

耐食クラッド通電材

Corrosion-Resistant, Highly Conductive Clad Metals

技術資料
Technical Data

目次

CONTENTS

はじめに	1	Introduction
1 特長	2	1. Characteristics
2 構造と寸法	3	2. Shapes and Dimensions
3 各種特性	4	3. Properties
4 電極加工	7	4. Fabricated Electrodes
5 製造工程	8	5. Production Process
6 参考資料	9	6. References

はじめに

化学工場や金属めっきなどの分野では、製品品質の改善・生産性の向上に大きな関心がはらわれており、これらに対して電極用通電材の性能が重要な影響を与えることはご承知の事実です。

神鋼メタルでは、芯材に無酸素銅を使用し、外皮材にチタンあるいは、ニッケルを用いて熱間静水圧押しにより、クラッドした耐食クラッド通電材を開発しました。

この耐食クラッド通電材は、耐食性・通電性および寸法精度にすぐれ電極用通電材料として理想的な特性を備えています。以下にその概要をご紹介します。需要家の皆様のご参考に致したいと考えます。

Introduction

Top performance from conductive electrodes is vital to good productivity and product quality in the chemical and plating industries.

Shinko Metal Products Co., Ltd. has developed corrosion-resistant, highly conductive clad products that use cores of oxygen-free copper.

These products are clad by a hot hydrostatic extrusion process, using titanium or nickel as clad metals.

The products exhibit high corrosion resistance, excellent conductivity, and excellent dimensional tolerance control, making them ideal for use in electrodes. In the following pages, we will examine various applications of these clad metals.

1 特長

神鋼メタルの耐食クラッド通電材の主要な特長を以下に示します。

1)耐食性にすぐれています。

外皮に耐食性にすぐれるチタン、あるいはニッケルで芯材を完全に保護しています。

2)界面接合強度が高い。

芯材と外皮材は、界面において冶金的に拡散接合しているため高い接合強度が得られます。

3)電気的特性にすぐれています。

全長全面にわたり、芯材と外皮材が完全な接合状態にあるため電気抵抗は低く、ご使用中のエネルギーロスは少なくなります。

4)加工製品での納入が可能です。

熱間静水圧押出加工後、冷間での曲げ・引抜き圧延加工および溶接を行ないユーザーニーズに対応することができます。

5)寸法精度がすぐれています。

熱間静水圧押出後、抽伸、または圧延加工を行うので、寸法精度がすぐれています。

1. Characteristics

1) High Corrosion Resistance

Titanium or nickel clad metals protect the conductive copper core from corrosion.

2) High Bonding Strength

The clad and core metals are metallurgically bonded for high strength.

3) High Electrical Conductivity

Perfect lengthwise bonding and complete interface of the clad and core metals result in low electrical resistance and high conductivity, leading to energy savings.

4) Fabrication Capability

Because Kobe Steel is capable of post-extrusion bending, drawing, rolling and welding operations, we can provide customers with customized fabrication of the material.

5) Excellent Dimensional Control

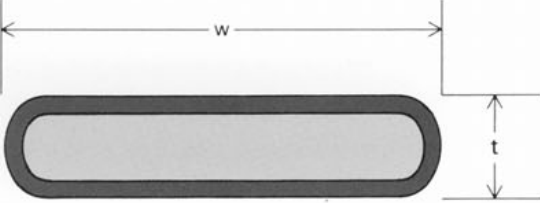

Drawing or rolling processes performed after hot hydrostatic extrusion provide excellent dimensional control.

2 構造と寸法

2. Shapes and Dimensions

表1 構造と寸法

Table 1. Shapes and Dimensions

	矩形 Rectangle	円形 Round
形状 Shape		
外皮材 Clad Metal	チタン Titanium ASTM B265 GRADE-2/JIS H4600 TP35C ニッケル Nickel ASTM B162 UNS No. 2201/JIS H4561 NLCP	
芯材 Core Metal	無酸素銅 Oxygen-free copper ASTM B187 UNS No. C 10200 JIS H3100 C1020	
複合比 Composite Ratio	外皮 : 芯材 = 2 : 8 Clad : Core = 2 : 8	
巾(W) Width	20~60mm	—
厚さ(t) Thickness	4~30mm	—
直径 Diameter	—	2~50mmφ

- 注1) 上記以外の組合せ（チタン、ニッケル基合金、白金など）については、別途ご相談させていただきます。
- 2) 芯材料についても、別途ご相談させていただきます。
- 3) 複合比は、ご要望に応じて2:8~8:2まで可能です。
- 4) 矩形の幅についても溶接により上記寸法の整数倍とすることも可能です。
- 5) 耐食クラッド通電材の端部の外皮封じについては、別途ご相談させていただきます。

- Notes: 1) Clad materials other than the above (such as titanium, platinum and nickel) are available. Please consult with Kobe Steel.
- 2) Core metals other than oxygen-free copper are also available. Please consult with Kobe Steel.
- 3) Composite ratios from 2:8 to 8:2 are available upon customer request.
- 4) The width of the rectangle can be increased by whole-number multiples through welding.
- 5) End sealing is available; please consult with Kobe Steel.

