

 **大同特殊鋼株式会社**

東京 〒108-8478 東京都港区港南一丁目6番35号 (大同品川ビル)  
TEL (03) 5495-1285 FAX (03) 5495-6748

 **DAIDO STEEL CO., LTD.**

Tokyo Head office (TITANIUM DIV.)  
Daido Shinagawa Bldg.,  
6-35, 1-chome, Kounan, Minato-ku, Tokyo, 108-8478, Japan  
Tel.81 (JAPAN) 3-5495-1285 Fax.81 (JAPAN) 3-5495-6748

**DAIDO STEEL GROUP**  
**Beyond the Special**

[WWW.daido.co.jp](http://WWW.daido.co.jp)

UC9403a 25.12.0,3 (BBB)

**TITANIUM  
& TITANIUM ALLOY**  
大同のチタン・チタン合金

 **大同特殊鋼 DAIDO STEEL**

TITANIUM

# 未来の、その先へ。大同のチタン・チタン合金。

Toward the Future and One More Step Ahead along with Daido's Titanium & Titanium Alloys.



さまざまな形の未来にむけて夢を語ることのできる金属、それがチタンです。軽量、比強度、高耐食性、生体適合性、非磁性といった優れた特性と、環境にやさしいサイクル指数の高さで、その応用の舞台は大きく広がっています。白金に並ぶ卓越した耐海水性を活かした海水淡水化、発電、石油精製産業への応用。航空宇宙産業、原子力産業、コンピュータ、医療、あるいはゴルフクラブ、調理器具などの身近な製品まで、その可能性はとどまるところを知りません。また大同では、より高品質で複雑な成形を可能にした独自の技術により、さらに多彩なニーズに対応。ますます注目を浴びるチタン&チタン合金の未来に、そして大同のこれからに、ご期待ください。

Titanium, a metal which provides us with a lot of opportunities to talk about our dreams for a variety of our future lives. The application fields of titanium are still expanding owing to its superiority in characteristics such as lightweight, specific strength, high corrosion resistance, biocompatibility, and non-magnetic as well as high recycle index.

Making full use of the superb seawater corrosion resistance which equals that of platinum, titanium is applied in seawater desalination, power generation, and oil refinery industries. It is also used in a various fields, ranging from the aerospace industry, the nuclear

industry, computers, and medical treatment to articles for leisure or daily use like golf clubs and kitchenware. Thus, we cannot find any bound to the potential of titanium.

In addition to the superb characteristics like these, Daido's titanium and titanium alloys can meet further diversified market needs with our unique technology developed for higher-quality and more complex forming.

We, Daido, are sure that you can expect the potential of titanium and titanium alloys which are further coming into the limelight as well as our performance in future.

## INDEX

チタン・チタン合金の特長と用途 Characteristics and Applications	3~6
製造工程 Manufacturing process	7~8
大同のチタン・チタン合金 Daido's titanium and titanium alloys	9~10
チタン合金の特性 Characteristics of titanium alloys	11~12
快削チタン合金の特性 Characteristics of titanium alloys for free cutting	13
高強度β-チタン合金の特性 Characteristics of high strength β-titanium alloy	14
資料・加工法及び耐食性一覧表・チタン及びチタン合金一覧表 List of materials, methods of manufacturing, and level of corrosion resistance. List of titanium and titanium alloys.	15~20

# チタン・チタン合金の特長と用途 Characteristics and Applications

## 軽量・高強度・高耐食性 Lightweight・High strength・Superior Corrosion Resistance

- 航空・宇宙:
  - ・機体構造材
  - ・エンジン部材
  - ・ロケット部品
  - ・ファスナー
- 自動車:
  - ・コンロッド
  - ・バルブ
  - ・スプリング
  - ・リテーナ
  - ・ファスナー
  - ・サスペンション
- 船舶、海洋関連:
  - ・シャフト
  - ・LNG海水クーラ用チューブ
  - ・深海艇用部品
  - ・養魚用網
- 化学、石油化学:
  - ・NaOH電解用電極
  - ・各種製造装置
  - ・反応塔
  - ・蒸留塔
  - ・濃縮機
  - ・熱交換器
  - ・製紙機械部品
- 火力、原子力発電関連:
  - ・復水器用パイプ
  - ・再処理装置
- Aircraft and Equipment for Use in Space Development
  - ・Airframe
  - ・Engine parts
  - ・Rocket parts
  - ・Fastener
- Automobiles
  - ・Connecting rods
  - ・Valves
  - ・Springs
  - ・Vavle Retainer
  - ・Fastener
  - ・Suspension parts
- Ship, Offshore Equipment
  - ・Shafts
  - ・Tubes in LNG coolers using seawater
  - ・Parts for Submarine boat
  - ・Fishing net for Offshore stock farm
- Chemical and Petrochemical Industry Equipment
  - ・Electrodes for NaOH electrolysis
  - ・Equipment to manufacture various chemical products
  - ・Reaction towers for sewage disposal
  - ・Distillation
  - ・Thickeners
  - ・Heat exchangers
  - ・Equipment to manufacture pulpy products
- Nuclear and Thermal power plants
  - ・Condenser tube, pipe and sheets
  - ・Equipment for reprocessing



## ファッション性 Fashions

- スポーツ・レジャー:
  - ・ゴルフ用部品
  - ・テニスラケット
  - ・自転車
  - ・登山道具
  - ・剣道面
  - ・釣り具
- 服飾:
  - ・メガネフレーム
  - ・ネクタイピン
  - ・時計
  - ・カメラ
- 日用品:
  - ・ボット
  - ・アタッシュケース
  - ・ボンベ
  - ・中華鍋
  - ・アイロン
  - ・椅子
- Sports and Leisure
  - ・Golf parts
  - ・Tennis rackets
  - ・parts for Bicycles
  - ・Pickels crampons
  - ・Kendo Mask
  - ・Fishing Tackle
- Accessories
  - ・Frames of Eyeglasses
  - ・Necktie pins
  - ・Watches
  - ・Cameras
- Others
  - ・Vacuum bottle
  - ・Attache case
  - ・Bonbe
  - ・China pan
  - ・Iron
  - ・Chair

## 無毒性・生体適合性 Bio Compatibility

- 医療:
  - ・医療機器
  - ・人工骨
  - ・歯根
  - ・人工心臓弁
  - ・移動ベッド用パイプ
  - ・車椅子
- 食品:
  - ・酒瓶
  - ・整水器用電極
- Medical Equipment
  - ・Parts of Medical Machine
  - ・Artificial bones
  - ・Root of dental
  - ・Pacemakers
  - ・Pipes of Bed
  - ・Wheel chair
- Foods
  - ・Liquor Bottle
  - ・Electrodes for water electrolysis

## Ni-Ti合金形状記憶特性・超弾性 Shape Memory and Super-Elasticity

- 自動車:
  - ・燃料噴射弁用センサー
- 家電:
  - ・センサー
  - ・モーター
  - ・熱駆動体
  - ・携帯電話アンテナ
- 服飾:
  - ・ブラジャー
- Automobiles
  - ・Sensors for fuel injection valve
- Home electric Appliances
  - ・Sensors
  - ・Motors
  - ・Thermal drivers
  - ・Cellular phone's antenna
- Accessories
  - ・Brassiere



人工骨  
Artificial bones

ブラジャー(形状記憶合金)  
Brassiere(shape memory alloys)

六角穴付ボルト  
Bolt with hexagon hole

メガネフレーム  
Eyeglass frame

時計  
Watch

生活の中で、人のそばで、しなやかに、やさしく、チタンは息づいています。  
Titanium — a versatile source of support for a range of modern lifestyles.



