

人と環境に優しい鉛レス銅合金

KEEPALLOY II
キーパロイII



XAメタル

XCメタル

KITZ METAL WORKS CORPORATION

新鉛レス・カドミレス高耐食性黄銅棒

人と環境に優しい鉛レス銅合金

KEEPALLOY II

キーパロイ II

はじめに

昨今、銅合金中に含まれる鉛やカドミウムなどに対する規制が欧州連合（EU）の RoHS 指令など世界各国の環境規制によって強化されています。

これらの規制に対応する銅合金材料（青銅鑄造材料、黄銅鑄物材料、黄銅伸銅材料）は、特に切削用黄銅棒については切削性を得るため、鉛の代わりにビスマスやシリコンを添加した黄銅棒が開発されています。しかしながら、従来の鉛入り黄銅棒とビスマス系やシリコン系の鉛レス黄銅棒のリサイクル原材料とが混入して、リサイクル原材料の回収作業にとって大きな問題となっています。

この問題を解決するために、添加元素を含有しない黄銅棒も開発されています。しかし、これらの黄銅棒は耐応力腐食割れ性や耐エロージョン・コロージョン性等の耐食性を持たないため、水道用の部材へ適用することは困難でした。

そこで、当社では日本におけるバルブのトップメーカーである（株）キッツと共同で、**リサイクル性を向上させた新鉛レス銅合金** **KEEPALLOY II** シリーズの一つである黄銅材料“新鉛レス・カドミレス高耐食性黄銅棒 **XA メタル**”及び“**XC メタル**”を開発しました。これらの材料は、高いリサイクル性を持つと同時に、水道用の部材に必要な優れた耐食性（耐脱亜鉛腐食性、耐応力腐食割れ性、耐エロージョン・コロージョン性）を有する黄銅棒です。（株）キッツでは、“**XA メタル**”及び“**XC メタル**”が持つ特性を生かしてこれらを用いた水道用各種バルブを製造・販売しています。

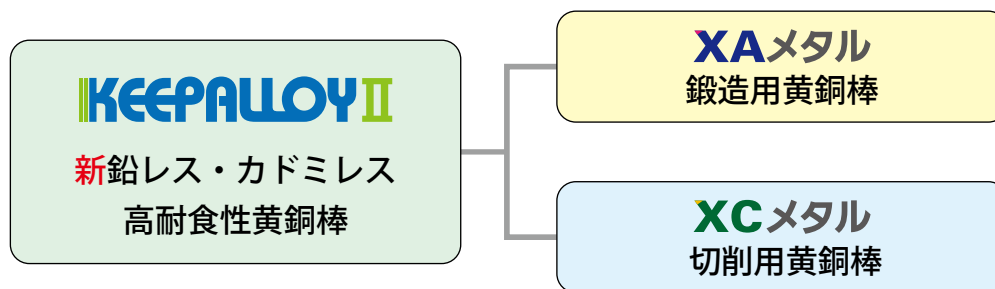
尚、“**XA メタル**”及び“**XC メタル**”は米国の銅開発協会（CDA）へ既に登録されています。また、“**XA メタル**”及び“**XC メタル**”に関連する特許は日本をはじめとして世界各国に出願されています。

CONTENTS

KEEPALLOY II のラインアップ	01
KEEPALLOY II の特徴	01
《XA メタルの特徴》	01
《XC メタルの特徴》	01
化学成分	02
金属組織	02
機械的性質	02
高温特性	03
物理的性質	03
疲れ試験（疲労試験）	04
切削加工性	05
熱間鍛造性	06
耐脱亜鉛腐食性	08
1. 国際規格（ISO 6509-1981） / 日本工業規格（JIS H 3250-2010 の附属書 A）	08
2. 日本工業規格（JIS H 3250-2010 の附属書 B）	09
耐エロージョン・コロージョン性	10
耐応力腐食割れ性	11
製造範囲	12
リサイクル原材料（切粉も含む）の取扱について	12
使用上の注意事項	12

