

耐食チタン合金の特性と適用事例

Characteristics of High Corrosion Resistant Titanium Alloys and Its Applications

上 仲 秀 哉*
Hideya KAMINAKA
神 尾 浩 史
Hiroshi KAMIO

阿 部 賢
Masaru ABE

松 本 啓
Satoshi MATSUMOTO
木 村 欽 一
Kinichi KIMURA

抄 録

白金族元素を微量添加し耐食性を高めたチタン合金：TICOREX および SMIACETM の特性と適用事例について紹介した。前者は Ru を含有する微細な $Ti_2(Ni_{1-x}Ru_x)$ が不動態皮膜を貫通し予め露出した合金であり、後者は Pd が α 相に固溶した合金である。いずれも白金族元素が有する水素電極反応の低い過電圧が合金を貴な電位に保持し、不動態皮膜を安定化するために優れた耐食性を発揮するものと考えられる。前者は最も安価な白金族 Ru を構成元素とするため経済性に優れるが、微細な析出物が存在するため過酷な加工には適さない。一方、後者は白金族 Pd が固溶し析出物が存在しないため優れた成形性を有し、複雑形状への加工が可能である。新日鐵住金(株)は二種類の耐食チタンを有していることで、用途の経済性、要求される加工性にあわせて適材を適所に提案することが可能である。具体的な適用事例も、海水熱交換器ガスクーラー、精錬用オートクレーブ内壁材、製塩プラント、食塩電解等へと拡がりを見せており、今後も更なる適用用途拡大が期待される。

Abstract

In this paper, the characteristics of TICOREX and SMIACETM which corrosion resistance is enhanced by the addition of small amount of platinum group elements, and the applications of the alloys to various corrosive environment are outlined. TICOREX is a fine $Ti_2(Ni_{1-x}Ru_x)$ phase precipitated Ti alloy, and SMIACETM is a Pd solid solution alloy of the α -Ti phase. Both alloys exhibit an excellent corrosion resistance because low hydrogen overpotential of platinum group element makes alloy's corrosion potential more noble and the surface passive film more stable. TICOREX has an economical advantage due to addition of Ru, the cheapest platinum group element, but are not suitable for severe processing due to precipitation of fine compounds. On the other hand, SMIACETM has an excellent workability and processing into complex shapes, because Pd is solid-soluted and the precipitates are not present. Two type corrosion-resistant titanium alloys can be proposed appropriately depending on whether the use needs workability or economical benefit. These alloys have been applied to heat exchange gas cooler of seawater, refining autoclave inner wall materials, salt production plant, brine electrolyzer, etc., and the further expansion in the future is expected.

1. 緒 言

純チタンは極めて安定な不動態皮膜を表面に形成するため、中性塩化物および酸化性酸の環境ではステンレス鋼や Ni 基合金より優れた耐食性を示し、化学プラント、火力および原子力発電の復水器等、海水を冷却水とする各種熱交換器に多用されている。しかし海水淡水化プラントで使用した管-管板隙間において腐食が経験されたことから、純チタンは高温塩化物溶液中ですきま腐食を発生する危険

性のあることが明らかになった。また、非酸化性酸 (HCl, H_2SO_4 など) 水溶液において、その pH が低い場合には全面腐食が発生する。

純チタンの耐食性を改善する方法の一つとして合金元素添加があり、実際に耐食チタン合金として ASTM Grade7 (JIS 12 種, Ti-0.12 ~ 0.25% Pd, 以下 Gr.7 とする)、および ASTM Grade12 (Ti-0.8% Ni-0.3% Mo, 以下 Gr.12 とする) が用いられている。しかしながら、Gr.7 チタン合金材は純チタンに比べ耐すきま腐食性、非酸化性酸に対する耐

* 鉄鋼研究所 チタン・特殊ステンレス研究部 主幹研究員 兵庫県尼崎市扶桑町 1-8 〒660-0891

食性が大幅に改善されているものの、白金族元素の Pd を約 0.15% 添加しているため高価である。一方 Gr.12 チタン合金材は Gr.7 チタン合金材より経済性に優れるが、耐すきま腐食性、非酸化性酸に対する耐食性、および Ni, Mo 添加に伴う Ti₂Ni 等の延性を低下させる金属間化合物が析出するため加工性の点で不十分であることから、熱交換器のような加工性が要求される用途には制約がある。

これらの背景から、純チタンの加工性を出来るだけ損なうこと無く、高耐食性と経済性を具備した耐食チタン合金が求められていた。

新日鐵住金(株)では、白金族元素 Pd の添加量を最小限に抑えた ASTM Grade17 (Ti-0.05% Pd 合金 SMIACE™, 以下 Gr.17 とする), ASTM Gr.30 (Ti-0.05% Pd-0.3% Co 合金 SMIACE™, 以下 Gr.30 とする) の開発や、経済的な白金族元素 Ru を添加し、耐食性を補うために著しく加工性を損なわない程度の鉄族元素を添加した ASTM Grade13 (Ti-0.5% Ni-0.05% Ru 合金 TICOREX, 以下 Gr.13 とする) を商品化している。本報ではこれら合金の耐食性向上機構について述べるとともに、その特性および適用例について報告する。

