耐食クラッド通電材

Corrosion-Resistant, Highly Conductive Clad Metals

技術資料
Technical Data

SHINKO METAL PRODUCTS CO.,LTD.

目次　INDEX

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 …… 10 …… 5.　Production Process

6　参考資料 …… 11 …… 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出しにより、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 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しめします。

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 SHINKO METAL PRODUCTS is capable of post-extrusion bending, drawing, rolling and weldig opertions, we can provide customers with customized fabrication of the material.

5) Excellent Dimensional Control

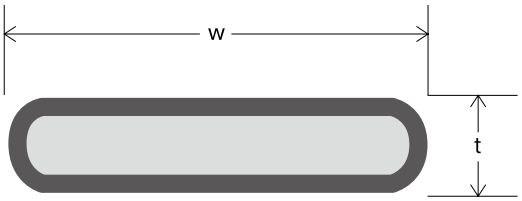
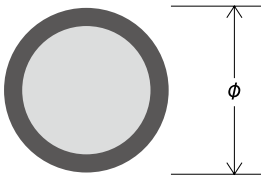
Drawing or rolling processes performed after hot hydrostatic extrusion provide excellent dimensional control.

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 TP340C 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.C10200 JIS H3100 C1020
複合比 Composite Ratio	外皮：芯材 =2：8　Clad : Core=2 : 8	
巾 (W) Width	40 ～ 100mm	—
厚さ (t) Thickness	10 ～ 30mm	—
直径 Diameter	—	2 ～ 50mm φ

注　記

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、別途ご相談させて頂きます。
2）芯材料についても、別途ご相談させて頂きます。
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 SHINKO METAL PRODUCTS.
2) Core metals other than oxygen-free copper are also available. Please consult with SHINKO METAL PRODUCTS.
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 SHINKO METAL PRODUCTS.

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。

3.Properties

1) Shear Strength

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

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	測定方法　Measuring Method 剪断強度 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 F 外皮 Clad Metal L 芯材 Core Metal F W
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/ ㎟と推定されます。（銅の引張強さ：約 21 ～ 25kgf/ ㎟）

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 of titanium and conventional copper (approximately 22-27kgf/mm^2, compared with approximately 21~25kgf/mm^2)

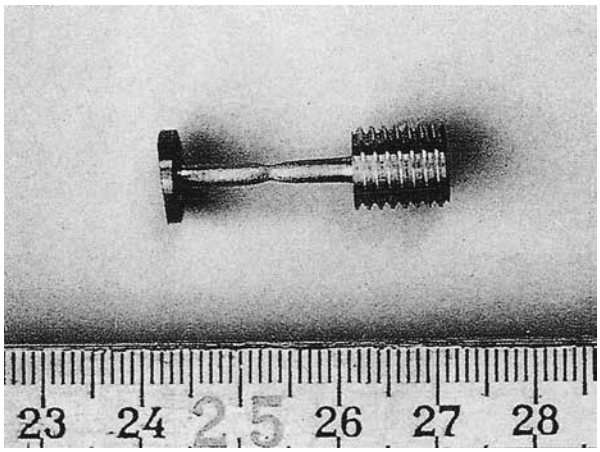


写真１　チタン―無酸素銅の引張試験後の状況。
左側：チタン　右側：無酸素銅
（ニッケル―無酸素銅クラッド材についても写真１と同様の結果です）

Photo1. Condition of specimen after tensile 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。

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.