KEEPALLOYⅡのラインアップ

リサイクル性を向上させた新鉛レス銅合金 **KEEPALLOYⅡ** の一つである新鉛レス・カドミレス高耐食性黄銅棒には、鍛造用黄銅棒である“**XA メタル**”と切削用黄銅棒である“**XC メタル**”とがあります。



KEEPALLOYⅡの特徴

- **KEEPALLOYⅡ** は、環境に配慮して鉛の含有量を 0.2% 以下、カドミウムの含有量を 75ppm 未満としており、欧州連合（EU）の RoHS 指令等環境関係の規制に適合する鉛レス・カドミレス黄銅材料です。
- **KEEPALLOYⅡ** は、米国の銅開発協会（CDA）へ“**No.C46750**”として登録されています。
- 改正米国飲料水安全法（SDWA: Safe Drinking Water Act）が 2014 年 1 月 1 日に改正される予定で、飲料水用に使用される配管部材に含まれる鉛の加重平均値が 0.25% 未満に制限されます。**KEEPALLOYⅡ** は、改正米国飲料水安全法及び関連する NSF/ANSI 61 に対応する黄銅材料です。
- **KEEPALLOYⅡ** に関連する特許は、日本をはじめとして海外の主要国へ出願されています。

＜XAメタルの特徴＞

- **XA メタル**は、優れた熱間鍛造性を有する鍛造用黄銅棒です。
- **XA メタル**は、熱間鍛造後に所定の熱処理を行うことで耐脱亜鉛腐食性を得ることが出来る耐脱亜鉛腐食性黄銅棒です。
- **XA メタル**は、耐エロージョン・コロージョン性及び耐応力腐食割れ性に優れる高耐食性鍛造用黄銅棒です。

＜XCメタルの特徴＞

- **XC メタル**は、優れた機械的性質を有する切削用黄銅棒です。
- **XC メタル**は、耐脱亜鉛腐食性とともに耐エロージョン・コロージョン性及び耐応力腐食割れ性に優れる高耐食性切削用黄銅棒です。

諸特性の比較一覧

材料		KEEPALLOYⅡ		快削黄銅棒	鍛造用黄銅棒	青銅鋳物
		XA メタル	XC メタル	C3604	C3771	CAC406 CAC406C
機械的性質		◎	◎	◎	◎	○
切削性	被削性	△	△	◎	○	○
	表面粗さ	◎	◎	○	○	○
熱間鍛造性		○	—	—	◎	—
耐食性	耐脱亜鉛腐食性	○	○	—	—	◎
	耐エロージョン・コロージョン性	○	○	—	—	◎
	耐応力腐食割れ性	◎	◎	○	○	◎

* 各材料の評価は、材料間で相対評価をし、◎は優れる、○は良好、△は劣る を示しています。

* **XA メタル**及び C3771 の耐食性は、鍛造品による評価です。尚、**XA メタル**は鍛造後に熱処理を行った鍛造品で評価しています。

XAメタル・XCメタルの化学成分

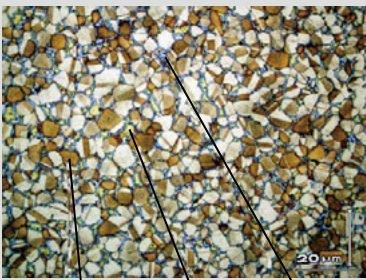
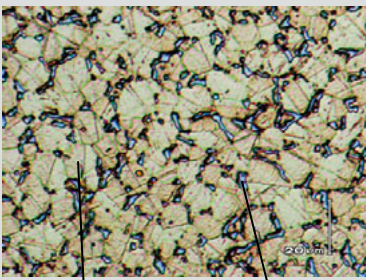
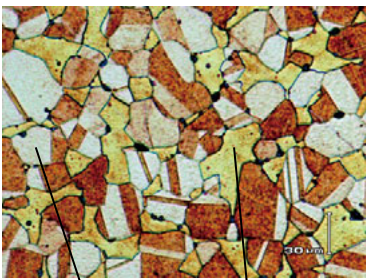
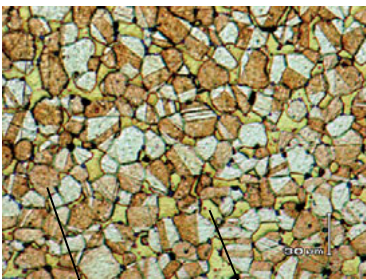
【代表例】