自転車用巻きバネ  
Coil spring for bicycle

剣道の面  
Kendo mask

ゴルフクラブヘッド  
Golf club heads

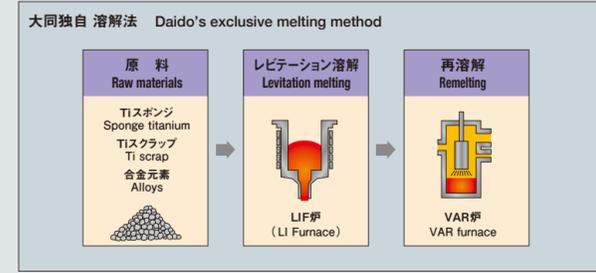
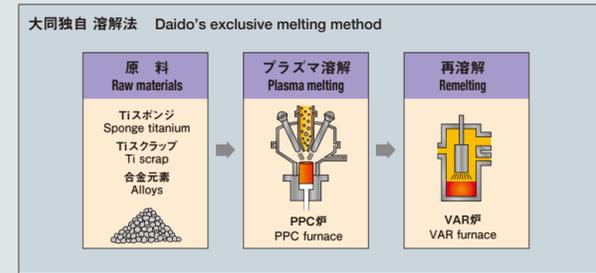
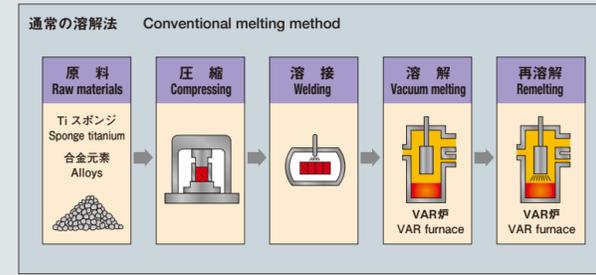
コネクティングロッド  
Connecting rods

自動車用バルブ  
Valves for automobiles

ファンケース  
Fan case



# 製造工程 Manufacturing process

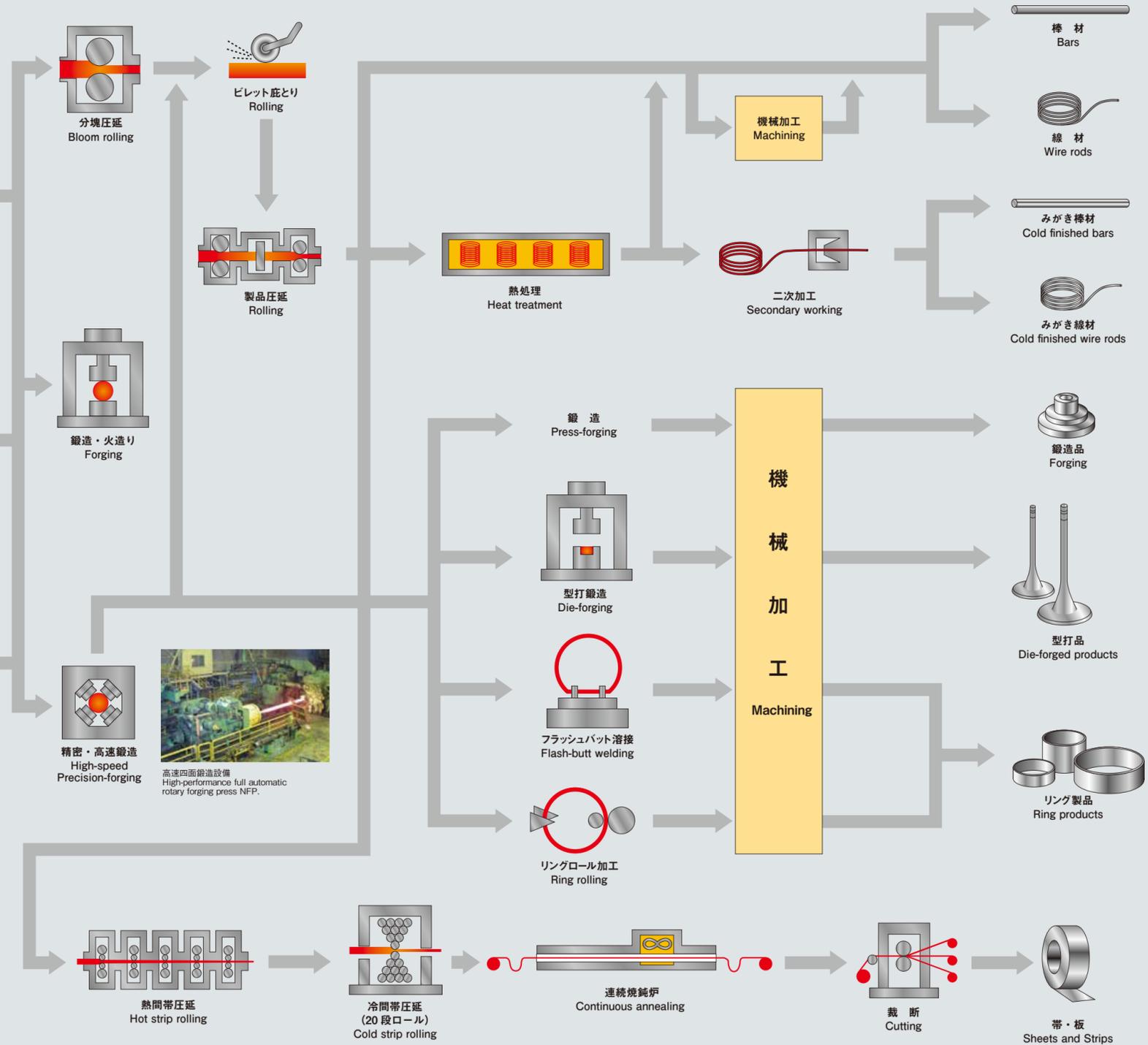


スポンジ・チタンを圧縮、溶接した後、真空アーク溶解を行った通常の溶解法によるインゴットを用いて製造するとともに、大同特殊鋼ではスクラップを大幅に利用した独自のプラズマ溶解・浮遊溶解技術を開発。これにより、コストダウンを果たし、安定供給に大きく寄与することができます。



プラズマ積層凝固炉  
Plasma progressive casting furnace

Daido uses three types of titanium ingots; one is manufactured by the conventional process and others are by our original developed Plasma Progressive Casting process (PPC) and Levitation Induction melting Furnace process (LIF). PPC process and LIF process enable us to use large amount of scraps, help us both reduction of manufacturing costs and stable supply of titanium products.