2. 耐食チタン合金 SMIACE™ および TICOREX

2.1 SMIACE™ および TICOREX の特性

新日鐵住金(株)の耐食チタン合金 Gr.17, Gr.30 (SMIACE™), Gr.13 (TICOREX) の代表組成を一般的な耐食チタン合金

Gr.7, Gr.12 と比較して表 1 に示す。Gr.17 合金は、Gr.7 チタン合金材と比較し高価な Pd 含有量を低減した材料であり、Gr.30 合金は、Pd 含有量を低減するとともに Co 添加により耐食性を更に向上させた材料である。Gr.13 合金は、高価な Pd の代わりに経済的な白金族元素である Ru を添加するとともに耐食性を補うために Ni を添加した材料である。

写真 1 に Gr.13, Gr.17 そして Gr.30 合金のマイクロ組織を示す。白金族元素単独添加材と鉄族元素 (Ni, Co) 複合添加材は異なる組織形態となる。Pd 単独添加の Gr.17 合金は析出物がほとんど認められない α 相単相様の組織を呈する。Pd は α 相に固溶した状態で存在している。一方鉄族元素 (Ni, Co) を複合添加した Gr.13 合金および Gr.30 合金は微細な析出物が α 相粒内および粒界に観察される。X 線回折の結果、微細析出物はそれぞれ Ti₂Ni, Ti₂Co 相と同定された。

表 2 に各種耐食チタン合金板の引張特性を示す。試験片形状は JIS 13 号 B とし、採取方向は圧延方向に対して直角とした。白金族元素単独添加 Gr.17 チタン合金は 45% を超える伸びを示した。またプレス加工を想定したエリクセン試験において Gr.2 純チタンより良好なエリクセン値を示す。Gr.17 チタン合金は過酷な加工性を必要とする成形部材用途に適する延性を有する。一方、鉄族元素を複合添加した Gr.13 および Gr.30 チタン合金材は Gr.2 純チタンと同等の強度および伸びを示し、延性(伸び)は Gr.7, Gr.12 チタン合金材より高い値を有する。白金族元素単独添加合金と鉄族元素複合添加チタン合金材間の延性の差異は、微細な化

表 1 各種耐食チタン合金の代表組成
Chemical compositions of corrosion resistant titanium alloys

ASTM B265	Chemical compositions (mass%)											Remarks
	N	C	H	Fe	O	Ru	Pd	Ni	Co	Mo	Ti	
Gr.7	0.008	0.006	0.0018	0.07	0.109	—	0.14	—	—	—	Bal.	—
Gr.12	0.016	0.008	0.0044	0.11	0.145	—	—	0.71	—	0.29	Bal.	—
Gr.13	0.003	0.004	0.0010	0.03	0.040	0.054	—	0.52	—	—	Bal.	TICOREX
Gr.17	0.006	0.005	0.0013	0.03	0.033	—	0.06	—	—	—	Bal.	SMIACE™
Gr.30	0.007	0.006	0.0065	0.05	0.087	—	0.05	—	0.27	—	Bal.	SMIACE™

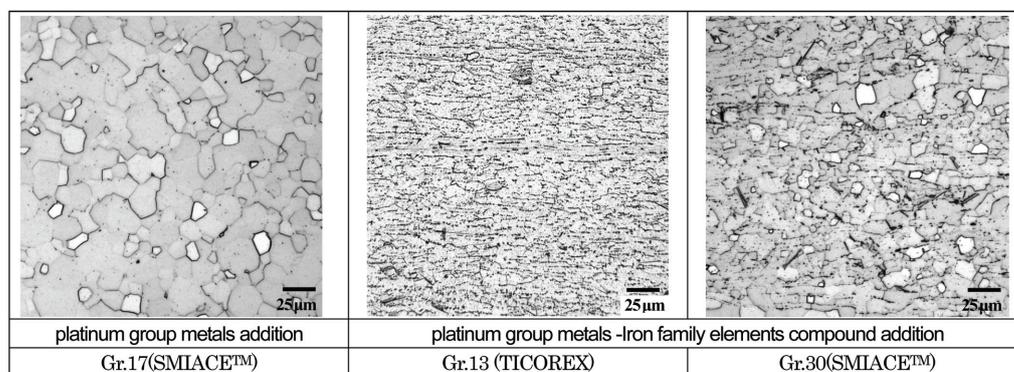


写真 1 白金族単独系と白金族-鉄族複合系耐食チタン合金 (SMIACE™ と TICOREX) の組織写真 (Gr.13 および Gr.30 の組織写真に観察される黒点部が微細化合物)

Typical microstructures of platinum group metals added and platinum group metals-Iron family elements compound added titanium alloys (typical microstructures of SMIACE™ and TICOREX)