材料	化学成分 (%)								
	Cu	Sn	Fe	Pb	特殊元素	Si	Bi	Cd	Zn
	銅	すず	鉄	鉛		シリコン	ビスマス	カドミウム	亜鉛
XAメタル	60.7	1.5	0.10 以下	0.20 以下	0.4	—	—	75ppm 未満	残
XCメタル	61.2	1.2	0.10 以下	0.20 以下	0.4	—	—	75ppm 未満	残
C3771	59.0	Sn+Fe: 1.0 以下		2.5	—	—	—	一般材仕様 CD75 仕様	残
C3604	59.0	Sn+Fe: 1.0 以下		3.2	—	—	—	一般材仕様 CD75 仕様	残

* カドミウムの含有量の保証値は、CD75 仕様では 75ppm 未満です。一般仕様にはありません。

XAメタル・XCメタルの金属組織

XAメタル及びXCメタルと、比較材料として C3771 材及び C3604 材の棒材の顕微鏡金属組織写真を示します。

材料	金属組織写真	材料	金属組織写真
XAメタル (倍率 500 倍)		XCメタル (倍率 500 倍)	
C3771 (倍率 500 倍)		C3604 (倍率 500 倍)	

XAメタル及びXCメタルの棒材は、一般黄銅棒や従来の耐脱亜鉛腐食黄銅棒に比べγ相を多く析出させています。γ相を結晶粒界に多く析出させることで耐食性を向上させています。

XAメタル・XCメタルの機械的性質

【代表例】

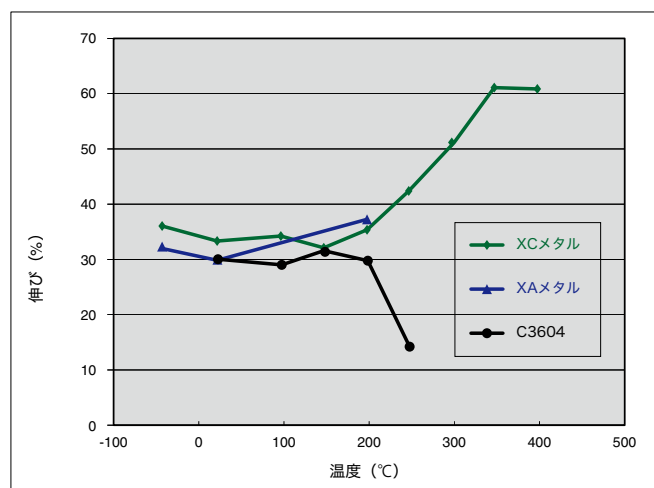
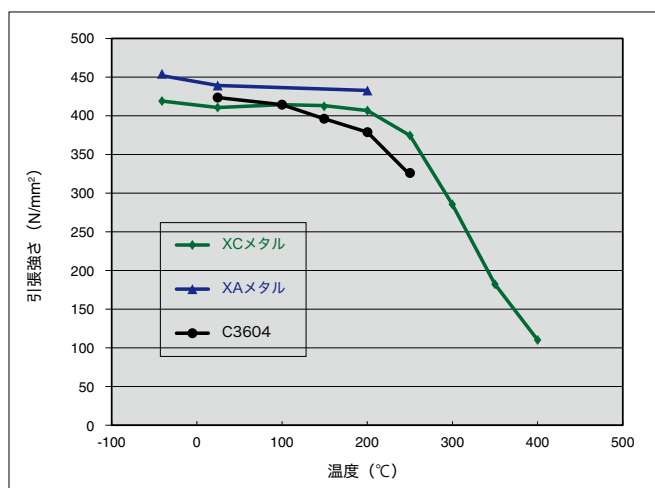
用途	材料	製法 (サイズ)	引張強さ N/mm ²	0.2% 耐力 N/mm ²	伸び %	硬さ Hv	シャルピー衝撃値 J (at 20°C)
鍛造用	XAメタル	押出 (Ø30)	481	247	25	121	24.9
	C3771	押出 (Ø33)	350	140	45	90	30.4
切削用	XCメタル	引抜 (Ø35)	408	238	37	105	28.7
	C3604	引抜 (Ø24)	450	340	26	140	28.5