# 大同のチタン・チタン合金

## Daido's Titanium and Titanium Alloys

### 1. 化学成分 Chemical composition

Daido's brand	Typical corresponding standard	Chemical composition (wt%)									
		N	C	H	Fe	O	Al	V	Ti	Other elements	
Commercially-pure titanium	DT1	JIS Class 1	≦0.03	≦0.08	≦0.013	≦0.20	≦0.15	—	—	Bal	
		ASTM Grade 1	≦0.03	≦0.08	≦0.015	≦0.20	≦0.18	—	—	Bal	
		DIN3.7025	≦0.05	≦0.06	≦0.013	≦0.15	≦0.12	—	—	Bal	
	DT2	JIS Class 2	≦0.03	≦0.08	≦0.013	≦0.25	≦0.20	—	—	Bal	
		ASTM Grade 2	≦0.03	≦0.08	≦0.015	≦0.30	≦0.25	—	—	Bal	
		DIN3.7035	≦0.05	≦0.06	≦0.013	≦0.20	≦0.18	—	—	Bal	
	DT3	JIS Class 3	≦0.05	≦0.08	≦0.013	≦0.30	≦0.30	—	—	Bal	
		ASTM Grade 3	≦0.05	≦0.08	≦0.015	≦0.30	≦0.35	—	—	Bal	
		DIN3.7055	≦0.05	≦0.06	≦0.013	≦0.25	≦0.25	—	—	Bal	
	DT4	JIS Class 4	≦0.05	≦0.08	≦0.013	≦0.50	≦0.40	—	—	Bal	
		ASTM Grade 4	≦0.05	≦0.08	≦0.015	≦0.50	≦0.40	—	—	Bal	
		DIN3.7065	≦0.05	≦0.06	≦0.013	≦0.30	≦0.35	—	—	Bal	
Titanium alloy	DAT5	JIS Class 60	≦0.05	≦0.08	≦0.015	≦0.40	≦0.20	5.50~6.75	3.50~4.50	Bal	
		ASTM Grade 5	≦0.05	≦0.08	≦0.015	≦0.40	≦0.20	5.50~6.75	3.50~4.50	Bal	
		DIN3.7164	≦0.05	≦0.08	≦0.0125	≦0.40	≦0.20	5.50~6.75	3.50~4.50	Bal	
		AMS 4928	≦0.05	≦0.08	≦0.0125	≦0.30	≦0.20	5.50~6.75	3.50~4.50	Bal	
	DAT5E	JIS Class 60E	≦0.03	≦0.08	≦0.0125	≦0.25	≦0.13	5.50~6.50	3.50~4.50	Bal	Y ≦ 0.005
		ASTM F136	≦0.05	≦0.08	≦0.012	≦0.25	≦0.13	5.50~6.50	3.5~4.5	Bal	
		AMS 4930	≦0.05	≦0.08	≦0.0125	≦0.25	≦0.13	5.50~6.50	3.50~4.50	Bal	Y ≦ 0.005
	DAT67	ASTM F1295	≦0.05	≦0.08	≦0.009	≦0.25	≦0.20	5.50~6.50	—	Bal	Nb 6.50~7.50 Ta ≦ 0.50
	DAT52	JIS Class 61	≦0.03	≦0.08	≦0.015	≦0.25	≦0.15	2.50~3.50	2.00~3.00	Bal	
		ASTM Grade 9	≦0.03	≦0.08	≦0.015	≦0.25	≦0.12	2.50~3.50	2.00~3.00	Bal	
	DAT52F	JIS Class 61F (Material for free cutting)	≦0.05	≦0.10	≦0.015	≦0.30	≦0.20	2.70~3.50	1.60~3.40	Bal	S 0.05~0.20 REM 0.05~0.70
	DAT51	JIS Class 80 (Material for cold working)	≦0.05	≦0.10	≦0.015	≦1.00	≦0.25	3.50~4.50	20.0~23.0	Bal	
	DAT54	Daido original standard	≦0.05	≦0.20	≦0.015	≦1.00	≦0.25	5.5~6.5	—	Bal	Si 0.2~0.7, Mo 2.5~3.5, Sn 3.0~4.5, Zr 3.0~4.0, Nb 0.4~1.0
	DAT55G	Daido original standard	≦0.05	≦0.10	≦0.015	≦1.00	≦0.25	3.5~4.5	15.0~17.0	Bal	Cr 5.0~7.0
	DAT56M	Daido original (CATi)	≦0.05	≦0.10	≦0.015	0.4~1.5	≦0.30	2.5~3.5	—	Bal	Cr 12.5~14.5
	DAT57M	Daido original (VLTi)	≦0.05	≦0.10	≦0.015	0.4~1.5	≦0.30	5.5~6.5	—	Bal	
	DAT15G	AMS4914	≦0.05	≦0.05	≦0.015	≦0.25	≦0.13	2.5~3.5	14.0~16.0	Bal	Cr 2.5~3.5 Sn 2.5~3.5

注) 化学成分は、各規格と年度とRev.により異なりますので該当規格を確認願います。  
Note. Chemical composition may be differed yearly. Please confirm revised year of standards prior purchasing.

### 2. 機械的性質 Mechanical properties

Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	0.2% Yield strength (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Reduction of area (%)	180° bending (inner radius)	Hardness (HB)	Heat treatment condition
270~410	≧165	≧27	—	2T	≧100	Annealing
≧240	≧170	≧24	≧30	—	—	Annealing
290~410	≧180	≧30	—	—	—	Annealing
340~510	≧210	≧23	—	2T	≧100	Annealing
≧345	≧275	≧20	≧30	—	—	Annealing
390~540	≧250	≧22	—	—	—	Annealing
480~620	≧345	≧18	—	3T	≧150	Annealing
≧450	≧380	≧18	≧30	—	—	Annealing
460~590	≧320	≧18	—	—	—	Annealing
550~750	≧485	≧15	—	3T	≧180	Annealing
≧550	≧483	≧15	≧25	—	—	Annealing
540~740	≧390	≧16	—	—	—	Annealing
≧895	≧825	≧10	≧25	—	—	Annealing
≧895	≧828	≧10	≧25	—	—	Annealing
≧900	≧830	≧10	≧25	—	—	Annealing
≧896	≧827	≧10	≧25	—	—	Annealing
≧825	≧755	≧10	≧25	—	—	Annealing
≧825	≧760	≧8	≧15	—	—	Annealing
≧825	≧760	≧8	≧15	—	—	Annealing
≧900	≧800	≧10	≧25	—	—	Annealing
≧620	≧485	≧15	≧30	—	—	Annealing
≧620	≧483	≧15	≧25	—	—	Annealing
≧650	≧600	≧10	≧25	—	—	Annealing
640~900	≧850	≧10	≧55	—	—	Solution
≧895	≧825	≧5	≧10	—	—	Annealing
770~1050	≧1000	≧10	≧25	—	—	Solution
850~1100	≧1050	≧10	≧25	—	—	Solution
≧895	≧825	≧10	≧25	—	—	Annealing
703~945	689~869	≧12	—	—	—	Solution

注) 機械的性質の保証値を表示しておりますので、個々に該当規格を確認願います。  
Note. The above figures are shown typical mechanical properties. Please confirm revised year of standards prior purchasing.

# チタン合金の特性

## Characteristics of Titanium Alloys

### 1. チタン合金の基本特性 [他材料との比較]

#### Basic physical properties of Titanium Alloys [compared to other materials]

Metal	Atomic number	Atomic weight	Specific gravity	Melting point (°C)	Linear expansion coefficient (/°C)	Specific heat (J/°C/g)	Thermal conductivity (W/m/°C)	Electric resistance ( $\times 10^{-8} \Omega m$ )	Young's modulus (GPa)	Poisson's ratio
Titanium	22	47.90	4.5	1,668	$8.4 \times 10^{-6}$	0.52	17.1	55	106	0.34
DAT5	—	—	4.43	1,594	$8.8 \times 10^{-6}$	0.54	7.1	171	111	0.32
DAT51	—	—	4.69	—	$8.0 \times 10^{-6}$	0.54	6.7	148	80	—
DAT52	—	—	4.48	—	$9.3 \times 10^{-6}$	0.54	10.5	125	100	—
DAT52F	—	—	4.48	—	$9.3 \times 10^{-6}$	0.54	10.5	125	100	—
Iron	26	55.85	7.9	1,530	$12 \times 10^{-6}$	0.46	62.8	9.7	206	0.31
18-8 Stainless steel (SUS304)	—	—	7.9	1,400 ~ 1,420	$17 \times 10^{-6}$	0.50	16.3	72	200	0.3
Aluminum	13	26.97	2.7	660	$23 \times 10^{-6}$	0.88	205	2.7	69	0.33
Aluminum alloy (7075)	—	—	2.8	476 ~ 638	$23 \times 10^{-6}$	0.96	121	5.8	72	0.33
Magnesium	12	24.32	1.7	650	$25 \times 10^{-6}$	1.00	159	4.3	45	0.35
Nickel	28	58.69	8.9	1,453	$15 \times 10^{-6}$	0.46	92.0	9.5	206	0.30
Hastelloy C	—	—	8.9	1,305	$11.3 \times 10^{-6}$	0.38	12.6	130	205	—
Copper	29	63.57	8.9	1,083	$17 \times 10^{-6}$	0.38	385	1,724	108	0.34

#### ●Mechanical properties

	DAT52F	DAT52	DAT5	S45C-HT
Tensile strength (MPa)	824	814	1030	785
Specific strength (MPa)	184	182	233	99
Elongation (%)	16	17	20	25
Reduction of area (%)	38	42	52	55
Charpy impact value (J/cm <sup>2</sup> )	29	118	39	98
Fatigue strength, smooth specimen (MPa)	471	461	588	422
Fatigue strength, notched specimen (MPa)	284	284	314	216

Specific strength = Tensile strength / Specific gravity  
Notch:  $\alpha k = 1.8$

#### 比強度 (DAT5)

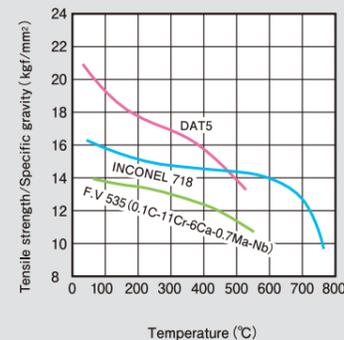
比強度と温度との関係は、下図のとおりです。  
400°C以下の範囲については、ニッケル合金よりも高い数値を示します。

#### Specific Strength (DAT5)

The graph and equation below indicate the relationship between specific strength and temperature, where titanium alloy proves itself superior to nickel alloy in specific strength in the area below 400°C.