3 各種特性

1) 界面剪断強度

外皮材と芯材との界面の剪断強度測定結果を表 2 に示します。

表 2 界面剪断強度 Table 2. Shear Strength

チタン—無酸素銅 Titanium—Oxygen-free copper	12~15kgf/mm ²
ニッケル—無酸素銅 Nickel—Oxygen-free copper	12~18kgf/mm ²

2) 界面接合状況

写真 1 は、チタン—無酸素銅クラッド材の引張試験後の状況で、チタンと無酸素銅との界面の接合強度は銅の強度より高く、約22~27kgf/mm²と推定されます。

(銅の引張強さ：約21~25kgf/mm²)

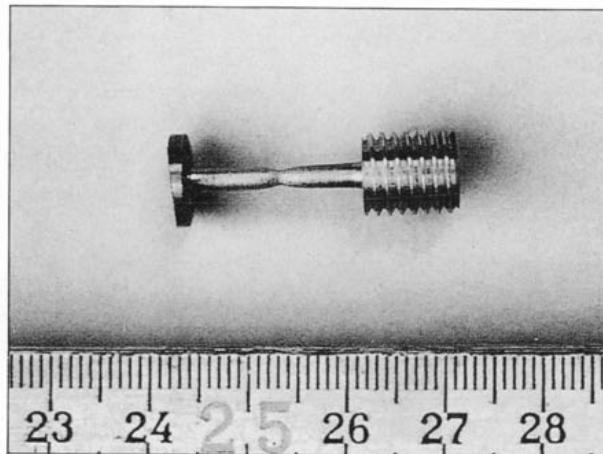


写真1 チタン—無酸素銅の引張試験後の状況。
左側：チタン 右側：無酸素銅
(ニッケル—無酸素銅クラッド材についても写真1と同様の結果です)

3. Properties

1) Shear Strength

Table 2 shows the shear strength at the interface of the clad and core metals.

測定方法 Measuring Method

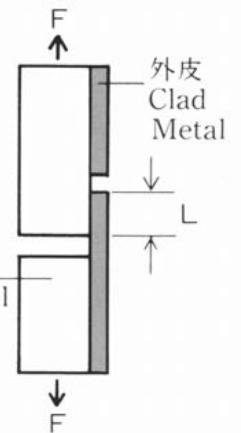
$$\text{剪断強度} = \frac{F}{L \times W}$$

Shear Strength = $\frac{F}{L \times W}$

F = 剪断力
Force

L = 剪断試験部長さ
Length of test specimen

W = 試片巾
Width of test specimen



2) Interface Bonding Condition

Photo 1 shows the condition of the test specimen following tensile strength testing of a titanium-clad, oxygen-free copper product. The bonded strength at the interface of the titanium and oxygen-free copper is greater than that of titanium and conventional copper (approximately 22-27kgf/mm², compared with approximately 21-25kgf/mm²).

Photo 1. Condition of specimen after tensile testing of titanium-clad, oxygen-free copper
Left: titanium Right: oxygen-free copper.
(Test result of nickel-clad, oxygen-free copper is similar to that shown in Photo 1.)