* 引張試験は、JIS Z 2201 の 4 号試験片を使用しています。

* シャルピー衝撃試験は、JIS Z 2202 の 2mmU ノッチ試験片を使用しています。

* 機械的性質は、同一材料でも押出し、絞り、熱処理条件等によって異なります。

XAメタル・XCメタルの高温特性



XAメタル・XCメタルの物理的性質

【代表例】

材料	融点 °C		比熱 J/kg・K (at 20°C)	比重 (at 20°C)	熱伝導率 W/m・K (at 20°C)	導電率 % IACS
	液相線	固相線				
XA メタル	889	841	432	8.48	103	22.1
C3771	895	880	377	8.42	117	27.0
XC メタル	891	837	406	8.40	98	22.2
C3604	900	885	377	8.50	117	26.0

材料	線膨張係数 $\times 10^{-6}/K$ (20 ~ 300°C)	縦弾性係数 kN/mm ²	ポアソン比	破壊靱性 K_{IC} MPa・m ^{1/2}
XA メタル	20.7	106	0.35	24.4
C3771	20.0	103	0.35	—
XC メタル	20.2	121	0.29	23.4
C3604	20.5	96	0.32	24.3

* データの一部は、伸銅品データブック（日本伸銅協会発行）より引用しています。

XAメタル・XCメタルの疲れ試験（疲労試験）

a) 試験方法

片振り引張軸荷重疲労試験方法によって行いました。

b) 試験機器

使用した機器は、MTS Systems Corp. 社（米国）製の電気油圧サーボ疲労試験機 MTS -810 Material Test System です。

c) 試験片

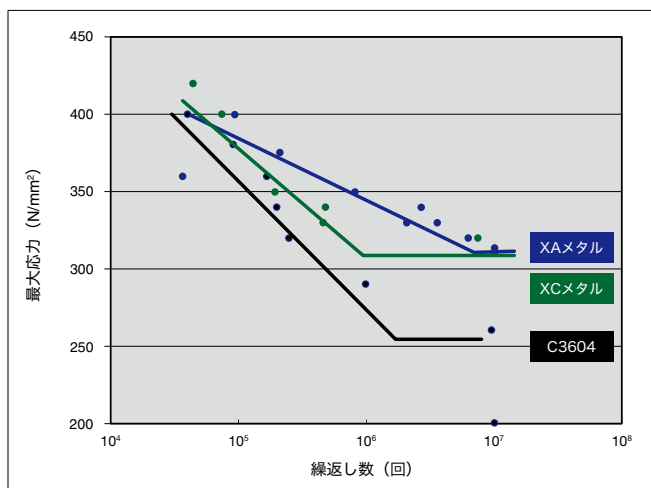
JIS Z 2201 に規定される 10 号試験片を使用して、平行部表面 #320 以上の研磨紙で研磨仕上げを行いました。

d) 試験結果

● 疲れ限度（疲労限度）

材料	疲れ限度（疲労限度） N/mm ²
XA メタル	310
XC メタル	310
C3604	260

● 疲れ限度（S－N 線図）



a) 旋削及び穿孔加工条件

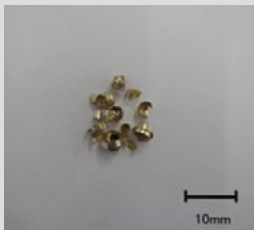
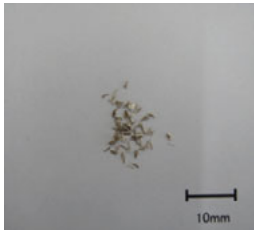
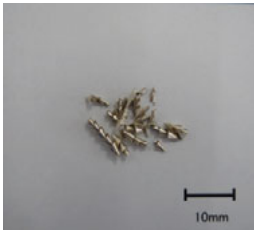
方法	材料径	切削速度 m/min.	回転数 rpm	送り量 mm/rev	切込み量 mm	ドリル径 mm	切削条件
旋削加工	Ø15	59	1,250	0.43	1.0	—	ドライ
穿孔加工	—	26	1,250	0.43	—	Ø6.5	ドライ