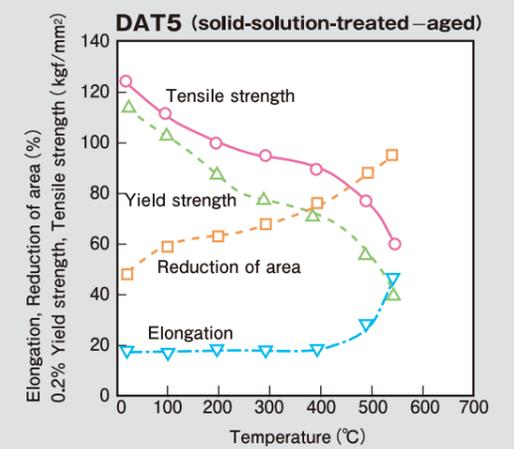
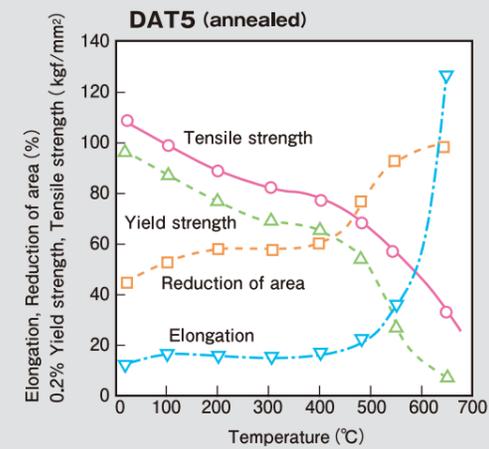
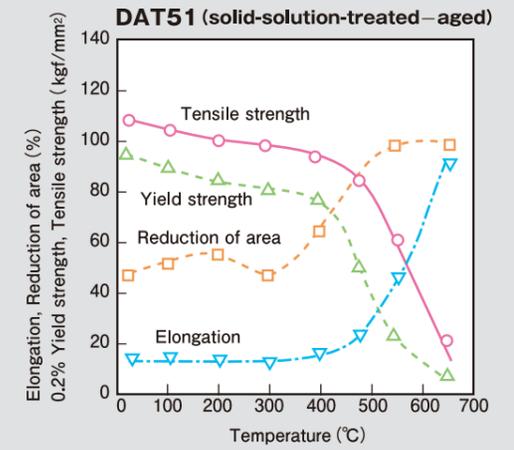
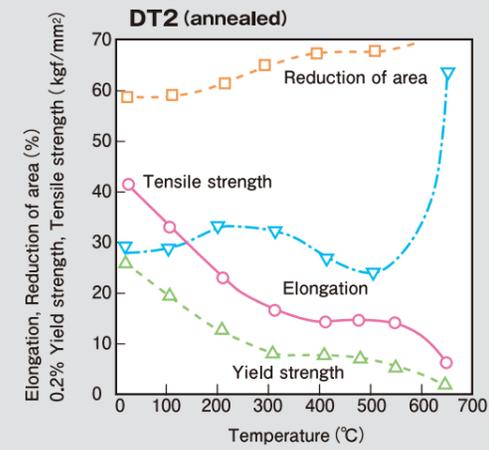
比強度と温度との関係  
Relationship between specific strength and temperature

(注) 比強度 =  $\frac{\text{引張強さ}}{\text{比重}}$   
Specific strength =  $\frac{\text{Tensile strength}}{\text{Specific gravity}}$



### 2. チタンの高温下での引張特性

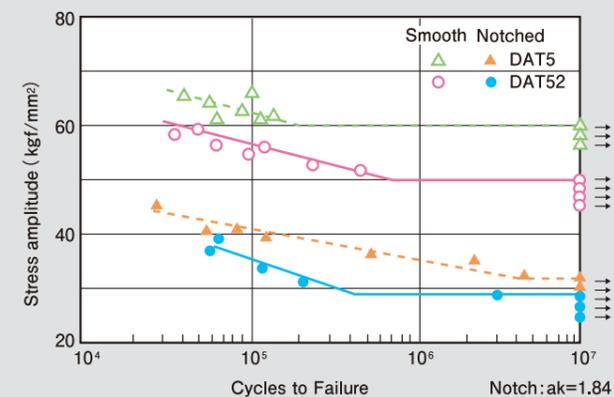
#### Tensile properties of Titanium at high temperatures



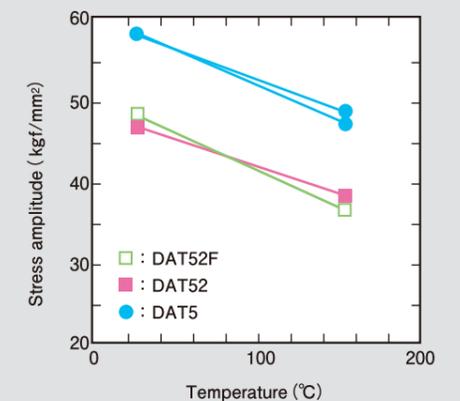
### 3. チタン合金の疲労特性

#### Fatigue properties of Titanium Alloys

##### ●Fatigue strength (回転曲げ疲労試験)



##### ●Fatigue strength in warm condition



# 快削チタン合金の特性

## Characteristics of Titanium Alloys for free cutting

### 快削チタン合金の特徴

- (1) チタン合金に比べて被削性が優れています。ドリル加工においてはベース材に比べて50%~70%の加工能率の向上が期待されます。超硬工具による旋削加工では20%~30%の向上が期待されます。また、切りくずの破碎性に優れていますので、切りくずの処理が簡単になり、無人化に寄与します。
- (2) 機械的性質や疲れ強さはベース材とほぼ同等であり、チタン合金が使用されている部品にそのまま使用することが可能です。
- (3) 耐食性もベース材とほぼ同等であり、ステンレス鋼に比べて優れています。
- (4) 熱間加工性はベース材とほぼ同等ですが、被削性の点からは、ベース材よりやや高い温度で鍛造することが望ましいと考えられます。

### Free-cutting titanium alloy features

- (1) Superior machinability compared to conventional titanium alloy. Drilling efficiency can be improved by 50 to 70% when compared to conventional titanium and titanium alloy. For turning, 20-30% improvement can be expected when used with carbide tools. Excellent crushing capability for chips simplifies disposal and contributes significantly to unmanned operations.
- (2) Mechanical properties and fatigue strength practically equal to those of conventional titanium alloy. They can, therefore, be easily exchanged when used as components.
- (3) Corrosion resistance superior to stainless steel and practically same as conventional titaniums.
- (4) Hot work capability is practically equal to conventional titaniums. However, for better machinability, forging with a slightly higher temperature is advisable.