写真2は、界面の顕微鏡観察結果、図1は、界面のEPMA分析結果を示します。外皮材の界面に金属間化合物の生成は認められず、また金属結合していることがわかります。

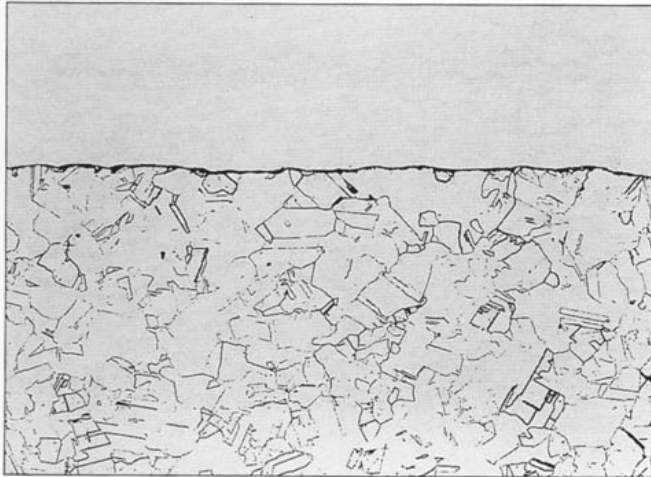


写真2 顕微鏡観察結果 ×100
Photo 2. Microscopic view of bonded interface

3) 電気的特性

表3に電気抵抗測定結果を示します。

表3 電気抵抗測定結果 Table 3. Electrical Resistance

	抵抗 Resistance ($34\phi, \mu\Omega/m$)	固有抵抗 Specific Resistance ($\mu\Omega cm$)
Ti-OFC	22	2.1
Ni-OFC	21	1.9
Ti-Ti	23	2.1
Ni-Ni	21	1.9
OFC-OFC	21.5	2.0

Photo 2 shows a microscopic view of a bonded interface; Figure 1 shows the result of an EPMA analysis of this interface. The clad and core metals are metallurgically bonded, with no intermetallic compound formed at the interface.

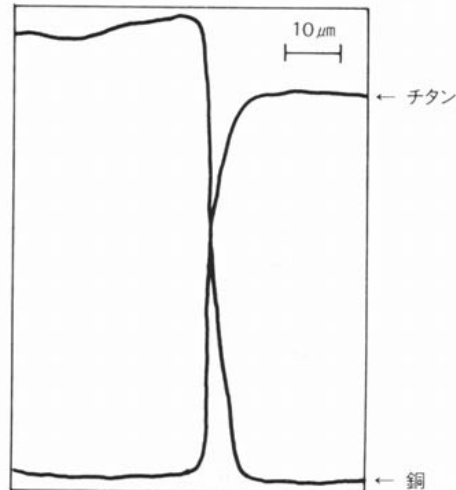


図1 EPMA分析結果 ×100
Figure 1. Result of EPMA analysis

3) Electrical Properties

Table 3 shows the electrical resistances.

測定方法 Measuring Method

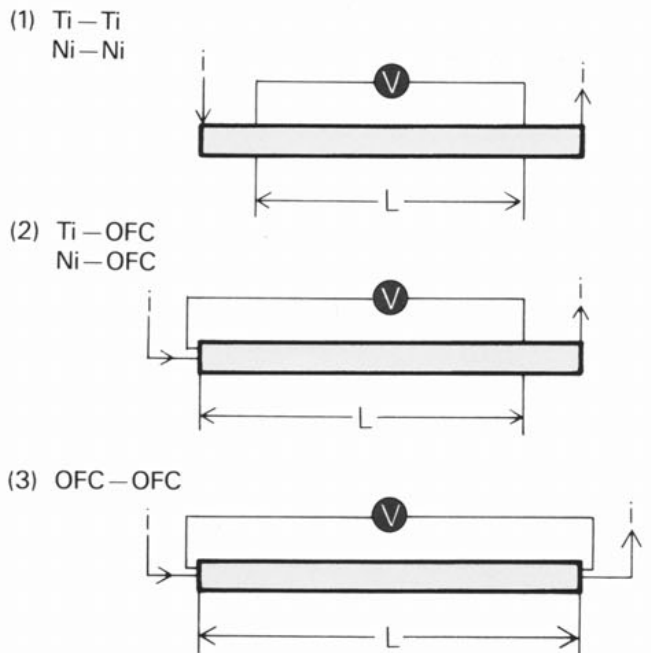


表4に比較データとして各種材料の電気抵抗と電気伝導率を示します。

Table 4 shows the electrical resistance and conductivity of various materials (for reference).

表4 各種材料の電気抵抗と電気伝導率

Table 4. Electrical Resistance and Conductivity

	チタン Titanium	銅 Copper	ニッケル Nickel	Ti-OFC	Ni-OFC
電気固有抵抗 Specific Resistance $\mu\Omega\text{cm}$	47~55	1.72	9.5	2.1	1.9
電気伝導率 Electrical Conductivity (% IACS)	3.1	100	18	83.5	85.5

4) 断面形状

4) Cross-Sectional Views of Clad Metal

図2、3に横断面の状況を示します。

Figure 2 and 3 show cross sectional views.