b) 試験結果

材料	切削性指数 (%)		表面粗さ (Ra)
	旋削加工	穿孔加工	旋削加工
C3604	100	100	1.70
XCメタル	54	51	1.43

* 切削性指数 (%) = [(C3604 の切削抵抗値) / (各材料の切削抵抗値)] × 100

c) 切粉の観察結果

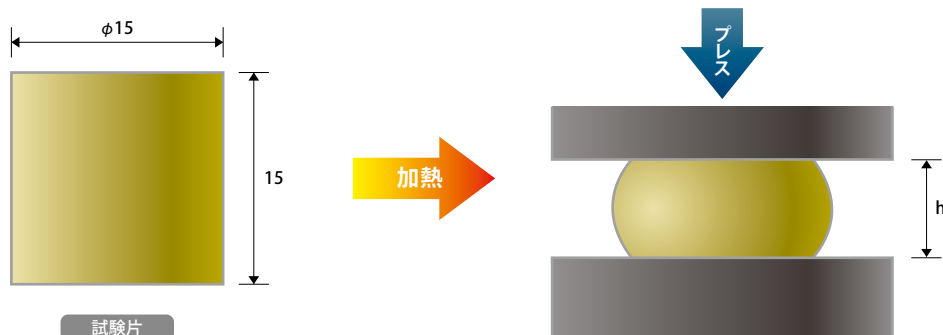
材料	XCメタル		C3604	
方法	旋削加工	穿孔加工	旋削加工	穿孔加工
切粉の 写真				

d) 評価結果

- **XCメタル**の切削性について、ここに示した切削条件では切削指数は C3604 材より低い値を示し、切粉の形状はやや繋がる傾向を示しています。
- **XCメタル**の切削性は、加工機の種類、能力、刃物（形状・材質）、加工物の形状等に大きく影響を受けます。個々の加工物に対して適切な切削条件を選定することが必要になります。

a) 試験方法

下図に示す形状の試験片を試験温度まで加熱した後、あらかじめ決められたアプセット率までプレス機でプレスし、試験片の表面に発生する割れの有無を目視によって観察し材料を評価しました。



b) 試験結果

材料			XA メタル					C3771				
外観写真												
鍛造温度（℃）			670	700	730	760	790	670	700	730	760	790
鍛造性評価	アプセット率（%）	45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		55	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○
		60	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○
金属組織			粒状		針状			粒状		針状		
推奨鍛造温度（℃）			730 ～ 780					680 ～ 740				

* アプセット率 (%) = $[(15 - h) / 15] \times 100$

* 鍛造性の評価は、アプセット試験後目視にて表面に割れない場合は○、割れが見られるものは×としました。

c) 評価結果

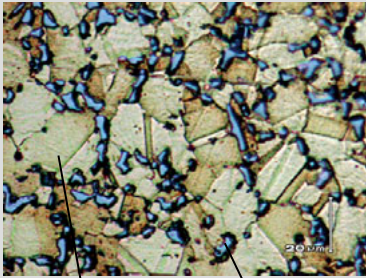
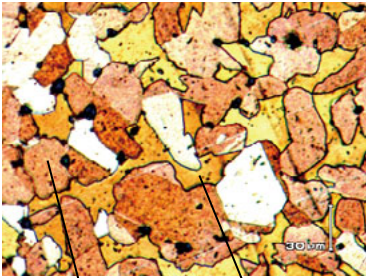
XA メタルは、C3771 材と同等の広い範囲のアプセット率及び鍛造温度で良好な鍛造性を示しています。ここに示した推奨鍛造温度は目安です。個々の鍛造作業では製品の形状や鍛造条件等が異なりますので、実際のワークで試打ちの上、最適な鍛造温度を確認してから鍛造することを推奨致します。

d) 鍛造品の熱処理条件について

XA メタルは、安定した耐脱亜鉛腐食性の確保と残留応力の除去を目的として、鍛造後に実体温度で 450 ～ 480℃、2 時間以上保持の熱処理を行って下さい。但し、鍛造品に耐脱亜鉛腐食性を要求しない場合はこの熱処理は不要となります。

e) 鍛造品の金属組織写真

鍛造後に実体温度で 450 ～ 480℃、2 時間以上保持の熱処理を行った **XA メタル**の鍛造品と C3771 材の鍛造品の顕微鏡金属組織写真を示します。