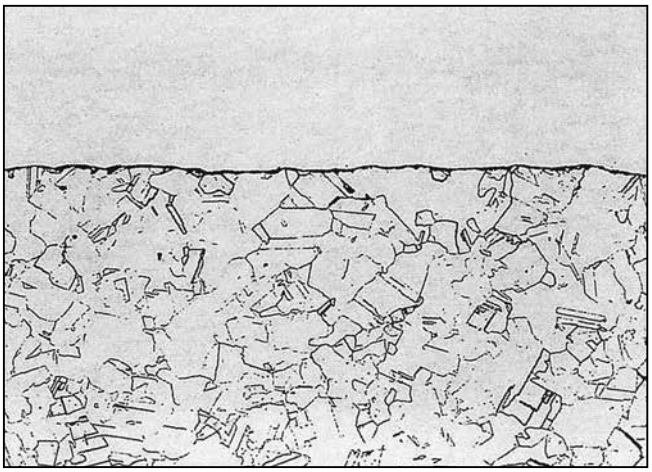


写真２　顕微鏡観察結果　× 100
Photo 2. Microscopic view of bonded interface

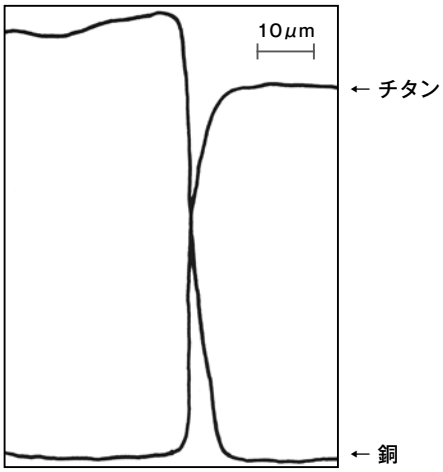


図１　EPMA 分析結果　× 100
Fifure 1. Result of EPMA analysis

3）電気的特性

表３に電気抵抗測定結果を示します。

3）Electrical Properties

Table 3 shows the electrical resistances.

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

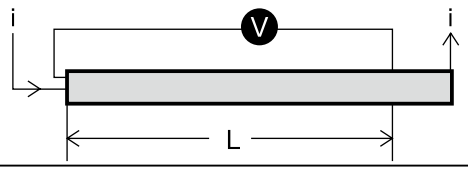
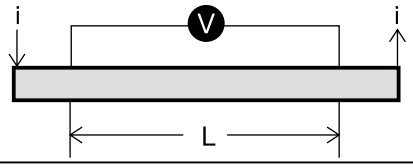
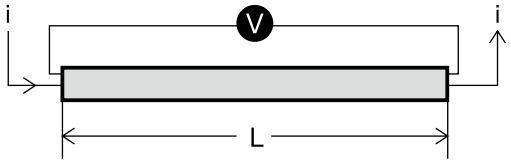
	抵抗 Resistance (34 φ , μΩ /m)	固有抵抗 Specific Resistance (μΩ・cm)	測定方法 Measuring Method
Ti-OFC	22	2.1	
Ni-OFC	21	1.9	
Ti-TI	23	2.1	
Ni-Ni	21	1.9	
OFC-OFC	21.5	2.0	

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 (μΩ・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

図２、３に横断面の状況を示します。

4）Cross-Sectional Views of Clad Metal

Fifure 2 and 3 show cross sectional views.