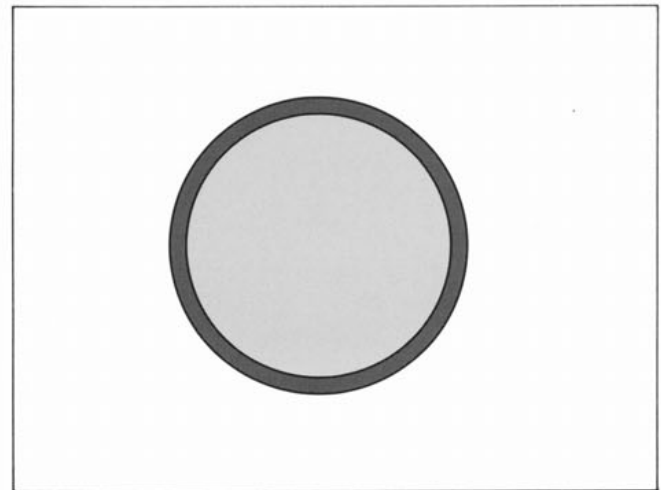
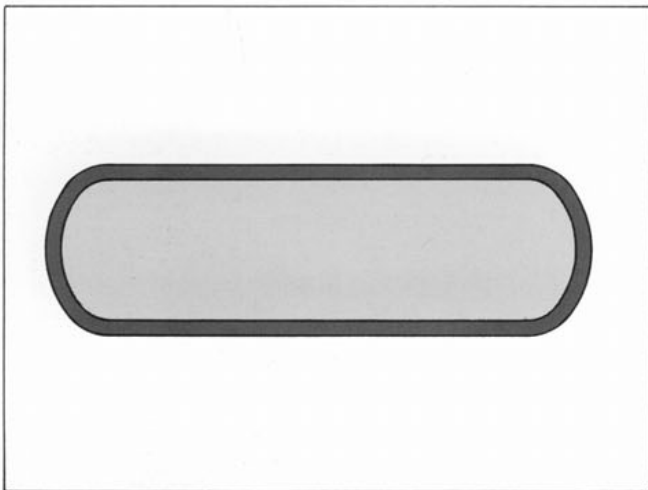
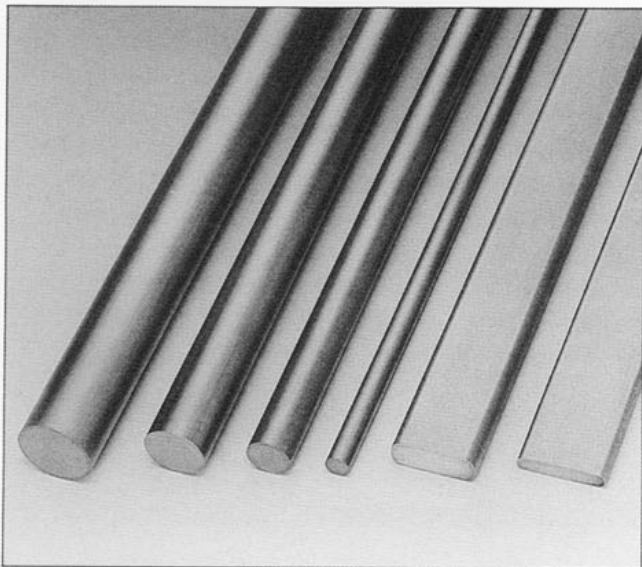