材料	XA メタル（鍛造品）	C3771（鍛造品）
金属組織写真 (倍率 500 倍)	 α相 γ相	 α相 β相

XAメタル・XCメタルの耐脱亜鉛腐食性

XAメタルの鍛造品及び比較材料として C3771 の鍛造品、C3604 の棒材に対して、脱亜鉛腐食試験を国際規格（ISO 6509-1981） / 日本工業規格（JIS H 3250-2010 の附属書 A）と日本工業規格（JIS H 3250-2010 の附属書 B）の 2 種類の方法で行いました。

1. 国際規格（ISO 6509-1981） /

日本工業規格（JIS H 3250-2010 の附属書 A）による脱亜鉛腐食試験

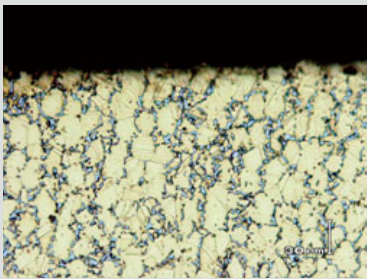
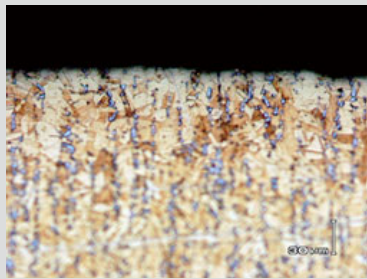
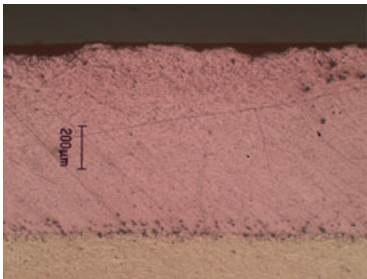
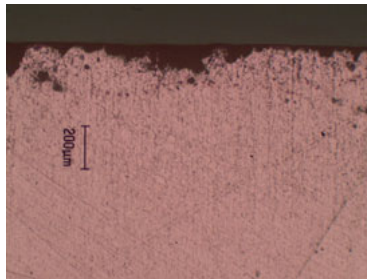
a) 試験方法

75%、1% の $\text{CuCl}_2(\text{CuCl}_2 - 2\text{H}_2\text{O}:12.7 \sim 12.8 \text{ g/L})$ 溶液に試験片（暴露面積 100 mm^2 以上）を 24 時間浸漬した後、暴露面の腐食深さを測定します。

b) 評価基準

最大脱亜鉛腐食深さ：200 μm 以下

c) 試験結果と脱亜鉛腐食試験後の顕微鏡組織写真

材料	試験結果	材料	試験結果
XAメタル (鍛造品)		XCメタル (棒材)	
	(倍率 200 倍) 最大脱亜鉛深さ：42 μm β 、 γ 相の栓状型腐食		(倍率 200 倍) 最大脱亜鉛深さ：30 μm β 、 γ 相の栓状型腐食
C3771 (鍛造品)		C3604 (棒材)	
	(倍率 50 倍) 最大脱亜鉛深さ：1,380 μm 層状型腐食		(倍率 50 倍) 最大脱亜鉛深さ：1,450 μm 層状型腐食

* XAメタルは、鍛造後所定の熱処理を行った試験片で脱亜鉛腐食試験を行っています。

d) 評価結果

- XAメタルを使った鍛造品（鍛造後に所定の熱処理を実施）は、ヨーロッパの EN 規格のグレード A 及び JIS（最大脱亜鉛深さ：200 μm 以下）に適合します。
- XCメタル（棒材）は、ヨーロッパの EN 規格のグレード A 及び JIS（最大脱亜鉛深さ：200 μm 以下）に適合します。

