

**高品質・高生産性を実現する  
チタン加工のポイント**



# ① チタンとは何か

## チタンとは何か

DEFINITION

チタン及びチタン合金が工業的に幅広く実用化されるようになったのは、1940年代後半から、1950年代後半にかけてからです。したがって、金属材料としては、Ni基超耐熱合金とともに工業化の歴史は比較的浅い材料です。

「強度」「軽さ」「耐食性」「耐熱性」を備えるチタン合金は、以前は比較的高価であったため、航空機や宇宙航空機産業・原子力発電関連など限られた分野において利用されていました。しかし、近年では、製造コストの低減化が進んだことにより、チタンの需要は年々高まっています。

## チタン材料の分類

CLASSIFICATION

チタン材料は、大きく汎用材料と特殊材料の2種類に分類されます。

汎用材料とは、鋼やアルミニウム材料と同様に、板、棒、鍛造品などの製品に加工され、構造材料、容器材料、配管材料などとして使用される材料です。汎用材料は下記の3種類に分類されます。

- 分類 ① 商業的に純度の高いチタン（純チタン、CPチタン）
- 分類 ② 耐食性に有効な元素を微量添加した耐食性チタン合金
- 分類 ③ 強度や加工性を改善させるために積極的に合金元素を添加したチタン合金

一方、特殊材料とは、特定の目的に特殊な性能を有したチタン材料であり、上記の汎用材料とは区別されます。特殊材料は下記の2種類に分類されます。

- 分類 ① CPチタンより純度の高い高純度チタン（薄膜形成用スパッタリングターゲット材）
- 分類 ② 機能性チタン合金（超伝導材料、形状記憶合金、軽量耐熱合金、超弾塑性合金など）

を挙げることができます。

## チタンの特性

FEATURE

チタンの特性として「耐食性」「耐熱性」「強度」「軽さ」の4つが挙げられます。

- ① **耐食性** 表面に形成される不動態皮膜により、硝酸や塩素イオンを含む環境では、プラチナと同等以上の耐食性を示す。
- ② **耐熱性** 質量は鋼鉄の45%、鋼の約半分と非常に軽い。
- ③ **強度** アルミニウムと比較した場合、質量は60%程重いものの約2倍の強度を誇る。
- ④ **軽さ** 融融点は純チタンで 1,668 度とステンレス鋼（SUS304）の融融点 1,400 度と比較しても、非常に耐熱性が高い。