表2 耐食チタン合金の代表的な機械的性質
Mechanical and forming properties of corrosion resistant titanium alloys

Alloy	Mechanical properties *			Forming property
	Tensile strength (MPa)	0.2% proof stress (MPa)	Elongation (%)	Erichsen cupping test (sheet thickness 1.0mm) (mm)
ASTM B265				
Gr.2	421	333	36	9.8
Gr.7	490	410	30	—
Gr12	657	563	20	—
Gr.13	400	332	33	—
Gr.17	317	224	48	11.7
Gr.30	439	294	34	—

* Tensile direction : Transverse

化合物 (Ti_2Ni , Ti_2Co) の析出有無により生じると推定される。

微細に析出する化合物の有無は機械的性質のみならず耐食メカニズムにも影響を与える。耐食性に及ぼす影響については次項で述べる。

2.2 耐食性メカニズム

チタンはその表面に安定な不動態皮膜を形成するため耐食性を維持することができる。塩化物イオンが存在する水溶液環境でも孔食を起こすことはない。これは、チタンの酸素に対する親和力が強く、チタン表面に生成する不動態皮膜が非常に安定であることに起因する²⁾。しかしながら塩酸や硫酸など非酸化性酸中においては十分な耐食性を示さない場合がある。また中性塩化物溶液環境であっても高濃度高濃度の場合にはすきま腐食感受性が高くなる。

すきま腐食のメカニズムにおいては、隙間内酸素の消費と隙間外からの酸素供給遅れにより内部が酸素欠乏状態となるため、隙間内外で酸素濃淡電池が形成される。チタンは初期に不動態皮膜を保持しているが、アノードとなった隙間内で溶解した Ti^{3+} が加水分解により H^+ を生成し、隙間内の pH を低下させるとともに電気的中性を保つため Cl^- イオンが外部から泳動してくる。pH の低下が更に進行し脱不動態化 pH に至ると (pH = 0.5 ~ 1.0 程度まで低下することが実測により確認されている³⁾) 活性溶解が起こり、すきま腐食が発生、進行する。

図1に、4.27 mol/l-NaCl, pH = 0.5 の沸騰酸性塩化物溶液中での分極挙動を示す。純チタン (Gr.2) では、腐食電位が -0.8V vs. SCE 付近の卑な値を示すとともに、陽分極側の -0.6V vs. SCE 近傍に活性溶解を示すピーク電流が認められる。それに対し、白金族を含有する Gr.7, Gr.13, Gr.17, Gr.30 合金は、いずれも腐食電位が貴な電位側に大幅にシフトした -0.2V vs. SCE 近傍にあり、また、活性溶解のピーク電流は見られず不動態化している。腐食電位の貴化程度は Pd 含有量の多い Gr.7 合金が大きく、Gr.13, Gr.17, Gr.30 合金では大きな差異は認められない。

写真1に示したように耐食チタン合金の組織は、白金族元素単独添加 Gr.17 合金のように α 相単相様の組織を呈する材料と白金族と、鉄族元素 (Ni, Co) 複合添加 Gr.13, Gr.30

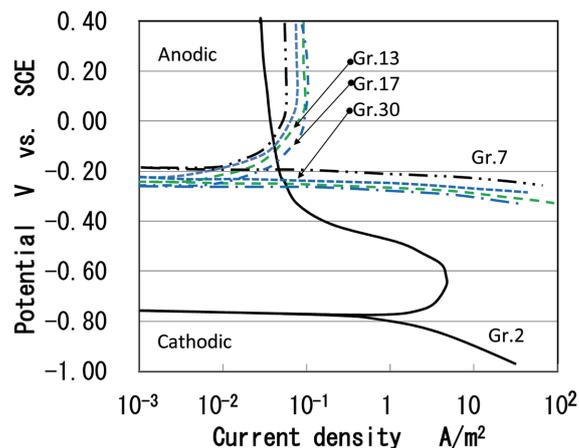


図1 沸騰酸性塩化物溶液中における耐食チタン合金の分極挙動 (4.27mol/l-NaCl, pH=0.5 電位掃引速度: 0.02V/min)

Polarization curves of high corrosion resistant titanium alloys (4.27mol/l-NaCl, pH=0.5, boiling)

合金のように Ni や Co を添加することによって微細な化合物が析出した材料の2つに分類できる。前者の代表的な材料である Gr.17 合金と後者の代表的な材料である Gr.13 合金について、隙間内環境を模擬した pH = 0.5, 80°C の高濃度食塩水中における腐食電位の経時変化を純チタン (Gr.2) と比較して図2に示す。