図2 矩形材の横断面
Figure 2. Cross Section of a Rectangular Product

図3 円形材の横断面
Figure 3. Cross Section of a Circular Product

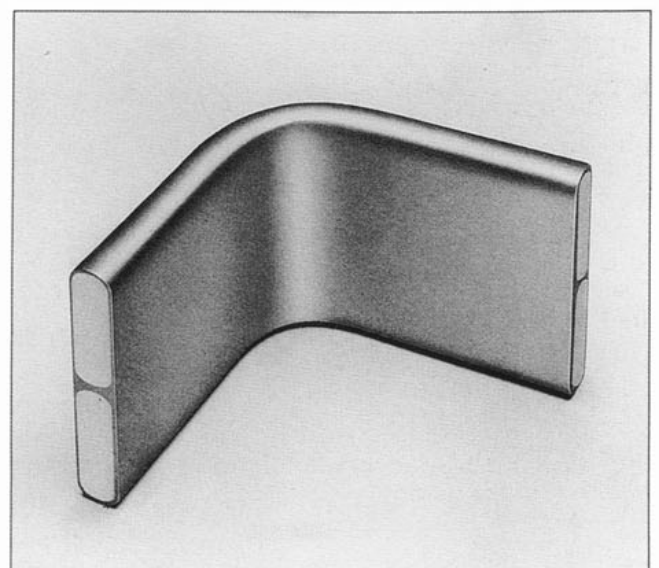
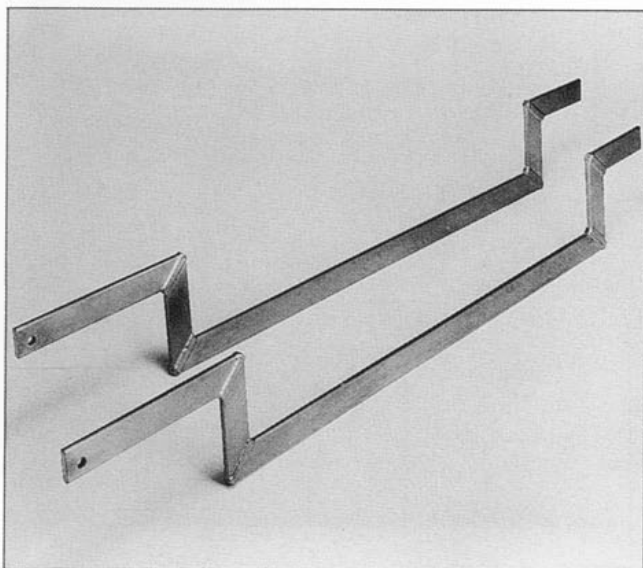
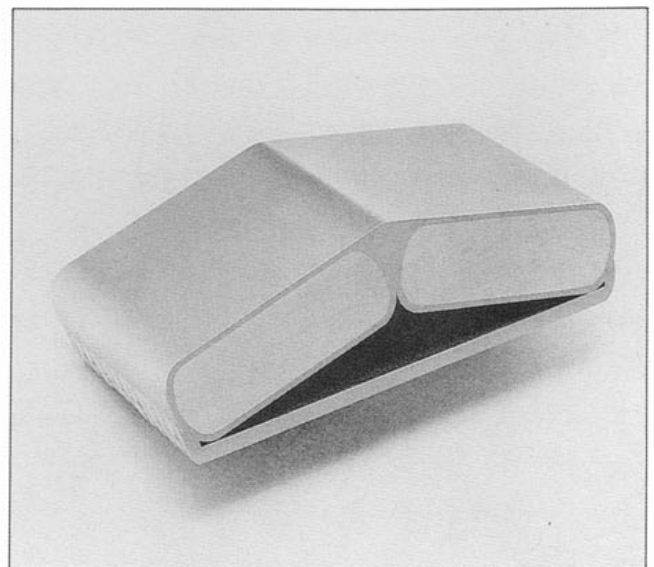
4 電極加工

実際に使用する場合は、寸法、形状、構造など使用目的に応じて種々の加工が必要ですので、神鋼メタルでは、ユーザの要求に応じて2次加工もいたします。



4. Fabricated Electrodes

Depending on customer requirements, actual applications require various types of processing or fabrication for dimensions, shapes, and structures. Shinko Metal Products has proven itself capable of meeting these fabrication requirements.



5 製造工程

製造工程を図4に示します。外皮は圧延板を定尺に切断して溶接で円筒状とし、銅は鋳塊を所定の寸法に機械加工して、両者を組み合わせた複合構造のビレットを所定の温度に加熱して、熱間静水圧押し出しによって高減面加工し、外皮と銅の界面を金属結合させます。その後、ユーザーの希望する2次加工を行います。製造工程中に、外皮に有害な欠陥が発生すると加熱時に外皮と銅の界面が酸化するか、あるいは押し出し時に圧力媒体が外皮と銅の界面を汚染するので、外皮と銅の界面の金属結合は達成されません。従って押し出し後工程中での超音波探傷検査は、界面剥離不良を検出するとともに、外皮に欠陥のないことの確認になります。

5. Production Process

A flat rolled plate of titanium or other material is welded to produce the cylindrical clad shell, a copper billet is then machined to the required dimensions. The two metals are then combined into a composite billet.

After a carefully controlled heating stage, the billet is processed through high-reduction, hot hydrostatic extrusion—metallurgically bonding the clad and core metals. Any defects in the clad metal may cause oxidation at the interface between the clad and core metals when heated. Defects may also allow the pressure medium to contaminate the interface during the extrusion operation.

Because of this, ultrasonic testing should be performed after extrusion. This helps to detect any bonding defect at the interface, as well as any defects in the clad metal itself.

