燃焼による腐食は重油中の V, Na, S による腐食作用もある程度受けているものと考えられる。そこで、まず V による腐食作用を調べた。その結果、ステンレス鋼では、AISI 316 と AISI 420 が著しく V アタックを受けていたが、ほかの鋼種はほぼ同様な耐 V アタック性を示し、腐食量は比較的少なかった。また、高 Cr-Si-Al 耐熱鋼では鋼種間の差はほとんどなく良好な耐 V アタック性を示した。Photo. 1 に V アタック実験後の試料外観例を示す。これより明らかなように AISI 316 は特異な腐食作用を受け、その腐食量も最大であつた。この現象は耐熱合金で Mo が添加されると V による腐食作用を激しく受けるという報告²⁾と一致し、おそらく V₂O₅-MoO₃ 系などの低融点 (760°C) 化合物の形成に原因するものと思われる。

AISI 420 は AISI 316 に次いで腐食量が多かつたがこれは組成上耐熱性が劣るのに加え V によつてさらに酸化が促進されたものと考えられる。

Photo. 2 に重油燃焼実験および V アタック実験後の表面部のマイクロ組織例を示す。ステンレス鋼では重油燃焼によつて表面に酸化層が形成され、粒界が優先的に侵食されている。しかしながら、V アタック試料では顕著な酸化層はなく、腐食は粒界、粒内をとわず進行している。

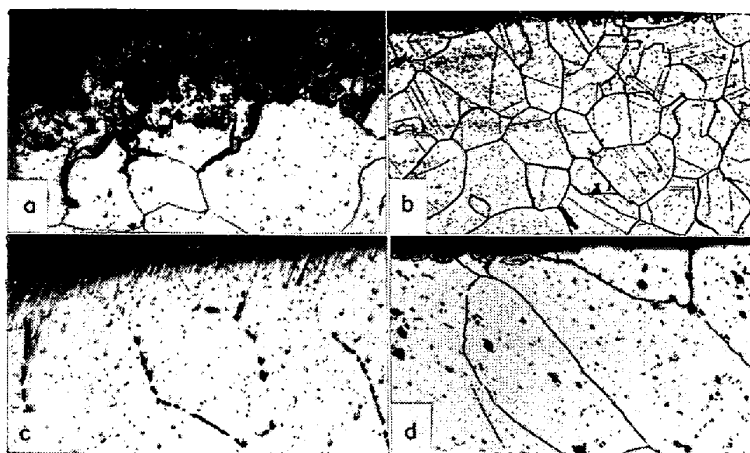
一方、耐熱鋼では、特に X10CrAl 13, 24 の場合、両試験後もほとんど組織変化はなかつた。

4.2 高温土砂摩耗実験

各鋼種の 800°C および常温での摩耗量を Table 3 に示す。常温では、オーステナイト系ステンレスはカタサが低い 18-8 クラスでもフェライト、マルテンサイト系ステンレスよりすぐれた耐摩耗性を示し、カタサの高い高 Cr-Si-Al 耐熱鋼と同等かまたはそれ以上の成績を示

Table 3. Experimental data (average weight loss; mg/cm²·hr).

Steel	Corrosion by oil firing (850°C±50°C)	Vanadium attack (800°C)	Heating in air (850°C)	Sand abrasion () Hardness	
				800°C	R. T.
AISI 202	3.44	0.37	0.32	15.11 (44 Hv)	9.41 (75 H _R B)
// 304	1.96	0.32	0.29	9.23 (46)	7.35 (75)
// 316	1.60	22.41	0.27	14.04 (52)	8.82 (78)
// 309	0.10	0.35	0.11	5.91 (60)	6.64 (80)
// 310	0.04	0.41	0.03	3.23 (62)	4.83 (84)
// 430	4.08	0.27	0.16	16.10 (12)	10.48 (80)
// 420	7.31	5.34	2.54	20.94 (24)	11.03 (80)
X 10 CrAl 13	7.30	0.23	0.74	22.23 (14)	9.21 (85)
X 10 CrAl 18	0.11	0.25	0.10	19.11 (14)	8.24 (91)
X 10 CrAl 24	0.01	0.20	—	9.03 (14)	7.03 (91)



a) After oil firing test (AISI 304) ×100 (5/7)
 b) After V attack test (AISI 304)
 c) After oil firing test (X10CrAl 24)
 d) After V attack test (X10CrAl 24)

Photo. 2. Surface microstructure.

している。高温では、常温に比べ鋼種間で耐摩耗性の差異がやや大きくなり常温とほぼ同様の傾向がある。また、カタサと摩耗量とは必ずしも対応せず、特に高Cr-Si-Al耐熱鋼ではCr量の増加にしたがって良好な耐摩耗性を示している。

さらに AISI 310, 309 は常温よりむしろ摩耗量が少なくなっていることなどから、高温における土砂摩耗特性は表面の酸化被膜の性質に大きく左右されるものと思われる。なお、800°Cにおけるカタサは高遠式高温微小硬度計 (Nikon) にて測定した。

5. 結 言

以上の各実験を要約すると次のようになる。

1) 重油燃焼による腐食実験では耐熱性の差異が大きくなり、特に X10CrAl 24, AISI 310 は非常にすぐれた耐熱性を有することを確認した。

2) Vアタック実験では AISI 316, 420 が著しくVアタックを受けたが、ほかの鋼種はほぼ同等でその腐食量は比較的少なかった。なお、AISI 316 が最大の腐食量を示した原因は V₂O₅-MoO₃ の形成に基づくものと思われる。

3) 高温土砂摩耗試験の結果、オーステナイトステンレス鋼、特に AISI 310 はフェライト、マルテンサイト系ステンレス鋼よりすぐれた耐摩耗性を示し、高Cr-Si-

Al耐熱鋼ではCr量の多いほど耐摩耗性が向上した。

文 献

- 1) 三好ほか: 鉄と鋼, 51 (1965) 12, p. 2322
- 2) H. L. LOGAN: Corrosion, 15 (1959) 8, p. 443 t
- 3) G. W. CUNNINGHAM et al.: Corrosion, 12 (1956) 8, p. 389 t

化学成分による連続冷却変態曲線の推定*

住友金属工業, 中央技術研究所

理博 邦武 立郎・大谷 泰夫

Estimation of the Continuous Cooling Transformation Diagram by the Chemical Compositions

Dr. Tatsuro KUNITAKE and Hiroo OHTANI

1. 緒 言

鋼の変態点を化学成分により推定する実験式は従来数多く提唱されているが、いずれも Ac₁, Ac₃, Ms, Bsに限られている^{1)~4)}。もし鋼の変態特性の全貌をよく表わす連続冷却変態曲線 (以下 C. C. T. 曲線と称する。) についても、同様の実験式を求めることができれば、非常に有意義である。いまだこのような試みは行なわれていない。そこで本研究では各国の変態図集^{5)~7)}をもとにして、C. C. T. 曲線を表わすのに適当な特性値を選び出し、これらの特性値と化学成分との関係を表わす実験式を求めた。

2. 計算結果

低~中炭素, 低合金の亜共析鋼について、焼入れ、焼

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 237 昭和42年5月10日受付