純チタン (Gr.2) は不動態化せず、活性状態にあることを示す卑な電位を保持する。このことは隙間内環境では Gr.2 は腐食し続けることを示している。一方、微細な Ti_2Ni 析出物が表面に露出している Gr.13 合金は、浸漬初期から貴な電位を示し時間とともに更に貴な電位に変化する。滝ら⁴⁾は、Gr.13 合金に析出している Ti_2Ni について解析を行い、Ru が Ni の一部を置換し Ti_2Ni から検出される Ru 濃度は添加濃度の 20 倍以上に濃化して約 1.2% に到達していることを見出している。すなわち Gr.13 合金中の析出物は Ru を含有した $Ti_2Ni(Ti_2(Ni_{1-x}Ru_x))$ と考えられる。Ru は水素電極反応の過電圧が低い金属である。 $Ti_2(Ni_{1-x}Ru_x)$ 化合物中に濃化した Ru が水素過電圧を低下させることで合金の腐食電位が図2のように貴化し -0.3V vs. SCE より貴な電位ではチタンは不動態化すると考えられる。

他方、析出物が観察されない Gr.17 合金は、浸漬初期に活性状態を示す卑な電位を示すが、短時間で電位が貴化していく。Gr.17 合金の初期表面は、純チタンと同様な α 相単相であるために、純チタン同様の卑な電位を示している

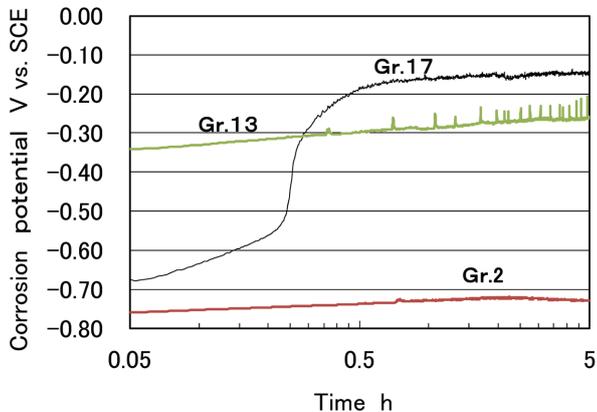


図2 酸性塩化物溶液中における各種チタンの腐食電位の経時変化 (200g/l-NaCl, pH=0.5, 80°C)
Temporal variation in corrosion potential of Gr.2, Gr.13 and Gr.17 titanium in 200g/l-NaCl, pH=0.5 solution at 80°C

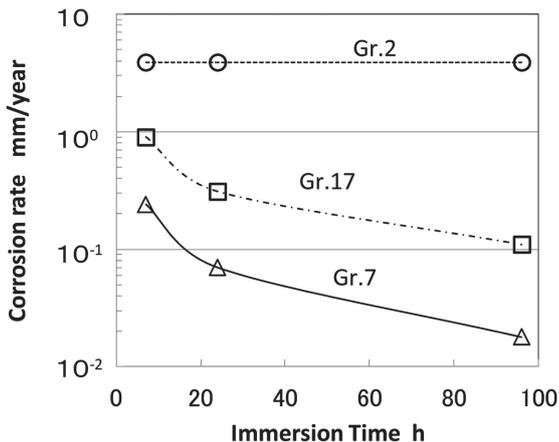


図3 各種チタンの沸騰塩酸中での腐食速度の経時変化 (3% HCl)
Influence of immersion time on the corrosion-rate of Gr.2, Gr.7 and Gr.17 titanium in boiling 3% HCl solution

と考えられる。経時的に電位が貴化していく現象は、活性溶解によって表面状態が変化している過程を示していると考えられる。

隙間内の腐食状況の変化を促進する条件として沸騰塩酸中における腐食速度を調査し、その時間変化を図3に示す。純チタン (Gr.2) は時間に依存せず一定の大きな腐食速度を示すのに対して、Pdを固溶した Gr.17 合金は時間とともに腐食速度が低下している。この腐食速度の変化も時間とともに表面状態が変化することに起因していると考えられる。

図3において沸騰塩酸溶液中に96h浸漬した後の Gr.17 合金について、グロー放電発光分析法 (GDOES) を用いて表面から深さ方向に Pd の濃度を測定した結果を図4に示す。沸騰塩酸中に浸漬していない材料と比較して表面近傍の Pd 濃度が高く最表面では約9%を示し、表面から厚さ10ナノメートル以下の極表面に Pd が濃化している状況を確認した。

沸騰塩酸浸漬により Pd が濃化した表面の FE-SEM 観察と AES 分析による元素マッピング結果を図5に示す。サブミクロンサイズの非常に微細な Pd 粒子が析出し、表面に

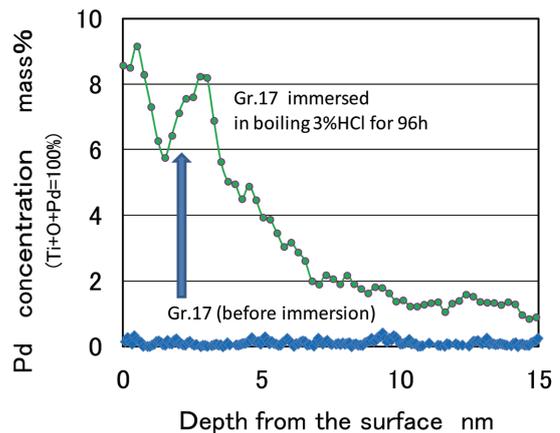


図4 沸騰 3% HCl 96h 浸漬後の表面から深さ方向への Pd 濃度分析結果 (4mm 径の平均情報)
GDOES depth profile of Pd after immersion in boiling 3% HCl for 96h