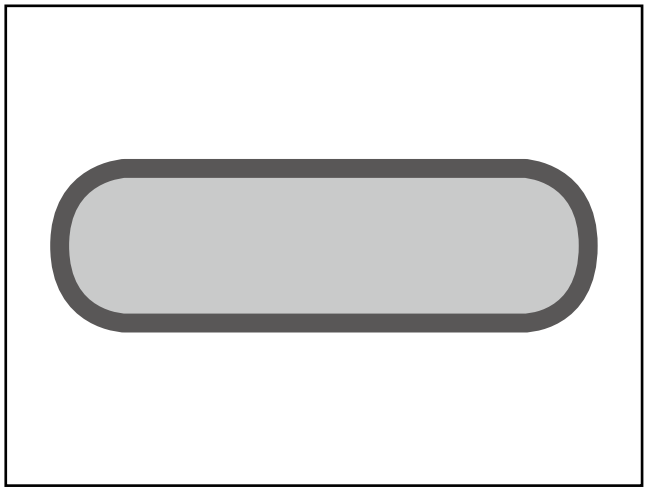


図２　矩形材の横断面
Figure 2. Cross Section of a Rectangular Product

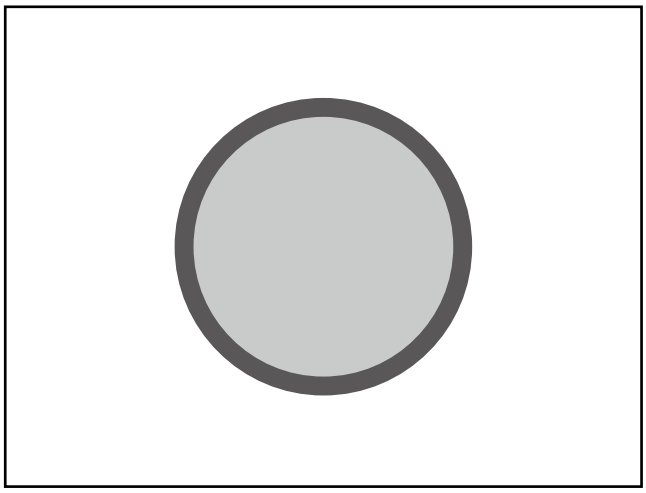


図３　円形材の横断面
Figure 3. Cross Section of a Circular Product

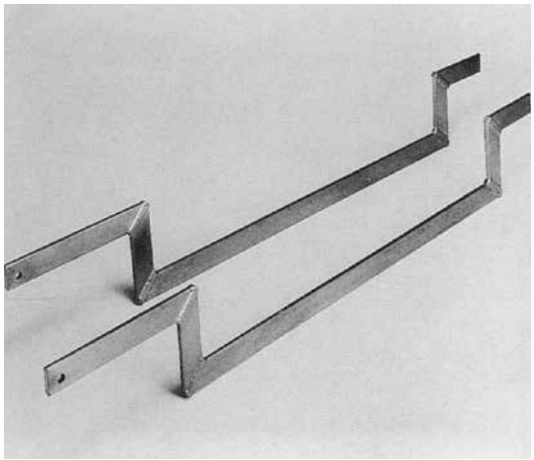
４　電極加工

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。

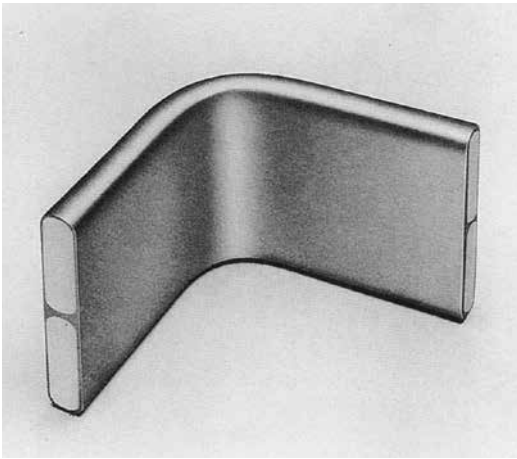
4. Fabricated Electrodes

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.