## ② 高まるチタンのニーズ

### チタン展伸材用途分類一覧表

LIST

チタンは年々需要が高まってきており、その適用範囲も広がっています。下記にチタン展伸材用途分類一覧表を示します。

産業分野	使用分野	具体的使用部位
航空・宇宙	ジェットエンジン部品	圧縮機、ファン用ブレード、ディスク、ケーシング、ペーン、スタブシャフトなど
	機体部品	主脚、フラップ、スポイラー、エンジンナセル、バルクヘッド、スパー、ファスナー
	ロケット、人工衛星、ミサイルなどの部品	燃料タンク、ロケットチャンバー、ロケットブースター、ウイング
化学・石油化学 電解工業、 製紙工業、 食品工業、 公害関連機器 など	尿素、酢酸、アセトン、アセトアルデヒド、メラミン、硝酸、IPA、PG、アジピン酸、テレフタル酸、高度サラシ粉、無水マレイン酸、グルタミン酸、苛性ソーダ、塩素、発酵、製紙、バルブ、表面処理、非鉄金属製錬、製鉄、排ガス、排液、集塵など	熱交換器、反応槽、反応塔、蒸留塔、凝縮器、圧力釜、遠心分離機、ミキサー、送風機、バルブ、ポンプ、配管、攪拌器、計測機器、ディフューザー、スクリーン、電極、電解槽、メッキ用治具類、銅箔用ドラム、電解製錬用電極、EQ、メッキ電極、し尿処理湿式酸化装置、減菌装置など
	原子力、火力、地熱発電、海洋温度差発電	蒸気復水器管・管板、タービンブレード、熱交換器、配管
電力・造水	蒸気法海水淡水化装置	伝熱管
	石油・天然ガス掘削	ライザーパイプ、検層機器
	石油精製、LNG関連	熱交換器
	海洋艇、救助艇	耐圧殻、インバーター容器、構造部材、熱交換器
海洋・エネルギー	水産物養殖	魚網、熱交換機
	核燃料	廃棄物処理、再処理、濃縮
建築・土木	屋根、外壁、港湾設備、橋梁、海底トンネル	酸回収蒸発缶、遠心分離器磁石カバー、放射性廃棄物収納容器
	自動車部品（四輪、二輪）	屋根、外壁、飾り金具、金具類、飾り柱、エクステリア、モニュメント、標識、表札、手摺、配管、防食被覆、鉄筋陰極用電極、工具類など
輸送機器	船舶部品	コンロッド、バルブ、リテーナー、バルブスプリング、ボルト、ナット、ホイール、タンクローリー、マフラー
	鉄道（リニアモーターカー）	構造部材、熱交換器、船体、マスト、水中翼、シュノーケルなど
	鉄道（リニアモーターカー）	パンタグラフ、クライオスタット、超電導モーター、ブレーキなど
民生品	通信・光学機器	カメラ、露光装置、現像装置、電池、海底中継器
	楽器・音響機器	ドラム、スピーカー振動板
	医療・健康機器	人工骨、人工関節、歯科材料、手術器具、ペースメーカー、車椅子、ステッキ、アルカリイオン整水器電極、歯ブラシ、人工心臓弁
	自転車部品	フレーム、リム、スポーク、ペダル
	装飾品、装身具	時計、眼鏡フレーム、アクセサリ、はさみ、ピアス、ネクタイピン、カフスボタン、髭剃り、ライター
	スポーツ・レジャー用品	ゴルフクラブヘッド、ゴルフクラブシャフト、テニスラケット、登山用具（ハーケン、ピッケル、カラビナ、アイゼン）、コップェル、水筒、スキー板、スキーストック、ボブスレー、スバイク、馬蹄、剣道の面、マリナーレジャー用具（釣具、ポンベ、ダイバーナイフ、シーカヤック）
	その他	魔法瓶、中華なべ、フライパン、包丁、家具、筆記具、印鑑、名刺入れ、玩具、酒樽、パソコンケース、消防用はしご、アート

### ③ チタンの評価基準

#### 汎用金属の物質的性質

BEHAVIOR

チタンと他の汎用金属と比較した場合の物理的特性は以下の表に示す。

物性値	純チタン (TP340)	チタン合金 (Ti-6Al-4V)	普通鋼 (SPCC)	ステンレス鋼 (SUS304)	アルミニウム 合金 (A5052P)	マグネシウム 合金 (AZ31)	鋼 (C1020-0)
溶 融 点 (°C)	1,668	1,540 ~ 1,650	1,530	1,400 ~ 1,427	476~638	630	1,083
密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	4.51	4.43	7.90	7.90	2.80	1.77	8.93
線膨張係数 (10 <sup>-6</sup> /K)	8.4	8.8	12.0	17.0	23.0	25.0	17.0
熱伝導率 (W/m·K)	17.0	7.5	63.0	16.0	121.0	159.0	385.0
比 熱 (J/kg·K)	519	585	460	502	662	1,004	385
電気伝導率 (% 対 Cu)	3.1	1.0	18.0	2.4	30.0	40.0	100.0
電気比抵抗 (μΩ·m)	0.550	1.702	0.097	0.720	0.058	0.043	0.017
ヤング率 (Gpa)	106.3	113.2	205.8	199.9	71.5	44.8	107.8