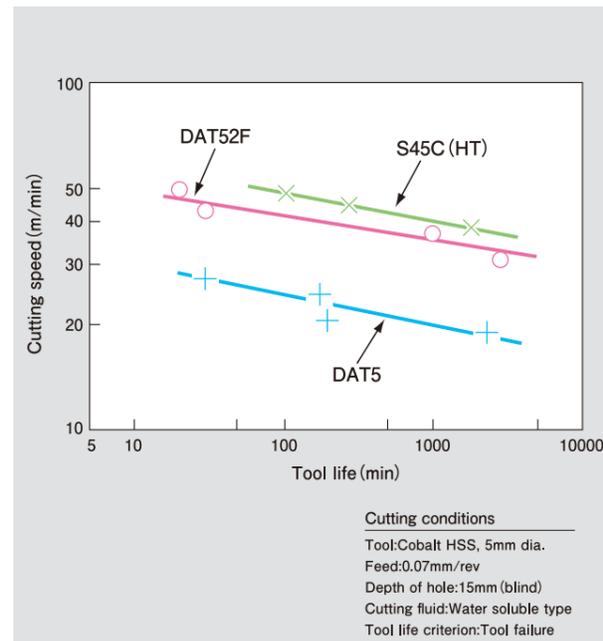


図1. 快削チタン合金のドリル寿命曲線  
Fig. 1 Drill life with free-cutting titanium alloy

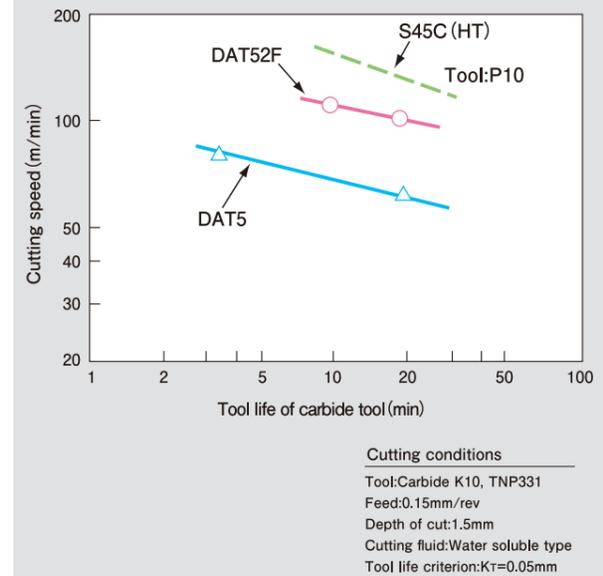


図2. 快削チタン合金の超硬工具寿命曲線  
Fig. 2 Carbide tool life with free-cutting titanium alloy

# 高強度β-チタン合金の特性

## Characteristics of high strength β-Titanium Alloy

### DAT51 (Ti-22V-4Al)

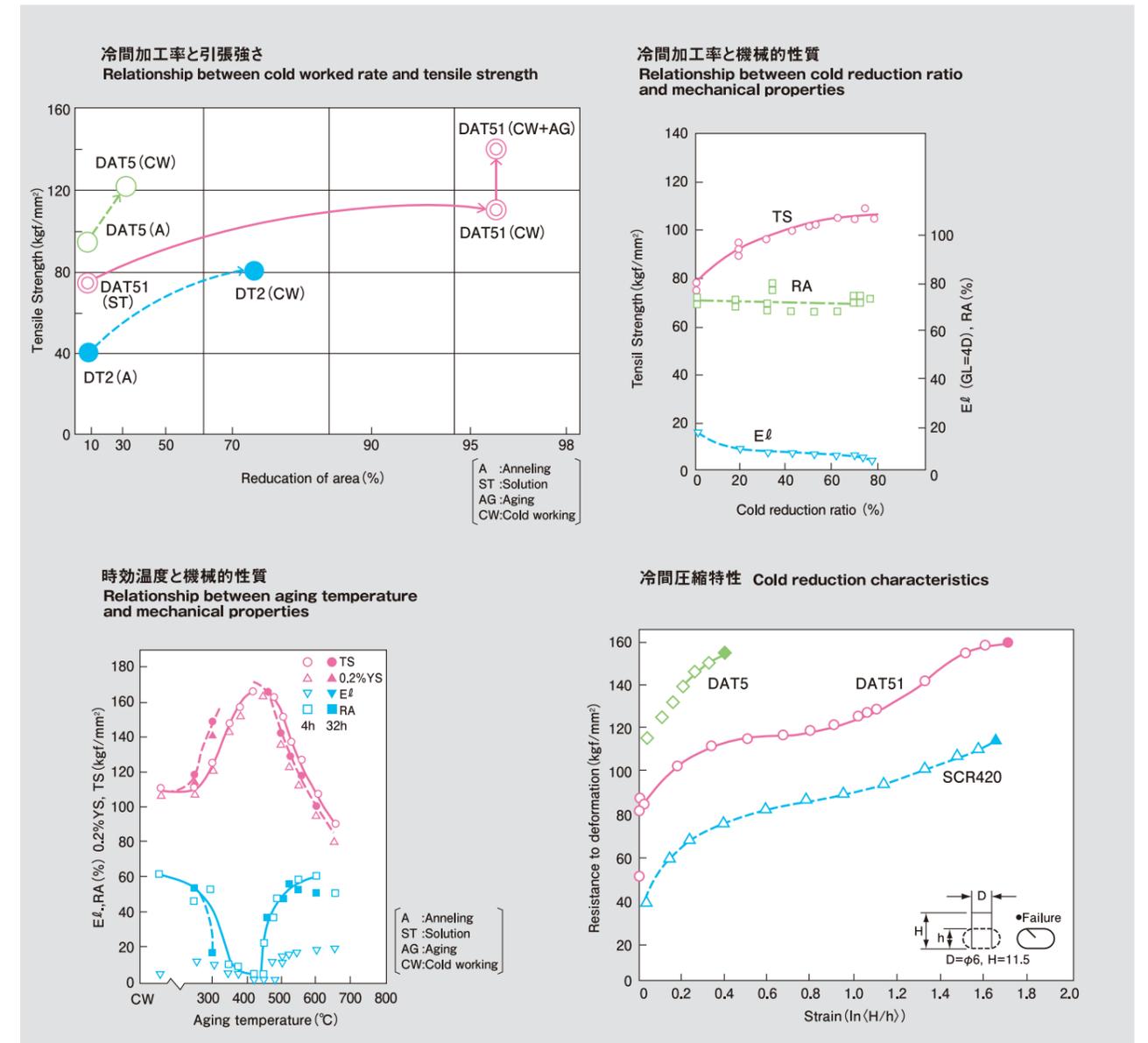
#### 1. 特長

- 冷間加工性にきわめてすぐれている。
- 冷間加工によりTi-6Al-4V以上の強度が得られ、さらに時効処理を施すことによって強度を向上することができる。

#### 1. Features

- Superior cold workability.
- Strength exceeds that of Ti-6Al-4V after cold working and is even greater after additional aging treatment.

#### 2. 特性 Characteristics



#### 3. 適用部品例

バルブ・スプリング、バルブ・スプリング・リテーナ、サスペンション・スプリング、ボルト、ネジなど。

#### 3. Sample of applicable components

Valve spring, valve spring retainer, suspension spring, bolt, screw, etc.

# 資料・加工法及び・耐食性一覧表・チタン及びチタン合金一覧表

## List of materials, methods of manufacturing, and level of corrosion resistance. List of titanium and titanium alloys.

### 1. 溶接

チタンは非常に活性な金属です。そのため、溶接中に大気等と反応しやすく、また種々の酸化物、油脂、水分、ほこり、および異種金属などの不純物と結合して化合物をつくり、溶接部の延性を低下させます。同時に、ブローホールの発生原因となったり、耐食性を劣下させたりすることがあります。したがって溶接時には、完全シールドはもちろんのこと、溶接材料、作業環境も、十分清浄化する必要があります。

### 1. Welding

Titanium is an extremely active metal. Consequently, it easily reacts to the atmosphere and other, etc. during welding. Harmful chemical reactions occur when it comes into contact with various impurities, such as different metals, dust, moisture, oil and grease and various oxides. This can often serve to reduce the ductility of any welded zones. At the same time, a deterioration in corrosion resistance and the emergence of factors leading to the occurrence of blow holes can also arise. Therefore, when welding, it is necessary to maintain a clean working environment, use clean welding materials and, of course, to totally seal the titanium.