2. 日本工業規格（JIS H 3250-2010 の附属書 B）による脱亜鉛腐食試験

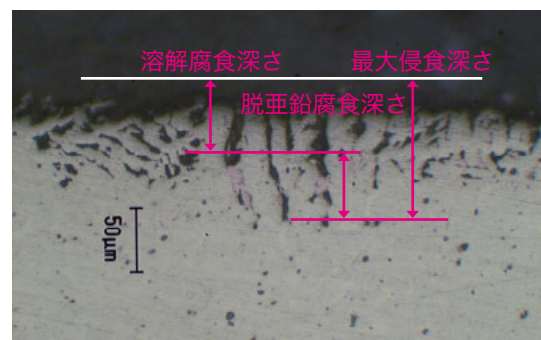
a) 試験方法

0.5M-NaCl + 5×10^{-3} M-NaHCO₃ 水溶液（NaCl:29.22g/L、NaHCO₃:0.42g/L）に混合ガス（CO₂:O₂:N₂=10:20:70）を通して飽和させます。この液（PH 6.5 ～ 7.0）に白金電極（-）と暴露試料電極（+）をセットし、60℃の溶液の中に電流密度 1.0mA/cm² で 24 時間通電後、暴露面の最大浸食深さを測定します。最大浸食深さは溶解腐食深さと脱亜鉛腐食深さを合わせた最大深さの部分の値となります。

b) 評価基準

評価ランク	最大浸食深さ（μm）
第 1 種	70 以下
第 2 種	100 以下
第 3 種	150 以下

適用する評価ランクの種別は、個々の製品規格で規定されるか受渡当事者間の協定により決まります。



c) 試験結果と脱亜鉛腐食試験後の顕微鏡組織写真

材料	試験結果	材料	試験結果
XA メタル （鍛造品） （倍率 200 倍）		XC メタル （棒材） （倍率 200 倍）	
	最大浸食深さ：68μm β、γ 相の柱状型腐食		最大浸食深さ：55μm β、γ 相の柱状型腐食
C3771 （鍛造品） （倍率 50 倍）		C3604 （棒材） （倍率 50 倍）	
	最大浸食深さ：160μm 層状型腐食		最大浸食深さ：165μm 層状型腐食

* **XA メタル**は鍛造後、所定の熱処理を行った試験片で脱亜鉛腐食試験を行っています。

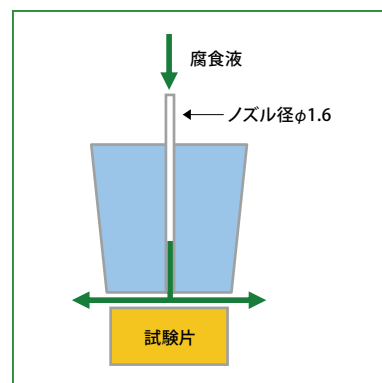
d) 評価結果

- **XA メタル**を使った鍛造品（鍛造後に所定の熱処理を実施）は、評価ランクの第 2 種及び第 3 種に適合します。
- **XC メタル**（棒材）は、評価ランクの第 2 種及び第 3 種に適合します。

