

チタン・デザイナーブック

—化学工業装置メーカーおよび加工業者のために—

原本：TITANIUM DESIGN DATA BOOK

(TITANIUM METALS CORPORATION OF AMERICA)



社団法人 日本チタン協会
JAPAN TITANIUM SOCIETY

訳 序

金属チタンが実用化されたのは比較的最近のことであって、他の金属に較べるとその歴史は短いにもかかわらずその需要の増加は著しいものがあります。

わが国は自由圏諸国中アメリカに次ぐチタン生産国でありながら、主要用途である航空機、宇宙飛翔体等の需要がほとんどないため、その大部分を海外に輸出して参りました。

しかし近年その優秀性が認識され、国内でも化学工業用を始め次第にその用途が開発され、需要量も増加してきました。

チタニウム懇話会需要開発委員会ではその任務の一つである、チタンの国内需要開発の一助として御使用者の便を計るため参考資料を発行することとして、本年1月『ソーダ・塩素工業および関連工業の装置におけるチタンの利用』という資料を出版しましたところ幸に好評を博しています。

今回はそれに引続き資料 No. 2 として、アメリカの有力なチタン製錬および加工会社である Titanium Metals Corporation of America の許可を得て同社発行の需要家のための資料 Titanium Design Data Book for the Chemical Processor を翻訳、発行することに致しました。

本書にはチタン製品を化学工業用に使用される方のために、多数のデータを揃えて記載されていますので、わが国の需要家の御参考になる点が多いことと存じます。

なにとぞ本書を御利用の上チタンの特性を御活用戴きますよう、需要家各位にお願いする次第でございます。

終りに社団法人チタニウム懇話会に本書の翻訳を御許可下さいました Titanium Metals Corporation of America の御厚意に対し感謝致します。

昭和 42 年 11 月

チタニウム懇話会需要開発委員会
(現：日本チタン協会)
委員長 教 山 尊 祐

序 言

チタンの耐食性、すぐれた比強度、疲労特性、クリープ特性および汚損(fouling)に対する抵抗性は、次の2つの基本的な理由によって、チタンを化学プロセス工業プラント用の理想的な構造材料たらしめている。

第1に、チタンは現在実用されている装置について、腐食によってひき起される機器の欠陥が原因である種々の問題を解決することができる。このことは、一般的に設備の休止時間を減少させることによって、原価低減と生産量増加に役立つことを示している。

第2には、従来、他の材料を使用して実用的だと考えられていた温度、圧力よりも、しばしば高温高圧を使用することが可能になったので、チタンの諸特性を組合せることによって、新しいプロセスの実現が可能になって来たことである。

チタンは、現在構造材として広い適応性を備えているので、これらの設計上の諸特性によく適合している。

例えば、成分の異なった20種類のもが製造されていて、このすべてが標準のミルプロダクトの形状、すなわち薄板、条、板、棒、ビレット、線、押出成型品、鋳物およびシームレスと溶接管の形で入手できる。

さらに、化学プロセス工業におけるチタンの使用実績の歴史は、チタン製機器が高水準の信頼度に到達していることをはっきりと示している。この歴史は1954年までさかのぼり、この年、チタン工業はまだ4才であったが、チタンは、塩素化されたパルプスラリーの腐食と摩耗に曝される二酸化塩素ミキサーのライニングに使用されはじめた。ところで、このミキサーは、据付以来ずっと24時間連続運転されてきているが、このライニングの外観は購入された時と全く同じ状態である。

チタンの価格は、過去10年間、連続的に下ってきているのが特徴的であり、この傾向はさらに今後も続くであろう。

チタン工場の作業手順が合理的に確立した現在においては、加工原価はすでにステンレス鋼と同程度とみなされている。

チタン製の機器の総原価は、チタンの特別な性質に応じた機器の設計、例えば、チタンの大きな強度を利用して薄肉管におきかえることによって熱伝達を増加し、一方ではチタンの所要重量を減少せしめうるというようなことで、さらに低減されるであろう。事実、塩素ガス冷却器のガラス、ブライン冷却器のグラファイト、ソーダ灰用釜の鋳鉄および塩水気化分離器の銅-ニッケル合金などは、チタンに置き換えられた。これは設計者が、結局は最低原価の機器をうるために、チタンの性質を高く評価するようになってきたからである。

腐食を制御することにおける大きな進歩の鍵は、チタンについての技術的知識、すなわちチタンという金属の特異な性質の利用という点にある。

故にここに、Titanium Metals Corporation of America は、チタンの効果的な利用のための手引として、この刊行物に盛込まれた種々のデータを送る次第である。