### 2. 熱処理

チタンを600℃以上に加熱する場合は、真空中、あるいは不活性ガス雰囲気を使用します。また、大気加熱した場合は、脱スケールを行いません。

- 応力除去焼なまし 480～590℃ ¼～4時間
- 焼なまし 650～760℃ ¼～8時間

一般に、温度が高い場合は時間を短くします。棒、鍛造品の場合、50mmあたり1時間、薄物では、1mmあたり2～3分が目安になります。また、水素吸収をさけるため、炉内を酸性雰囲気保つ必要があります。

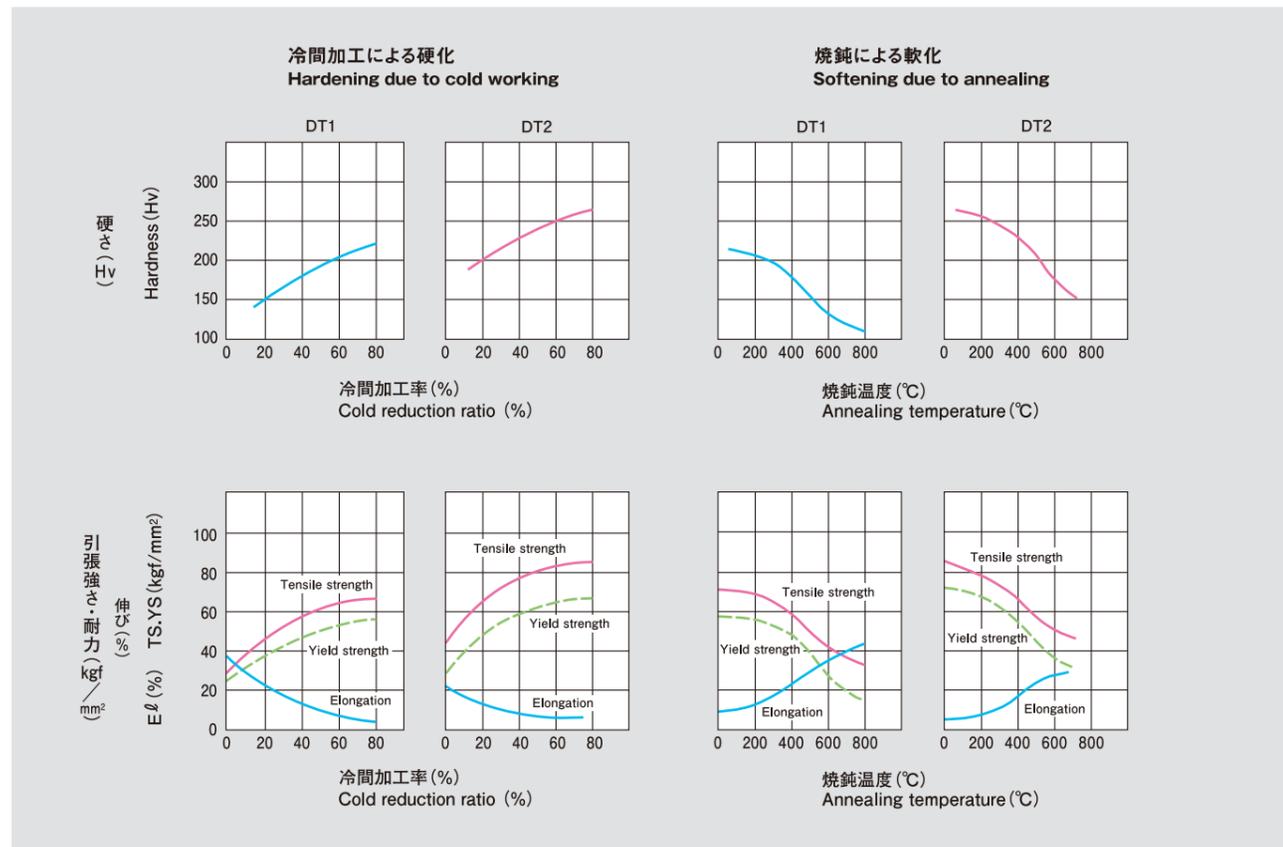
### 2. Heat Treatment

When heating titanium to temperatures in excess of 600℃, a vacuum or an environment of inert gas should be used. However, if heated in the atmosphere, descaling should be carried out.

- Stress-relief Annealing : 480-590℃ for 1/4 to 4 hrs.
- Annealing : 650-760℃ for 1/10 to 8 hrs.

generally, the period where titanium is kept at a high temperature should be minimized. For bars and forgings, one hour per 50mm is advised. For thinner materials, 2-3 minutes per millimeter is usual. Moreover, in order to avoid hydrogen absorption, it is necessary to maintain an oxydized atmosphere in the furnace.

### 冷間加工硬度と焼鈍軟化性 Hardening due to Hot Working and Softening due to Annealing



### 3. 加工法

#### ①成形加工

焼鈍されたチタン板の曲げ、絞り是比较的簡単ですが、曲げ内半径は、DT1、DT2は板厚の2倍以上、DT3は3倍以上にすると安全です。チタンはスプリングバックが大きく、工具とカジリを起こしやすいので、成形速度を遅くして、潤滑剤、ビニール被膜を使用してください。冷間加工が困難な場合は、500～650℃の温間で加工がよく、成形性はSUS304とSUS430の間程度です。

#### ②機械加工

切削速度は遅く、送りはやや粗くしてください。切削剤は、刃先温度の上昇を防ぐため、冷却を主に考えて選んでください。また、工具の交換は早目に行なってください。

### 3. Processing

#### ① Forming

The bending and drawing of annealed titanium sheets are relatively simple. However, it is best to have the bending radius over twice the thickness of the sheet in the case of DT1 and DT2, and over three times that in the case of DT3. Since titanium has a great spring back property, it is easy to gall with the tool used to work it. Therefore, the forming rate should be reduced, and lubricants and vinyl coatings used. When cold working is a problem, it is good to carry out processing at a temperature range between 500 and 650℃, where formability is in the intermediate range of SUS 304SS and 430SS.

#### ② Machining

The machining rate should be low, with the feed rate also maintained at a somewhat reduced level. Since it is of the utmost importance to prevent the cutting edge of the tool from overheating, a cutting fluid particularly excellent in cooling quality should be used. Also earlier replacement of the cutting edges is advised.

#### (1) 施削

- (A) チタン
- 表1に工具形状、表2に旋削条件を示す。
- 工具刃先は常に鋭いことが望ましく、フランク摩耗(にげ面の摩耗)が、超硬で0.4mm、ハイスで0.8mmを目安に交換してください。
- チタンは切粉が連続しやすいので、チップブレーカーをつけてください。

#### (1) Turning:

- (A) Titanium
- Table 1 indicates tool shape; Table 2 indicates turning conditions.
- It is advised to maintain the sharpness of all cutting tools, replacing the cutting edge when the flank abrasion is a standard 0.4mm for hard metals, and 0.8mm for high speed steel tools.
- Because it is easy to generate one continuous chip when turning titanium, please use a chip breaker.

表1. 旋削の工具形状  
Table 1. Shapes of Turning Tool

	Roughing		Finishing	
	Carbide tool	High speed steel	Carbide tool	High speed steel
Top rake	5~5	0~5	0~5	0~5
Side rake	0~6	0~5	0~15	0~5
Back clearance angle	5~10	5~7	5~10	5~7
Side clearance angle	5~10	5~7	5~10	5~7

表2. 旋削条件  
Table 2. Turning Conditions

	Materials	Roughing		Finishing	
		Carbide tool	High speed tool	Carbide tool	High speed tool
Machining rate m/min	DT1, 2 DT 3	130 75	60 30	150 80	75 33
Feed rate mm/rev	various	0.38		0.18	
Depth of cut mm/rev	various	3.8		0.63	

#### (B) チタン合金

- チタン合金は、適切な切削加工条件を選定して切削する必要があります。代表的旋削条件を表3に示します。

#### (B) Titanium alloy

- Suitable machining conditions must be chosen when titanium alloy are machined. Table 3 presents some typical turning conditions.

表3. 旋削条件  
Table 3. Turning Conditions

Depth of cut mm	Carbide tool			High speed steel tool		
	Machining rate m/min	Feed rate mm/rev	Tool	Machining rate m/min	Feed rate mm/rev	Tool
1	52	0.13	K10	21	0.13	S 9 S11
4	44	0.20	K10	18	0.25	S 9 S11
8	34	0.25	K10 (K20)	15	0.40	S 9 S11

#### (2) ドリル加工

- 表4にチタンのドリル加工条件、表5にチタン合金のドリル加工条件をそれぞれ示します。

#### (2) Drilling:

- Table 4 and 5 show the drilling conditions for titanium (C.P.) and titanium alloys respectively.