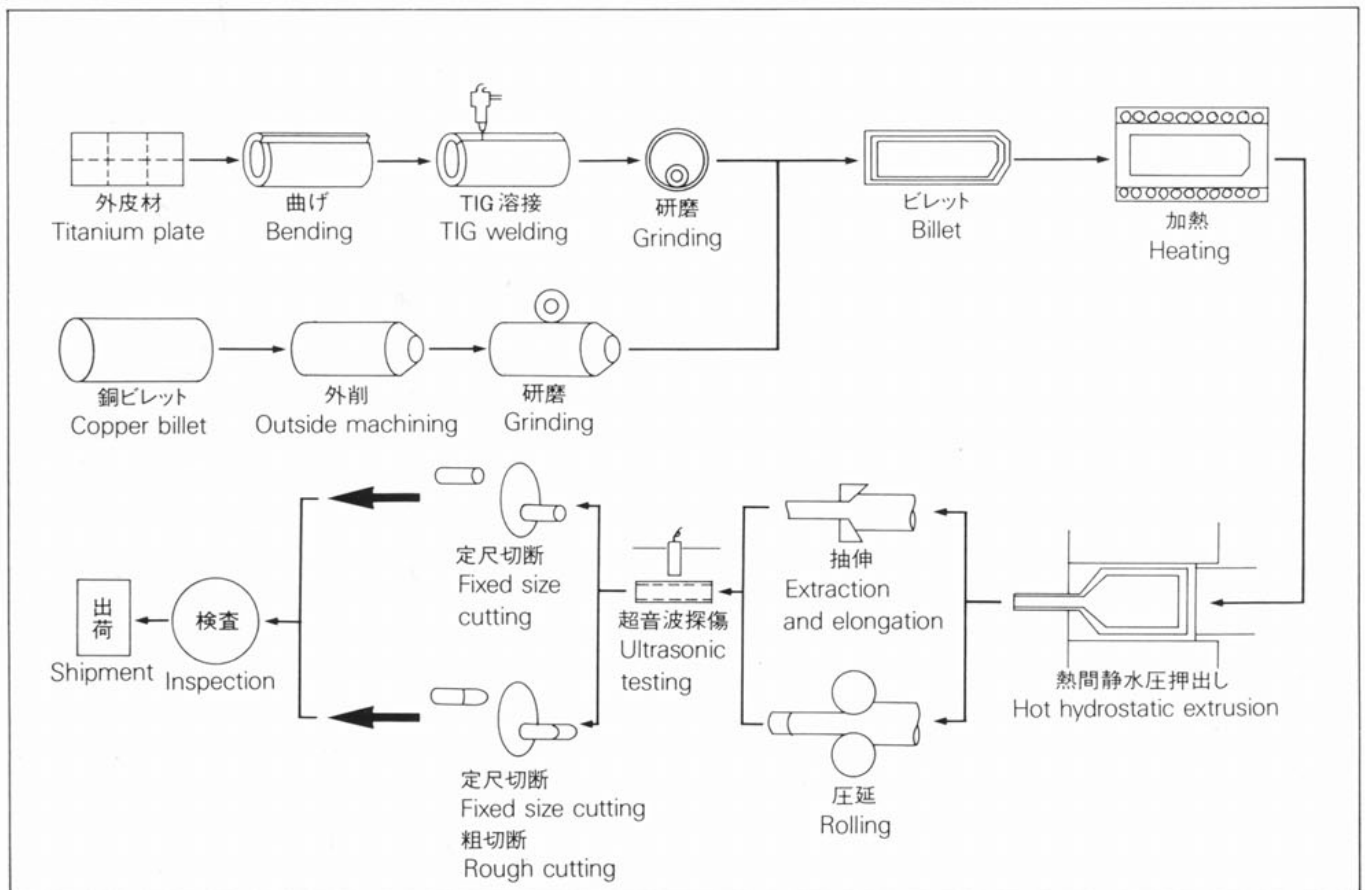


図4 耐食クラッド通電材の製造工程
Figure 4. Production Process

6 参考資料

チタンと他の金属の物理的性質を表5に化学的性質を表6に示します。

6. References

Physical properties of various metals are shown in Table 5. Chemical properties are shown in Table 6.