目 次

	頁
Timet, 鈦石からミルプロダクトまで	5
チタンの供給と入手可能範囲	5
技術サービス	5
試作機器の製作	6
第1章 チタンの耐食性	8-23
硝 酸	8
表1・通気して脱亜硝酸した硝酸に対するチタンの耐食性	9
発煙硝酸中のチタンの不動態化に及ぼす含有水分量の影響	9
抑制剤 (Inhibitor)	
表2・93°C (200°F) 5%塩酸中における腐食抑制剤の効果	9
表3・38°C (100°F) 30%硫酸中における腐食抑制剤の効果	9
混 酸	10
表4・60°C (140°F) の混酸中におけるチタンの耐食性	10
硫 酸	10
塩 酸	12
磷 酸	13
弗 酸	13
表5・種々の非酸化性溶液中におけるチタンおよびチタン-パラジウム合金の耐食性の比較	12
塩 素 ガ ス	13
図5・塩素ガス中の水分量とチタンの不動態化領域との関係	14
表6・ガスに対するチタンの耐食性	13
乾燥塩素ガス	14
塩 化 物	15
酸 素	15
他 の 気 体	15
天然の溶液	15
表7・高温水に対するチタンの耐食性	14
高速乱流 (流速8.2m/秒 (27フィート/秒) の海水中で60日間) 中での耐食性	
図6・海水中における各種金属の浸食腐食対エロージョン性の比較	16
種々の塩の溶液	16
表8・塩類溶液に対するチタンの耐食性	17
アルカリ溶液	16
表9・アルカリ溶液に対するチタンの耐食性	18
有 機 酸	18
ミサイル燃料および酸化剤	19
有機化合物	19
表10・有機化合物に対するチタンの耐食性	18
表11・有機酸に対するチタンの耐食性	19
電 解 液	20
接触腐食 (Galvanic Behavior)	21

表12・海水中における電位序列 (Galvanic Series)	22
高温腐食	22
局部腐食	23
孔食	23
細隙腐食	23
粒間腐食	23
応力腐食	23
第2章 チタンの物理的性質と機械的性質	24—36
強 度	24
表13・Ti—35A・Ti—50A・用途, 形状, 組成, 機械的・物理的性質, 加工, 熱処理時間 および一般注意事項	26—27
表14・Ti—65A・Ti—75A・用途, 形状, 組成, 機械的・物理的性質, 加工, 熱処理時間 および一般注意事項	28—29
表15・Ti—0.15Pd・Ti—6Al—4V・用途, 形状, 組成, 機械的・物理的性質, 加工, 熱処 理時間および一般注意事項	30—31
表16・チタン管の安全作業内部圧力	32
Ti—52AおよびTi—65Aの応力—ひずみ曲線 (図9~15)	33—34
Ti—6Al—4Vの薄板, 棒の疲労特性 (図16~17)	34
化学工業装置用チタンに適用できる諸規格	34—36
管の ASTM 規格	34
引張り試験	34
へん平試験	34
押しひろげ試験	34
水圧試験	34
表17・B—338管用材料の機械的必要条件	35
表18・個々の測定値についての寸法許容差	35
薄板, 条, および板 (ASME 規格)	36
表19・内圧容器の機械的強度規格	35
図18・容器の壁厚を決める計算図表	36
第3章 設計と加工	37—47
伝 熱	34—35
表20・純金属および合金の熱伝導度	38
表21・加熱コイルの比較データ	38
圧力の降下	37
流速と乱流	38
何故チタンが熱交換器用の第一候補であるか	38—39
凝縮蒸気中におけるチタンと銅の比較	39
汚損 (fouling) と流体境界膜で比較した熱損失においてチタンの占める役割	39
熱貫流率に影響する要素 (Thermal Transfer Factor)	39
凝 縮	40
ガスケット (gasketing)	40
溶 接	41
装 置	41

表面の清浄化	41
シールドイング (Shielding)	41
クラッド板の溶接	43
中間材装入溶接 (Interlayer welding)	43
検 査	43
抵抗溶接	44
切削加工	44
チタン切削加工技術	45
最適なチタンの冷却剤	45
工具の形状 (図29~31)	45
一般機械加工	46
管の曲げ加工	46
板の曲げ	46
焼鈍及び酸洗	46
表面硬化と焼付きムシレの防止	46
深 絞 り	46
第4章 代表的なチタン製装置	48
タンクと容器	48
チタン母材	48
クラッド構造	48
チタンライニング	48
ルーズライニング (Loose Lining)	50
溶接ライニング	50
機械的なライニング	50
チタンは新しいプロセス設計を可能にする	50
チタン圧延品が使用されている代表的な装置 (写真42~49)	51-52
チタン製熱交換器	53
チタン製熱交換器を使用した機器の代表例 (写真53~63, 図35)	55-57
チタンは装置や種々の金具類に使われている (写真64~72)	58-59
第5章 チタンの耐食性データ (表22, 23)	60-73
第6章 チタン加工品の名称	74-82
薄板	74
条	74
板	74
線	74
棒	74
管	75
ピレット	75
表24-1・表24-2・チタン管の寸法および重量	76-77
表25・チタン板の1平方フィート当りの重量	78-79
表26・チタン線の重量	78-79
表27・チタン薄板フィート角当りの重量	80
表28・円筒の表面積	81