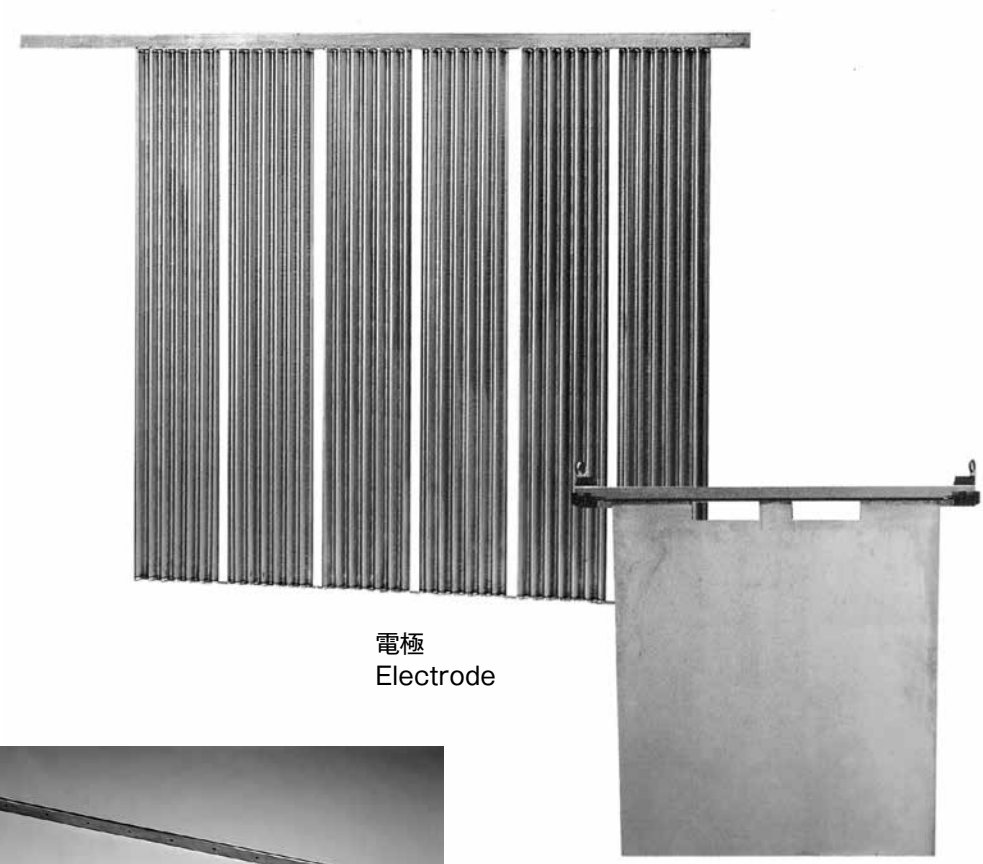
通電棒
Conductive rods



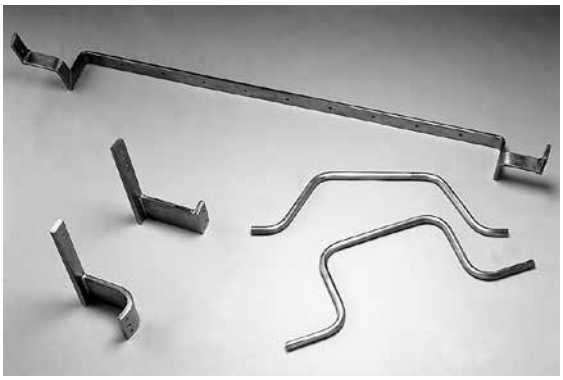
液中ブスバー
Busbar



幅広ブスバー（２枚継ぎ溶接）
Wide Busbar (2 piece butt welding)