表5 チタンと他の金属との物理的性質の比較表

Table 5. Physical Properties of Various Metals

	純チタン Pure titanium	チタン合金 Titanium alloy Ti-6Al-4V	ジルコニウム Zirconium	アルミニウム Aluminum	アルミニウム合金 Aluminum alloy 75S-T6	鉄 Iron	18-8 ステンレス鋼 18-8 Stainless steel AIS1304	ハステロイC Hastelloy C	銅 Copper	ニッケル Nickel
溶融点 Melting Point (°C)	1,668	1,540~1,650	1,852	660	476~638	1,530	1,400~1,427	1,305	1,083	1,455
結晶構造 Crystal Structure	H.C.P.<885°C <B.C.C.	H.C.P.<990°C <B.C.C.	H.C.P.<863°C <B.C.C.	F.C.C.	F.C.C.	B.C.C.<830°C <F.C.C.	F.C.C.	F.C.C.	F.C.C.	F.C.C.
密度 Density (g/cm ³)	4.51	4.42	6.52	2.70	2.80	7.86	8.03	8.92	8.93	8.90
原子番号 Atomic Number	22	22(Ti)	40	13	13(Al)	26	26(Fe)	—	29	28
原子量 Atomic Weight	47.90	—	91.22	26.97	—	55.85	—	—	63.57	58.71
ヤング率 Young's Modulus (kgf/mm ²)	10.85×10 ³	11.55×10 ³	9.11×10 ³	7.05×10 ³	7.28×10 ³	19.60×10 ³	20.32×10 ³	20.86×10 ³	11.90×10 ³	21.2
ポアソン比 Poisson Ratio	0.34	0.30~0.33	0.33	0.33	0.33	0.31	0.29	—	0.34	—
電気抵抗 Electrical Resistance (μΩ-cm, 20°C)	47~55	171	40~54	2.7	5.8	9.7	72	130	1.7	6.58
電気伝導度 Electrical Resistance (Cuに比べ, %) (compared with Cu, %)	3.1	1.1	3.1	64.0	30.0	18.0	2.4	1.3	100	18
熱伝導度 Thermal Conductivity (cal/cm ² /sec/°C/cm)	0.041	0.018	0.040	0.478	0.294	0.145	0.039	0.031	0.923	6.22
熱膨張係数 Thermal Expansion Coefficient (cm/cm/°C, 0~100°C)	8.4×10 ⁻⁶	8.8×10 ⁻⁶	5.8×10 ⁻⁶	23.0×10 ⁻⁶	23.1×10 ⁻⁶	12.0×10 ⁻⁶	16.5×10 ⁻⁶	11.5×10 ⁻⁶	16.8×10 ⁻⁶	13.3
比熱 Specific Heat (cal/g/°C)	0.13	0.13	0.07	0.21	0.23	0.11	0.12	0.09	0.09	0.105

表6 各種腐食環境におけるチタンと他材料の耐食性比較 Table 6. Chemical Properties of Various Metals

区分 Classification	腐食媒質 Corrosive Medium	組成 Composition (%)	温度 Temperature (°C)	耐食性 Corrosion Resistance				
				純チタン Pure Titanium	純ジルコニウム Pure Zirconium	304ステンレス鋼 304 Stainless Steel	316ステンレス鋼 316 Stainless Steel	ハステロイC Hastelloy C
無機酸 Inorganic Acid	塩酸 Hydrochloric Acid (HCl)	1	25	○	○	○	○	○
			沸騰 Boiling	×	○	×	×	△
		10	25	○	○	×	×	△
			沸騰 Boiling	×	○	×	×	×
	硫酸 Sulfuric Acid (H ₂ SO ₄)	1	25	○	○	○	○	○
			沸騰 Boiling	×	○	×	△	○
		10	25	○	○	○	○	○
			沸騰 Boiling	×	○	×	×	○
	硝酸 Nitric Acid (HNO ₃)	10	25	○	○	○	○	○
			沸騰 Boiling	○	○	○	○	○
65		25	○	○	○	○	○	
		沸騰 Boiling	○	○	○	○	×	
有機酸 Organic Acid	酢酸 Acetic Acid (CH ₃ COOH)	10	沸騰 Boiling	○	○	○	○	○
		60	沸騰 Boiling	○	○	○	○	○
	ギ酸 Formic Acid (HCOOH)	10	25	○	○	△	○	○
		30	沸騰 Boiling	×	○	×	×	○
	シュウ酸 Oxalic Acid (COOH) ₂	10	25	○	○	○	○	○
		25	60	×	○	△	○	○
	乳酸 Lactic Acid (CH ₃ CH(OH)COOH)	10	沸騰 Boiling	○	○	○	○	○
		85	沸騰 Boiling	○	○	×	×	○
アルカリ Alkali	苛性ソーダ Sodium Hydroxide (NaOH)	10	100	○	○	○	○	○
		40	沸騰 Boiling	×	○	○	○	○
	炭酸カリウム Potassium Carbonate (K ₂ CO ₃)	5	沸騰 Boiling	○	○	○	○	○
		20	沸騰 Boiling	○	○	○	○	○
無機塩化物 Inorganic Chloride	塩化ナトリウム Sodium Chloride (NaCl)	25	25	○	○	○*	○*	○
			沸騰 Boiling	○*	○	○*	○*	○*
	塩化アンモニウム Ammonium Chloride (NH ₄ Cl)	40	25	○	○	○*	○*	○
			沸騰 Boiling	○*	○	△*	○*	○*
	塩化亜鉛 Zinc Chloride (ZnCl ₂)	20	沸騰 Boiling	○*	○	×	×	×
			50	沸騰 Boiling	○*	○	×	×
	塩化マグネシウム Magnesium Chloride (MgCl ₂)	42	25	○	○	○*	○*	○
			沸騰 Boiling	○*	○	○*	○*	○*
	塩化第二鉄 Iron(IV) Chloride (FeCl ₃)	30	25	○	×	×	×	△
			沸騰 Boiling	○*	×	×	×	×