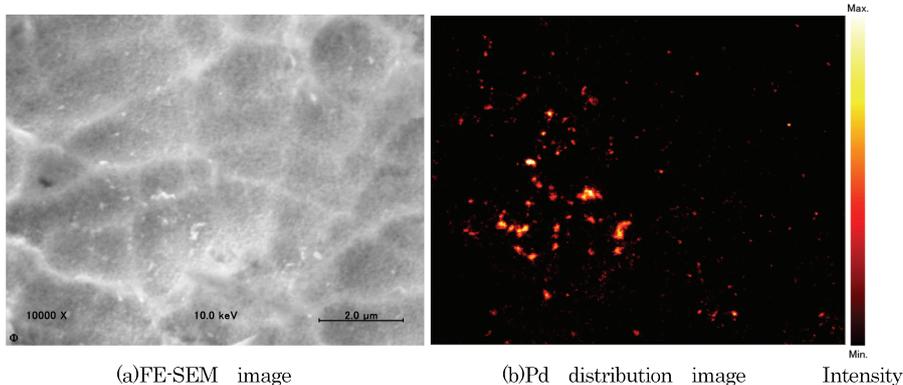


図5 沸騰 3% HCl 96h 浸漬後の Gr.17 合金の表面 Pd 分布調査結果 (AES マッピング分析)
Pd elemental mapping image by Auger Electron Spectroscopy after immersion in boiling 3% HCl for 96h

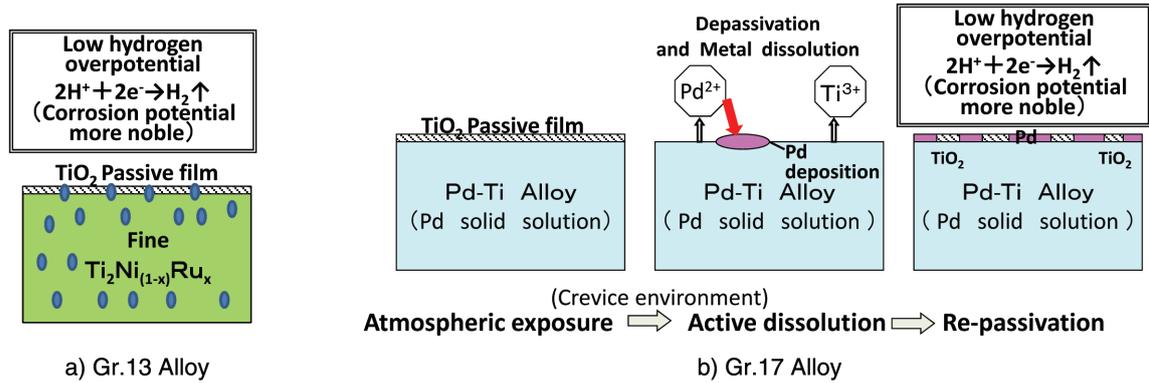


図6 微細析出物型耐食チタン合金 (Gr.13) と白金族固溶型耐食チタン合金 (Gr.17) の耐食性向上メカニズム (模式図)
Schematic illustration of mechanisms for high corrosion resistance in micro-precipitates type (Gr.13) and Pd solid solution type (Gr.17)

点存在していることがわかる。Gr.17合金マトリックスにおいてPdはα相に固溶した状態で存在しているため、隙間内の強酸性環境においてマトリックスが溶解する際にPdも同時に溶液中に溶出する。しかしながら、Pdは非常に貴な酸化還元電位を示す白金族元素なので、表面近傍の溶液中のPdイオンが還元され、金属Pd粒子として電析(置換析出)する。その結果が図4および図5であると思われる。

Pdを含む白金族元素は水素電極反応の過電圧が低い金属である。表面に電析したPdが水素過電圧を低下させることで合金の腐食電位が図1のように貴化し、不働態化したものと考えられる³⁾。活性溶解は不働態皮膜が脆弱な部分から優先的に発生することからPdは活性溶解部分に優先析出し、表面が不働態電位に達すると溶解→析出が停止するため、Pdは全表面を覆うことなく点状に分布するものと考えられる。

図6に、微細なTi₂(Ni_{1-x}Ru_x)析出物が表面に露出しているGr.13合金とPdがα相に固溶したGr.17合金の耐食メカニズムを模式的に示す。前者はTi₂(Ni_{1-x}Ru_x)が不働態皮膜を貫通し露出した状態であると考えられ、このため貴な腐食電位を示すと考えられる。後者は表面の不働態皮膜が破壊されPdが表面に析出するプロセスを経るため、図2のように電位が経時的に貴化するものと考えられる。