表4. チタンのドリル孔明条件  
Table 4. Drilling Conditions for Titanium(C.P.)

	Materials	Drill dia (mm)						
		3.0	6.0	12.0	20.0	25.0	40.0	50.0
Machining rate m/min	DT1, 2 DT 3	30 15						
Feed rate mm/rev	DT1, 2 DT 3	0.015 0.05	0.06 0.13	0.15	0.18	0.20	0.20	0.30

表5. チタン合金のドリル孔明条件  
Table 5. Drilling Conditions for Titanium Alloy

Drill dia	mmφ	3	6	12	18	25
Feed rate	mm/rev	0.05	0.10	0.15	0.18	0.20

4. 耐食性一覧表

薬品名	濃度 (%)	温度 (°C)	チタン	ジルコニウム	ハステロイC	316ステンレス
塩酸	1	室温 Boiling	A B	A A	A C	A C
	5	室温 Boiling	A C	A A	B C	C C
	10	室温 Boiling	B C	A A	B C	C C
	20	室温 Boiling	C	A A	B C	C C
	35	室温 Boiling	C	A A	A C	C C
塩酸 + 硝酸	1:3 2:1	室温	A A	C		
	3:1	"	A A	C		C
	4:1	"	A A			
	7:1	"	A A			
	20:1	"	A A			
3.5% HCl + 0.5% HNO <sub>3</sub> 3.5% HCl + 0.5% FeCl <sub>3</sub>		室温	A			
		"	A	B		
硫酸	5	室温 Boiling	A C	A A	A B	A C
	10	室温 Boiling	B	A A	A C	C C
	60	室温 Boiling	B	A	A C	C C
	80	室温 Boiling	C	C C	A C	C C
	95	室温 Boiling	C	C C	A C	B C
硫酸 + 硝酸	10:90 80:70	室温	A A	A A		
	50:50	"	A A	A C		
	60:40	"	A A	A C		
80% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 0.5% HNO <sub>3</sub> 10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 0.5% CuSO <sub>4</sub> 15% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2% 硫酸ソーダ + 0.5% チオ硫酸ソーダ 10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 24% 硝酸 + 1% 硫酸亜鉛 + H <sub>2</sub> S吹込		室温	A			
		"	A			
		"	A			
		"	A			
		"	A			
硝酸	37	室温 Boiling	A A	A A	A C	A A
	64	室温 Boiling	A A	A A	A C	A B
王水	IHNO <sub>3</sub> + 3HCl	室温 Boiling	A A	C C	A C	C C
	20	室温 Boiling	A A	A A	A	
リン酸	10	室温 Boiling	A C	A A	A A	A A
	30	室温 Boiling	A C	A A	A B	A A
	50	室温 Boiling	B C	A A	A B	A A
酢酸	100	室温 Boiling	A A	A A	A A	A A
ギ酸	50	室温 Boiling	A C	A A	A A	C C
シュウ酸	5	室温 Boiling	A C	A A	B	
	10	室温 Boiling	B C	A A	A B	B C

(注) A: 完全耐食、浸食度 0.127mm/year 以下 B: 使用可能耐食、浸食度 0.127~1.27mm/year C: 耐食性不可、浸食度 1.27mm/year 以上

4. Corrosion Resistance of Various Metals to Various Chemicals

Chemicals	Concentration (%)	Temperature (°C)	Titanium	Zirconium	Hastelloy C	316 Stainless
Hydrochloric acid	1	Room temp Boiling	A B	A A	A C	A C
	5	Room temp Boiling	A C	A A	B C	C C
	10	Room temp Boiling	B C	A A	B C	C C
	20	Room temp Boiling	C	A A	B C	C C
	35	Room temp Boiling	C	A A	A C	C C
Hydrochloric acid + Nitric acid	1:3 2:1	Room temp	A A	C		
	3:1	"	A A	C		C
	4:1	"	A A			
	7:1	"	A A			
	20:1	"	A A			
3.5% HCl + 0.5% HNO <sub>3</sub> 3.5% HCl + 0.5% FeCl <sub>3</sub>		Room temp	A			
		"	A	B		
Sulfuric acid	5	Room temp Boiling	A C	A A	A B	A C
	10	Room temp Boiling	B	A A	A C	C C
	60	Room temp Boiling	B	A	A C	C C
	80	Room temp Boiling	C	C C	A C	C C
	95	Room temp Boiling	C	C C	A C	B C
Sulfuric acid + Nitric acid	10:90 80:70	Room temp	A A	A A		
	50:50	"	A A	A C		
	60:40	"	A A	A C		
80% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 0.5% HNO <sub>3</sub> 10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 0.5% CuSO <sub>4</sub> 15% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2% Sodium sulfide + 0.5% Sodium thiosulfate 10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 24% Nitric + H <sub>2</sub> S blown		Room temp	A			
		"	A			
		"	A			
		"	A			
		"	A			
Nitric acid	37	Room temp Boiling	A A	A A	A C	A A
	64	Room temp Boiling	A A	A A	A C	A B
Aqua regia	IHNO <sub>3</sub> + 3HCl	Room temp Boiling	A A	C C	A C	C C
	20	Room temp Boiling	A A	A A	A A	
Phosphoric acid	10	Room temp Boiling	A C	A A	A A	A A
	30	Room temp Boiling	A C	A A	A B	A A
	50	Room temp Boiling	A C	A A	A B	A A
Acetic acid	100	Room temp Boiling	A A	A A	A A	A A
Formic acid	50	Room temp Boiling	A C	A A	A A	C C
Oxalic acid	5	Room temp Boiling	A C	A A	B	
	10	Room temp Boiling	B C	A A	A B	B C

(Note) A: Resistant (max. erosion rate of 0.127mm/year) B: Practically resistant (an erosion rate of 0.127-1.27mm/year) C: Irresistible (an erosion rate of 1.27 and over)