区分 Classification	腐食媒質 Corrosive Medium	組成 Composition (%)	温度 Temperature (°C)	耐食性 Corrosion Resistance				
				純チタン Pure Titanium	純ジルコニウム Pure Zirconium	304ステンレス鋼 304 Stainless Steel	316ステンレス鋼 316 Stainless Steel	ハステロイC Hastelloy C
無機塩類 Inorganic Salt	硫酸ナトリウム Sodium Sulfate (Na ₂ SO ₄)	20	25	○	○	○	○	○
	沸騰 Boiling		○	○	○	○	○	
	硫化ナトリウム Sodium Sulfide (Na ₂ S)	10	25	○	○	○	○	○
	沸騰 Boiling		○	○	○	○	○	
	次亜塩素酸ナトリウム Sodium Hypochlorite (NaOCl)	5	25	○	○	△	△	△
			15	25	○	○	△	△
炭酸ナトリウム Sodium Carbonate (Na ₂ CO ₃)	30	25	○	○	○	○	○	
		沸騰 Boiling	○	○	○	○	○	
有機化合物 Organic Compound	メチルアルコール Methyl Alcohol (CH ₃ OH)	95	25	○	○	○	○	○
	四塩化炭素 Carbon Tetrachloride (CCl ₄)	100	沸騰 Boiling	○	○	○	○	○
	フェノール Phenol (C ₆ H ₅ OH)	飽和 Saturated	25	○	○	○	○	○
	ホルムアルデヒド Formaldehyde (HCHO)	37	沸騰 Boiling	○	○	○	○	○
ガス Gas	塩素 Chlorine (Cl ₂)	乾燥 Dry	25	×	○	○	○	○
		湿潤 Wet	25	○*	×	×	×	×
	硫化水素 Hydrogen Sulfide (H ₂ S)	乾燥 Dry	25	○	○	△	○	○
		湿潤 Wet	25	○	○	○	○	○
アンモニア Ammonia (NH ₃)	100	40	○	○	○	○	○	
		100	○	○	○	○	○	
その他 Miscellaneous	海水 Sea Water	25	○	○	○*	○*	○	
		100	○*	○	○*	○*	○*	
	ナフサ Naphtha	80	○	○	○*	○*	○	
		180	○	○	○*	○*	○	

<耐食性表示>

<Corrosion resistance indication>

○ : 0.125mm/年以下
less than 0.125mm/year

△ : 0.5~1.25mm/年
0.5~1.25mm/year

* : 孔食、すきま腐食などの局部腐食を起こす場合がある。
Possibility of local corrosion such as holes or crack corrosion.

○ : 0.125~0.5mm/年
0.125~0.5mm/year

× : 1.25mm/年以上
more than 1.25mm/year



神鋼メタルプロダクツ株式会社
SHINKO METAL PRODUCTS CO.,LTD.

本 社： 福岡県北九州市門司区小森江2丁目2-1〒800-0007
TEL (093)381-1331 (代表) FAX (093)381-3833

東京営業所： 東京都品川区北品川5丁目9-12 ONビル 〒141-8688
TEL (03)5739-5333 (代表) FAX (03)5739-5335

大阪営業所： 大阪市中央区備後町4丁目1-3 御堂筋三井ビル 〒541-0051
TEL (06)6206-6778 FAX (06)6206-6104

HEAD OFFICE: 2-1, Komorie 2-chome, Moji-ku, Kitakyushu, 800-0007, Japan
Phone (093)381-1331 Fax (093)381-3833

TOKYO OFFICE: ON Bldg., 9-12, Kitashinagawa 5-chome, Shinagawa-ku,
Tokyo, 141-8688, Japan
Phone (03)5739-5333 Fax (03)5739-5335

OSAKA OFFICE: Midosuji Mitsui Bldg., 1-3, Bingomachi 4-chome, Chuo-ku,
Osaka, 541-0051, Japan
Phone (06)6206-6778 Fax (06)6206-6104

当社製品のお問い合わせは
The inquiry of our products

東京営業所 TOKYO OFFICE :TEL.(03)5739-5333 FAX.(03)5739-5335

当社の製品はインターネットでもご案内いたしております。
Our products guides even the Internet.

URL:<http://www.shinkometal.co.jp/>