2.3 各種環境での耐食性

2.3.1 塩化物環境における耐食性

(1) 耐塩酸性

図7に各種チタン合金の沸騰塩酸溶液における腐食速度を示す。Gr.13, Gr.17そしてGr.30合金は、純チタン材(Gr.2)と比較して同一濃度で約2桁腐食速度が小さく、良好な耐塩酸性を有する。また、Gr.12合金では2%以上の濃度の塩酸中で急激な耐食性劣化が認められるのに対し、Gr.13, Gr.17そしてGr.30合金はGr.7合金と同様、急激な腐食速度の増大は認められない。

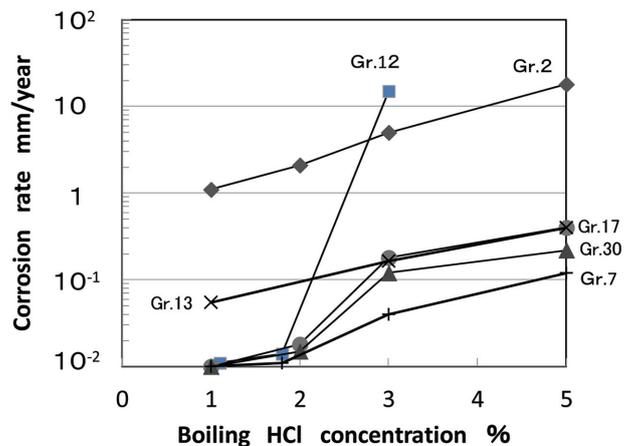


図7 各種チタン合金の耐塩酸性の比較 (沸騰 20h)
Effect of HCl concentration on corrosion rate of titanium alloys (at boiling temperature for 20h)

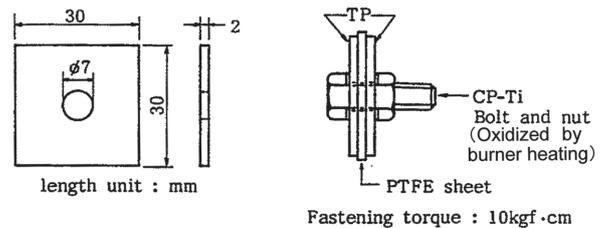


図8 すきま腐食試験片および組み立て図
Crevice corrosion test specimen and configuration of fixture set

(2) 耐すきま腐食性

北山らは、チタン合金の耐すきま腐食性は沸騰3%塩酸での耐酸性との定性的相関関係がほぼ認められたとしている⁹⁾。沸騰3%塩酸で低い腐食速度を示したGr.13, Gr.17, Gr.30合金の耐すきま腐食性について純チタン(Gr.2), Gr.12合金と比較調査した。図8に、耐すきま腐食性を調査する試験片形状および組み立て構成を示す。すきま腐食は隙間形成材質の影響を受けるため⁹⁾、2枚の合金試験片の間に四弗化エチレン (PTFE) 板をはさみ、全ての試験片

表3 各種チタン，チタン合金の耐すきま腐食性比較試験結果
Crevice corrosion resistance of various titanium and its alloys

Alloy	Test conditions		Remarks
	40wt%-FeCl ₃ 90°C × 500h	250g/l-NaCl 150°C × 500h	
Gr.2	×	×	Pure titanium
Gr.7	○	○	Reference
Gr.12	×	×	Reference
Gr.13	○	○	TICOREX
Gr.17	○	○	SMIACE™
Gr.30	○	○	SMIACE™

Crevice : Alloy / PTFE, ○ : No corrosion, × : Crevice corroded

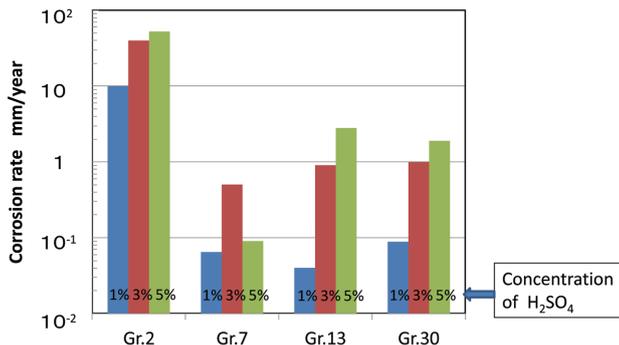


図9 耐沸騰硫酸性の比較試験結果

Corrosion rate of pure titanium and titanium alloys in boiling sulphuric acid solution for 20h