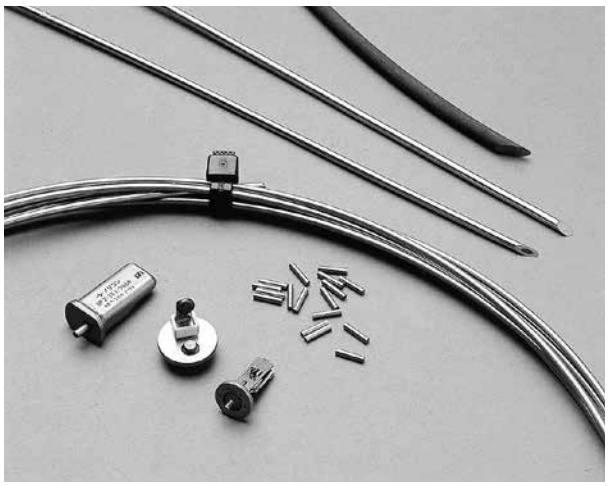


電極
Electrode

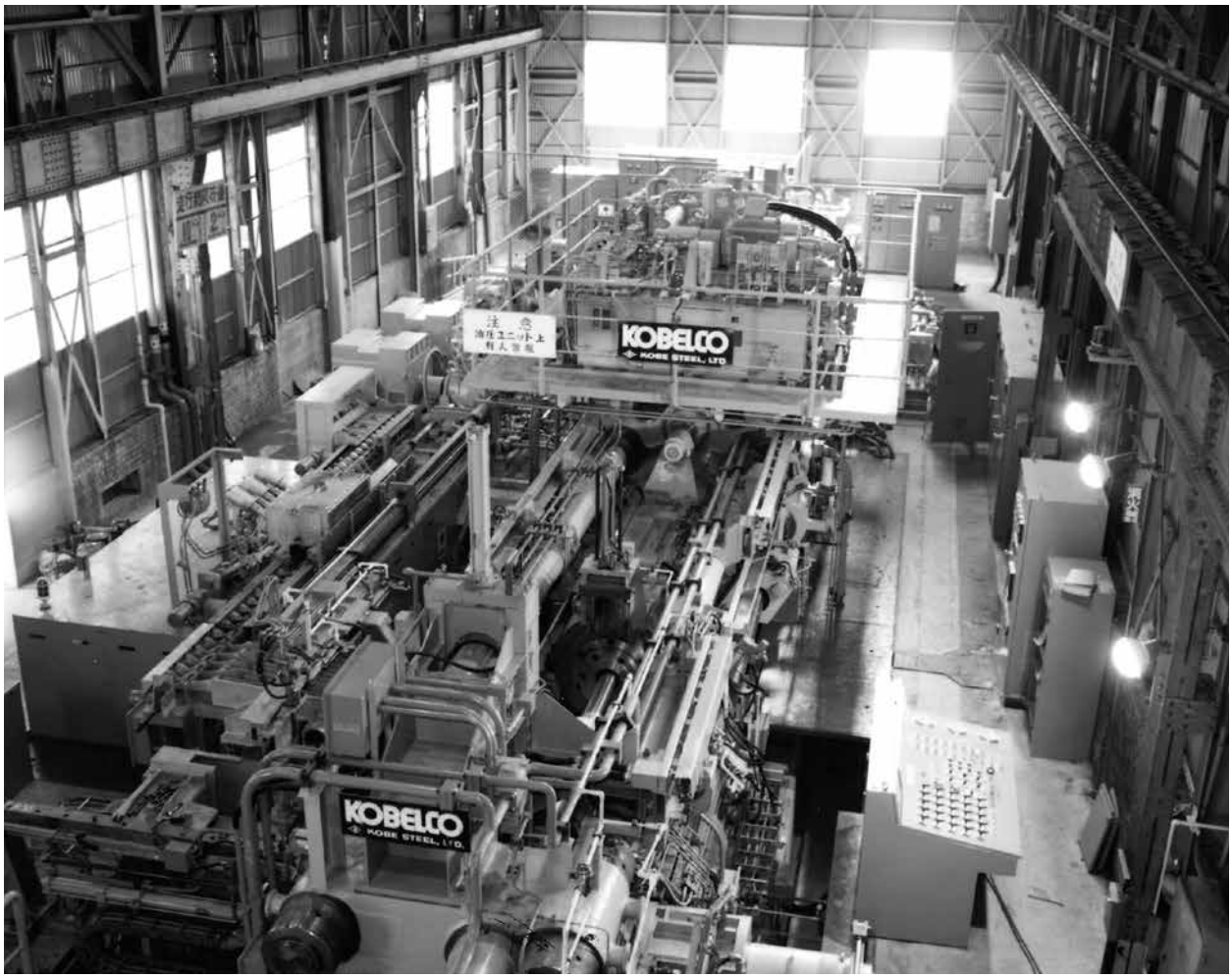


液中ブスバー
Busbar

Ti/cu クラッド加工品
Ti/cu Clad processed goods



電子材料用複合線
Clad wire for electronic use



■製造設備／熱間静水圧押し出しプレス
Hot isostatic extrusion press

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.