- 性質 ① 比重はアルミニウム合金やマグネシウム合金に比べて大きいですが、鉄の約60%、鋼の約半分と小さくなっている。
- 性質 ② 線膨張係数がステンレス鋼の約半分、アルミニウム合金の3分の1と小さく、温度の変化に対する寸法や形状変化が小さくなっている。
- 性質 ③ 熱伝導率がステンレス鋼の約半分とアルミニウム合金やマグネシウム合金に比べて極端に小さく、密度×比熱で表される体積比熱が低くなっている。したがって、昇温しやすく、熱が伝わりやすくなっている。
- 性質 ④ 電気伝導率が低く、鋼に比べると30倍ほど高い電気抵抗率があるため、ステンレスと同じくらい電気が伝わりにくくなっている。
- 性質 ⑤ ヤング率が、鉄鋼材料の約半分と小さくたわみやすくなっている。
- 性質 ⑥ 切削中に熱で切粉が発火する恐れがある。

これらの代表的な物理特性以外に、非磁性、短い放射能半減期、水素吸蔵性、発足させることができるなどの特徴を持っている。

## ④ チタン加工の問題とよくあるトラブル

### ▶ チタン切削の問題点

ISSUE

チタンは耐食性、耐熱性、高強度などの優れた材料特性を示します。しかし、それらの優れた特性が原因となり、切削時の工具寿命が短くなるため、チタンは難削材に分類されます。

チタンの切削時に起こりやすい問題としては以下の5項目が挙げられます。

### ▶ チタン加工の問題点

- ① 熱伝導率が小さいため、切削時に発生した熱が逃げられずに工具と加工材に蓄積するため工具の磨耗が大きくなる。
- ② 科学的に活性なため、切削速度が増すと切削熱の発生が多くなり、切削部の温度が高くなるため活性度が増し、工具の磨耗が大きくなる。
- ③ 継続的な変形により切りくずが生成されるため、刃先に加わる切削抵抗の変動が大きく、刃先が欠けたり大きく磨耗しやすい。
- ④ ヤング率が小さいため切削したときに加工材が大きく変形しやすく、特に薄物の加工では、加工精度の低下やびびりが生じる。
- ⑤ 磨耗した工具や薄い切りくずが出る条件で切削した場合、熱で切りくずが発火することがある。



### ▶ チタン加工のよくあるトラブル

- ① 工具寿命が著しく短くなる
- ② 加工精度、面粗度が悪くなる
- ③ 切り粉が発火、しいては火災の原因となる。

## ④ チタン加工の問題とよくあるトラブル

### ▶ チタン切削の問題点

ISSUE

チタンは耐食性、耐熱性、高強度などの優れた材料特性を示します。しかし、それらの優れた特性が原因となり、切削時の工具寿命が短くなるため、チタンは難削材に分類されます。

チタンの切削時に起こりやすい問題としては以下の5項目が挙げられます。

### ▶ チタン加工の問題点

- ① 熱伝導率が小さいため、切削時に発生した熱が逃げられずに工具と加工材に蓄積するため工具の磨耗が大きくなる。
- ② 科学的に活性なため、切削速度が増すと切削熱の発生が多くなり、切削部の温度が高くなるため活性度が増し、工具の磨耗が大きくなる。
- ③ 継続的な変形により切りくずが生成されるため、刃先に加わる切削抵抗の変動が大きく、刃先が欠けたり大きく磨耗しやすい。
- ④ ヤング率が小さいため切削したときに加工材が大きく変形しやすく、特に薄物の加工では、加工精度の低下やびびりが生じる。
- ⑤ 磨耗した工具や薄い切りくずが出る条件で切削した場合、熱で切りくずが発火することがある。



### ▶ チタン加工のよくあるトラブル

- ① 工具寿命が著しく短くなる
- ② 加工精度、面粗度が悪くなる
- ③ 切り粉が発火、しいては火災の原因となる。

## ⑤ チタン加工の問題とその対策



### チタン加工の問題とその対策

PROVISION

このような、加工上の問題点やそれに伴う、加工トラブルを発生させるチタンですが、そうした問題の対応策として一般的に、

- ① 切削速度の低下
- ② 切削油による冷却
- ③ 適正工具の選択
- ④ 適正工作機械の選択

の以上の4点が挙げられます。

チタンの材料特性及び切削への影響とそれへの代表的な対応策を下記にまとめます。