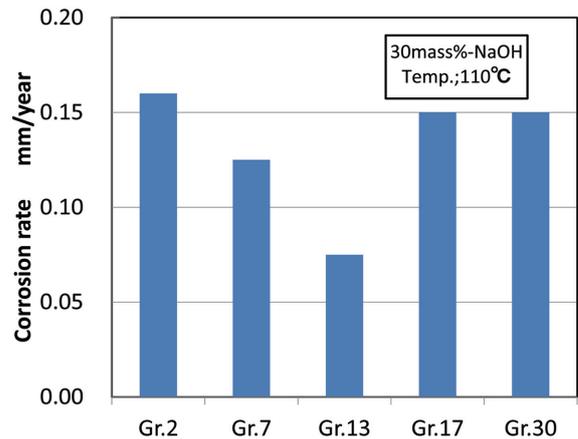
を同一トルクで締め付けることにより隙間を形成した。表3に試験結果を示す。異なる塩化物種の場合でも、Gr.13, Gr.17, Gr.30合金は、Gr.7合金と同等の優れた耐すきま腐食性を示した。一方純チタン Gr.2, Gr.12合金はいずれの環境でも激しいすきま腐食が認められた。

2.3.2 硫酸環境における耐食性

塩酸とならび代表的な非酸化性酸である硫酸水溶液環境における耐食性を図9に示す。Gr.13およびGr.30合金は、純チタン(Gr.2)と比較し1桁から2桁腐食速度が小さい。これらの耐食チタン合金は、硫酸水溶液環境においても優れた耐食性を示す。

2.3.3 耐苛性ソーダ性

図10に、代表的なアルカリ溶液環境である苛性ソーダ水溶液における腐食速度を示す。100°C程度の温度であれば、純チタンは耐苛性ソーダ性に優れている。全ての耐食チタン合金材が純チタンに対して優位では無い。特徴的なのはGr.13合金材の腐食速度が純チタン(Gr.2)の約1/2と小さいことである。Gr.13合金は前記耐食チタン合金の中で唯一組成中にNiを含有する。Niは耐苛性ソーダ性に非常に優れた元素であり、Gr.13合金に微細析出したNiを含有するTi₂(Ni_{1-x}Ru_x)が耐苛性ソーダ性を向上したものと推定している。

図10 各種チタン合金の苛性ソーダ溶液における腐食速度
Corrosion rate of titanium alloys in the sodium hydroxide solution (30mass%-NaOH, 110°C × 20h)

3. 適用事例

高温、高濃度の塩化物溶液環境下で優れた耐食性を示すGr.13合金(TICOREX)、Gr.17そしてGr.30合金(SMIACE™)の機械的性質、各種環境下での耐食性等について述べてきた。これら合金の適用用途は適用部材の形状や求められる経済性によって異なる。複雑な形状へのプレス成形のような過酷な加工性が求められる用途には、優れた延性を有するGr.17合金材が適用されることが多い。また、経済性が求められる用途には白金族元素で最も安価なRuを添加することで優れた経済性を有するGr.13合金が適用されることが多い。

以下具体的な適用事例について紹介する。

3.1 海水熱交換器ガスクーラー

原油を精製する常圧蒸留塔の上部からでてくるガスを冷却液化するために海水を使ったエアフィンクーラー型の熱交換器に、耐塩化物性や耐すきま腐食性に優れたGr.13やGr.30合金板およびその溶接管が使用された(写真2)。

3.2 ニッケル精錬オートクレーブ用

低品位の酸化物鉱石を精錬し、中間原料のニッケル・コバルト混合硫化物を製造する設備のオートクレーブ素材には、高温、高圧(約200°C, 3.9MPa)、鉱石由来の各種金属イオンを含有する高濃度の硫酸に耐えられる高耐食性を有する材料が必要とされる。このような環境に適した材料としてGr.17合金の耐硫酸性が認められてオートクレーブの内面材として採用されている(写真3)。

3.3 製塩プラント

一般的には岩塩をもとに製塩を行うことが多いが、我が国は岩塩資源に乏しいことから、国内の製塩メーカーでは海水を加熱し、水分を蒸発させ濃縮した塩水を原料に製塩す

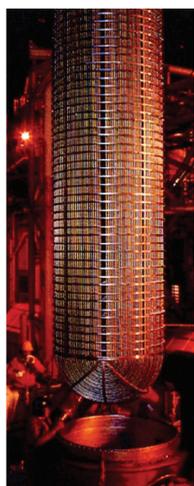


写真2 耐食チタン合金 (SMIACE™) 製オイルガスクーラ外観
Oil gas coolers made of SMIACE™



写真3 耐食チタン合金を使用したニッケル精錬プラント外観
Nickel refining plant which applied corrosion-resistant titanium alloy for its autoclaves

るプロセスが採られていることが多い。従来は、蒸発、濃縮のためのシェルおよびチューブ型熱交換器は銅合金素材が使われていた。しかし、全面腐食や管内や管板にすきま腐食が発生するために定期的に熱交換器を更新する必要があった。この更新頻度を下げメンテナンスフリーに近づける目的で Gr.13, Gr.17 合金製の加熱缶用熱交換器（溶接管および管板）が採用されている。