## 5. チタン及びチタン合金一覧表

組成(公称, wt.%)	状態*1	常温における引張性質*2			特長	備考 (主な関連規格及び商品規格)
		引張強さ (MPa,N/mm <sup>2</sup> )	0.2%耐力 (MPa,N/mm <sup>2</sup> )	伸び(%)		
純チタン						
JIS 1種	焼鈍	270~410	165以上	27以上	成形性	ASTM G1,DT1
JIS 2種	焼鈍	340~510	215以上	23以上	汎用性の高い代表的品種	ASTM G2,AMS 4902,DT2
JIS 3種	焼鈍	480~620	345以上	18以上	中強度	ASTM G3,AMS 4900,DT3
JIS 4種	焼鈍	550~750	485以上	15以上	高強度	ASTM G4,AMS 4901,4921,DT4
耐性合金						
0.15%Pd (JIS 11種)	焼鈍	270~410	165以上	27以上	耐隙間腐食性	ASTM G7
0.15%Pd (JIS 12種)	焼鈍	340~510	215以上	23以上	耐隙間腐食性	
0.15%Pd (JIS 13種)	焼鈍	480~620	345以上	18以上	耐隙間腐食性	
α合金						
5Al-2.5Sn	焼鈍	828以上	795以上	10以上	溶接性、耐熱性	ASTM G6,AMS 4926,4966
5Al-2.5Sn ELI	焼鈍	686以上	618以上	10以上	低温靱性、溶接性、耐熱性	AMS 4909,4924
Near-α合金						
8Al-1Mo-1V	STA	896以上	827以上	10以上	耐熱性	AMS 4915,4916,4955,4972,4973
6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.08Si	STA	896以上	827以上	10以上	耐熱性	AMS 4975,4976
α-β合金						
3Al-2.5V (JIS 61種)	焼鈍	620以上	485以上	15以上	冷間加工性	ASM 4943, DAT52
3Al-2V-S (JIS 61F種)	焼鈍	650以上	600以上	10以上	快削性	DAT52F, JIS H4650
6Al-4V (JIS 60種)	焼鈍	895以上	825以上	10以上	汎用性の高い代表的合金	JIS H4657, ASTM G5 AMS 4911,4920,4928,4934,4935,4932, 4954,4956,4965,4967, DAT5
6Al-4V ELI (JIS 60E種)	焼鈍	825以上	755以上	10以上	低温靱性	JIS H4670, AMS 4907,4930, 4931, DAT5E
6Al-7Nb	焼鈍	900以上	800以上	10以上	生体適合性	ASTMF 1295, DAT67
6Al-6V-2Sn	焼鈍(STA)	1068以上 (1206以上)	999~1172以上 (1103以上)	8(8)以上	焼入性	AMS 4918,4971,4978,4979, 4936,4937
6Al-2Sn-4Zr-6Mo	STA	1172以上	1103以上	10以上	耐クリープ性	AMS 4981
Near-β合金						
5Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr	STA	1137~1275	1068~1206	5以上	高強度、靱性、 疲労強度、耐クリープ性	AMS 4995, Ti-17
10V-2Fe-3Al	STA	1193以上	1103以上	4以上	高強度、靱性、 高疲労強度、焼入性	AMS 4983,4984,4986,4987
β合金						
22V-4Al (JIS 80種)	ST	640~900	850以下	10以上	冷間加工性、時効硬化性大	DAT51, JIS H4600
13V-11Cr-3Al	ST(STA)	896以上 (1241~2069)	827以上(-)	8(4)以上	時効硬化性大	AMS 4917,4959
3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr	STA	1447以上	1378以上	7以上	冷間加工性、時効硬化性大	AMS 4957,4958, βC
11.5Mo-6Zr-4.5Sn	ST(STA)	758以上 (1240以上)	620以上 (1206以上)	15(8)以上	冷間加工性、時効硬化性大	AMS 4977,4980, βIII
15Mo-2.7Nb-3Al-0.2Si	ST(STA)	1068(1275) (代表値)	965(1206) (代表値)	13(5) (代表値)	耐酸化性、冷間加工性、 時効硬化性大	Beta 21S
15V-3Cr-3Sn-3Al	ST(STA)	703~945 (1000以上)	689~869 (965)	12(7)以上	冷間加工性、時効硬化性大	AMS 4914,4922, DAT15G
その他	50Nb及び53.5Nb(超電導)、55Ni(形状記憶合金)、56Ni(超弾性)、TiAl,Ti,Al(金属間化合物、耐熱性)					

\*1. STA:溶体化時効処理、ST:溶体化処理 \*2. 規格、製品形状、寸法、加工、熱処理により異なることがある。

### ご注意とお願い

本資料に記載されている技術的な情報の誤った理解、または、不適切な判断等で生じた損害につきましては、責任を負いかねますのでご了承下さい。  
また、本資料記載の情報は今後、予告なしに変更される場合がありますので、最新の情報については、各担当部署にお問い合わせ下さい。  
なお、本資料に記載された内容の無断転載や複製はご遠慮願います。

## 5.List of Titanium and Titanium Alloys

Composition(Nomial,wt%)	Treatment	Tensile Characteristics			Properties	Note (related standard and product standard)
		Tensile Strength (MPa,N/mm <sup>2</sup> )	02% Proof Strength (MPa,N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)		
Pure titanium						
JIS Class 1	Annealing	270~410	165 and over	27 and over	Molding ease	ASTM G1,DT1
JIS Class 2	Annealing	340~510	215 and over	23 and over	Common type for general use	ASTM G2,AMS 4902,DT2
JIS Class 3	Annealing	480~620	345 and over	18 and over	Intermediate rigidity	ASTM G3,AMS 4900,DT3
JIS Class 4	Annealing	550~750	485 and over	15 and over	High rigidity	ASTM G4,AMS 4901,4921,DT4
Anti-corrosion alloy						
0.15%Pd (JIS Class 11)	Annealing	270~410	165 and over	27 and over	Corrosion resistance for gaps	ASTM G7
0.15%Pd (JIS Class 12)	Annealing	340~510	215 and over	23 and over	Corrosion resistance for gaps	
0.15%Pd (JIS Class 13)	Annealing	480~620	345 and over	18 and over	Corrosion resistance for gaps	
α alloy						
5Al-2.5Sn	Annealing	828 and over	795 and over	10 and over	Welding capability,heat resistance	ASTM G6,AMS 4926,4966
5Al-2.5Sn ELI	Annealing	686 and over	618 and over	10 and over	Low-temperature casting capability, welding capability,heat resistance	AMS 4909,4924
Near-α alloy						
8Al-1Mo-1V	STA	896 and over	827 and over	10 and over	Heat resistance	AMS 4915,4916,4955,4972,4973
6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.08Si	STA	896 and over	827 and over	10 and over	Heat resistance	AMS 4975,4976
α-β alloy						
3Al-2.5V (JIS Class 61)	Annealing	620 and over	485 and over	15 and over	Manageability under low temperature	ASM 4943, DAT52
3Al-2V-S (JIS Class 61F)	Annealing	650 and over	600 and over	10 and over	Cutting ease	DAT52F, JIS H4650
6Al-4V (JIS Class 60)	Annealing	895 and over	825 and over	10 and over	Common type for general use	JIS H4657, ASTM G5 AMS 4911,4920,4928,4934,4935,4932, 4954,4956,4965,4967, DAT5
6Al-4V ELI (JIS Class 60E)	Annealing	825 and over 900 and over	755 and over 800 and over	10 and over 10 and over	Low-temperature casting capability	JIS H4670, AMS 4907,4930, 4931, DAT5E
6Al-7Nb	Annealing				Biocompatibility	ASTMF 1295, DAT67
6Al-6V-2Sn	Annealing(STA)	1068 and over (1206 and over)	999~1172 and over (1103 and over)	8(8) and over	Heat treatment capability	AMS 4918,4971,4978,4979, 4936,4937
6Al-2Sn-4Zr-6Mo	STA	1172 and over	1103 and over	10 and over	Anti-creep characteristic	AMS 4981
Near-β alloy						
5Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr	STA	1137~1275	1068~1206	5 and over	High rigidity,casting capability, high resistance against metal fatigue, anti-creep characteristics	AMS 4995, Ti-17
10V-2Fe-3Al	STA	1193 and over	1103 and over	4 and over	High rigidity,casting capability, high resistance against metal fatigue, heat treatment capability	AMS 4983,4984,4986,4987
β alloy						
22V-4Al (JIS Class 80)	ST	640~900	850 and below	10 and over	Manageability under low temperature, anti-age-hardening capability	DAT51, JIS H4600
13V-11Cr-3Al	ST(STA)	896 and over (1241~2069)	827 and over (-)	8(4) and over	High aging capability	AMS 4917,4959
3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr	STA	1447 and over	1378 and over	7 and over	Manageability under low temperature, anti-age-hardening capability	AMS 4957,4958, βC
11.5Mo-6Zr-4.5Sn 4Zr	ST(STA)	758 and over (1240 and over)	620 and over (1206 and over)	15(8) and over	Manageability under low temperature, anti-age-hardening capability	AMS 4977,4980, βIII
15Mo-2.7Nb-3Al-0.2Si	ST(STA)	1068(typical figure:1275)	965(typical figure:1206)	13(typical figure:5)	Anti-oxidization,low-temperature casting capability,anti-age-hardening capability	Beta 21S
15V-3Cr-3Sn-3Al	ST(STA)	703~945 (1000 and over)	689~869 (965 and over)	12(7) and over	Manageability under low temperature, anti-age-hardening capability	AMS 4914,4922, DAT15G
Others	50Nb and 53.5Nb(super conductor), 55Ni (shape memory alloy), 56Ni (super elasticity), TiAl, Ti, Al (metal compounds, heat resistance)					

\*1. STA : Solution Treatment-Aging ST : Solution Treatment \*2. Figure may depend on standard, shape of product, process and heat treatment.

### IMPORTANT NOTE

Please be advised that Daido Steel shall not be held responsible for damage caused by misunderstanding or improper use of the technical information contained in this brochure.  
The contents of this brochure may be subject to change without notice. Please inquire of related department for the latest information.  
No portion of this brochure may be reproduced without the express permission of Daido Steel.