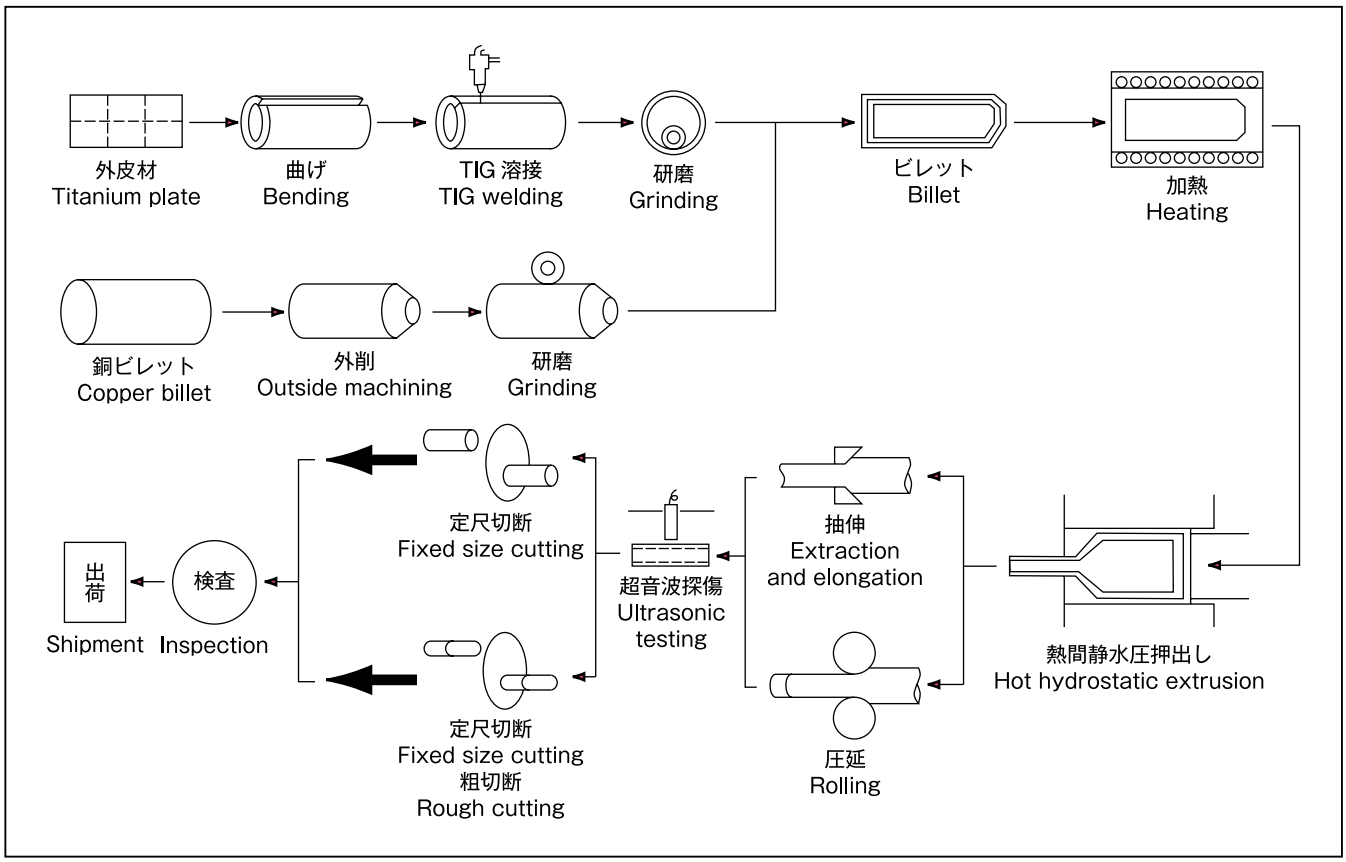


図４　耐食クラッド通電材の製造工程
Figure 4. Production Process

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 allcy 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 (℃)	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℃ <B.C.C	H.C.P< 990℃ <B.C.C	H.C.P< 863℃ <B.C.C	F.C.C	F.C.C	B.C.C< 830℃ <F.C.C	F.C.C	F.C.C	F.C.C	
密度 Density (g/cm^2)	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℃)	47 ～ 55	171	40 ～ 54	2.7	5.8	9.7	72	130	1.7	6.58
電気伝導度 Electrical Conductivity (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/℃ /cm)	0.041	0.018	0.040	0.478	0.294	0.145	0.039	0.031	0.923	0.22
熱膨張係数 Thermal Expansion Coefficient (cm/cm/℃ ,0 ～ 100℃)	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}	13.3×10^{-6}
比熱 Specific Heat (cal/g/℃)	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

	腐食媒質 Corrosive Medium	組成 Composition (%)	温度 Temperature (℃)	耐食性 Corrosion Resistance				
				純チタン Pure Tiranium	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 Hydeochioric Acid (HCl)	1	25	◎	◎	○	◎	◎
			沸騰 Boiling	×	◎	×	×	△
		10	25	○	◎	×	×	△
			沸騰 Boiling	×	◎	×	×	×
	硫酸 Sulfuric Acid (H_2SO_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_2COOH)	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 ($CH_3CH(OH)COOH$)	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_2CO_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_4Cl)	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	◎※	×	×	×	×

	腐食媒質 Corrosive Medium	組成 Composition (%)	温度 Temperature (℃)	耐食性 Corrosion Resistance				