3.4 食塩電解プラント

食塩電解プラントは、食塩水を電気分解することにより苛性ソーダ (NaOH)、塩素ガス、水素ガスを製造する設備である。従来は、水銀法や隔膜法でソーダ電解をおこなっていたが、それぞれ水銀そしてアスベストを用いるため、公害問題の発生を避けるため、直近では国内のみならず新興国においてもイオン交換膜法が主流になりつつある。陽極室と陰極室でイオン交換膜をサンドイッチした状態で構成された単セルが 100 セル近く直列にフィルタープレスされた電解槽であり、陽極室は、電気化学反応を生じるメッシュ電極だけでなく、陽極側の電解液を保持する枠材料にもチタンが用いられている。

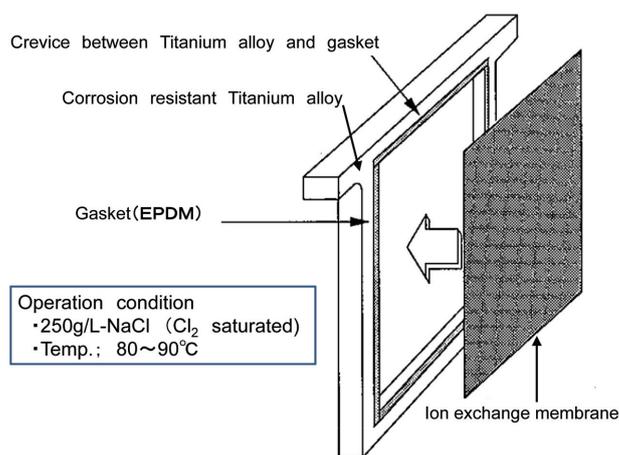


図11 イオン交換膜法食塩電解プラントの陽極エレメント構成模式図

Structure of anode element composition of the ion exchange membrane method electrolyzer for chlor alkali

図11に陽極エレメントの模式図を示す。イオン交換膜とチタン製の陽極エレメント間にガスケットを設置する際に、ガスケット表面とチタンフランジ表面の間に隙間が形成される。ソーダ電解プロセスにおいてチタン陽極エレメントは高温高濃度塩化物物環境に晒される。純チタン製のエレメントでは激しい隙間腐食が発生する。そのためすきま腐食発生を避けるために、Gr.13合金やGr.17合金がガスケットと接する面に使用されている。最近では、電解効率を高めるための複雑な陽極形状が必要となりつつある。プレスでの成形形状を実現するためには良好な加工性を有するチタンが求められる。このような要求を満たす耐食チタン合金としてGr.17合金材が使用されている。

4. 結 言

最新の技術を導入した各種化学プラント機器等では、機器の長寿命化や高性能化のため、材料の使用環境は益々苛酷になり、耐食の観点で信頼性の確保が必須になりつつある。従来は純チタンが有する耐食性で十分対応できた部材であってもより高い耐食性が必要となるケースが増えつつある。

このような状況のなかGr.7合金に匹敵する耐食性と純チタン並の加工性を併せ持つ高コストパフォーマンス耐食チタン合金のニーズは大きい。

新日鐵住金(株)では、白金族元素Pdの添加量を最小限に抑え、耐食性と優れた加工性を両立させたSMIACE™ (Ti-0.06Pd) および、経済的な白金族元素Ruを活用し耐食性を補うために加工性を損なわない程度の鉄族元素を添加して耐食性と経済性を両立させたTICOREX (Ti-0.5Ni-0.05Ru)をラインナップしている。顧客のニーズに応えるため、それぞれの特徴に応じた耐食チタン合金の適材適所提案を推進していくことで、更なる耐食チタン合金の適用拡大に繋がるものと確信している。

参考文献

- 1) Kido, S., Shinohara, T.: Proc. the International Congress on Desalination and Water Reuse. 1977, p. 7
- 2) 武村厚：J. Vac. Soc. Jpn. 44 (10), 884 (2001)
- 3) 幸英昭, 北山司郎：耐隙間腐食性に優れた低合金チタン SMI-ACE. 日本材料学会腐食防食部門委員会資料. 大阪, 2001.9.12
- 4) 滝千博, 作山秀夫：鉄と鋼. 81 (10), 71 (1995)
- 5) 北山司郎, 志田善明：鉄と鋼. 77 (9), 1495 (1991)
- 6) 佐藤広士, 上窪文生, 下郡一利, 福塚敏夫：防食技術. 32, 69 (1983)



上仲秀哉 Hideya KAMINAKA
鉄鋼研究所 チタン・特殊ステンレス研究部
主幹研究員
兵庫県尼崎市扶桑町1-8 〒660-0891



阿部 賢 Masaru ABE
チタン・特殊ステンレス事業部 チタン技術部
チタン商品技術室 主幹



松本 啓 Satoshi MATSUMOTO
チタン・特殊ステンレス事業部 チタン技術部
チタン商品技術室 主幹



木村欽一 Kinichi KIMURA
チタン・特殊ステンレス事業部 チタン技術部
チタン技術・管理室長



神尾浩史 Hiroshi KAMIO
鉄鋼研究所 チタン・特殊ステンレス研究部