				純チタン Pure Tiranium	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_2SO_4)	20	25	◎	◎	◎	◎	◎
			沸騰 Boiling	◎	◎	◎	◎	◎
	硫化ナトリウム Sodium Sulfide (Na_2S)	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_2CO_3)	30	25	◎	◎	◎	◎	◎
			沸騰 Boiling	◎	◎	◎	◎	◎
有機化合物 Organic Compound	メチルアルコール Methyl Alcohol (CH_3OH)	95	25	◎	◎	◎	◎	◎
	四塩化炭素 Carbon Tetrachloride (CCl_4)	100	沸騰 Boiling	◎	◎	○	○	○
	フェノール Phenol (C_6H_5OH)	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_2S)	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

○ : 0.125~0.5mm/ 年
0.125~0.5mm/year

△ : 0.5~1.25mm/ 年
0.5~1.25mm/year

× : 1.25mm/ 年以上
more than 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.

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
販　売　部：　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

当社製品のお問い合わせは
販売部：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
Sales Department：Midousuji Mitsui Bldg.,
1-3, Bingomachi 4-Chome, Chuo-ku, Osaka, 541-0051, Japan
Phone (06) 6206-6778　Fax (06)6206-6104

The inquiry of our products
SALES DEPARTMENT: Phone (06) 6206-6778　Fax (06) 6206-6104

当社の製品はインターネットでもご案内しております。
Our products guides even the Internet.
URL:http://www.shinkometal.co.jp/

このカタログに掲載の商品には、外国為替及び外国貿易管理法に定める戦略物質等が含まれておりますので、輸出される場合には、日本政府の輸出許可を取得する必要があります。
Some products in this catalogue are restricted to export to avoid military use.
In such a case, the approval by Japanese government is needed.

201612-TK 改
201102-PR500-KO
201009-add-KN
201011-add-KN