XAメタル・XCメタルの耐エロージョン・コロージョン性

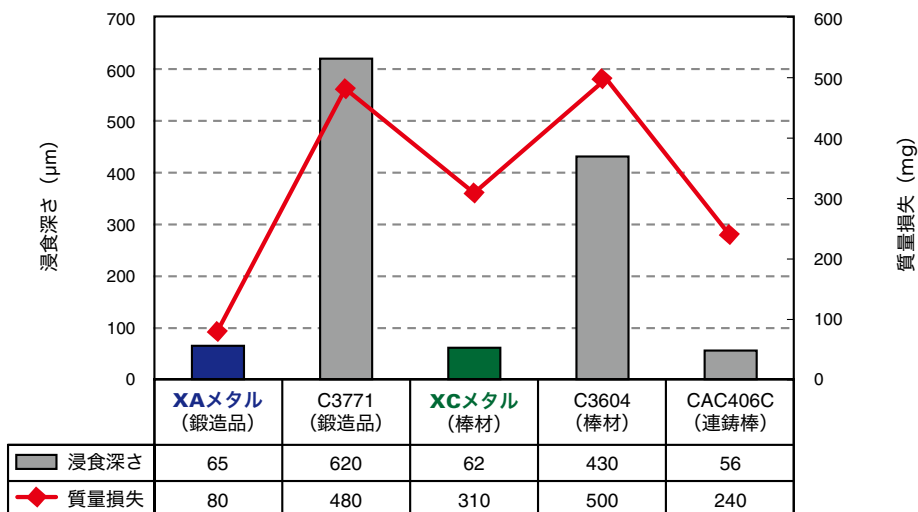
a) 試験方法

材料の耐エロージョン・コロージョン性を評価する方法として、広島大学工学部松村教授が開発された隙間噴流腐食試験方法により評価しました。隙間噴流腐食試験は右図のような試験装置を用いて、試験液（ $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、12.7g/1000mL 40℃）を $\phi 1.6$ のノズルを通して、試験片に0.4L/minの流量を5時間流します。試験後の表面の形状、表面粗さ及び質量の変化を測定します。



b) 試験結果

浸食深さと質量損失比較



材料	XAメタル (鍛造品)	C3771 (鍛造品)	XCメタル (棒材)	C3604 (棒材)	CAC406C (連铸棒)
表面写真					
腐食形態	層状腐食	環状腐食	層状腐食	環状腐食	層状腐食

c) 評価結果

XAメタル及びXCメタルは、CAC406C材とほぼ同様の層状腐食で全体が均一に腐食されており、C3771材やC3604材に比べて遥かに優れた耐エロージョン・コロージョン性を持った材料です。

XAメタル・XCメタルの耐応力腐食割れ性

a) 試験方法

管用テーパ雌ねじを加工した評価用継手に、雄ねじを加工したブッシングなどをある一定のトルクでねじ込み引張応力を加えた状態で、14% アンモニア雰囲気でのどの位の時間で表面に割れが発生するかを観察します。同一条件で試験することにより、比較する材料と評価する材料との相対的な評価が出来ます。

b) 試験条件・判定基準

供試材	・ XA メタル（所定の熱処理をした鍛造品） ・ XC メタル（棒材） ・ C3771（鍛造品） ・ C3604（棒材）	 《鍛造品》 ・ XA メタル ・ C3771	 《棒材》 ・ XC メタル ・ C3604
相手材	ブッシング PB(1) 1/2 SCS13A（ステンレス鋼）		
締め付けトルク	9.8N・m		
雰囲気	常温のアンモニア雰囲気（14%NH ₃ 溶液）		
腐食時間	4H、8H、16H、24H、48H		
判定基準	割れの有無を目視及び実体顕微鏡で観察 ○：割れなし △：割れあり（目視判定不能、実体顕微鏡にて判定） ×：割れあり		

a) 試験結果

材料	各腐食時間における判定結果				
	4H	8H	16H	24H	48H
XAメタル（所定の熱処理をした鍛造品）	○	○	△	△	△
C3771（鍛造品）	○	△	×	×	×
XCメタル（棒材）	○	○	○	○	△
C3604（棒材）	○	△	△	△	△

b) 評価結果

- XAメタルの鍛造品は、C3771 材の鍛造品と比較して優れた耐応力腐食割れ性を有しています。
- XCメタルは、C3604 材と比較して優れた耐応力腐食割れ性を有しています。

XAメタル・XCメタルの製造範囲

XAメタル及びXCメタルの標準仕様による製造範囲は以下のとおりです。

材料	形状	径・対辺寸法 mm		長さ mm
		引抜棒	押出棒	引抜棒・押出棒
XAメタル	丸形棒	10～75	21.5～75	2,000～4,000（許容差：+15,0）
XCメタル	丸形棒	8～75	25～75	
	六角棒	8～55	28～70	

* 標準仕様以外の形状・寸法の製品は別途ご相談の上製作致します。

XAメタル・XCメタルのリサイクル原材料（切粉も含む）の取扱について

XAメタル及びXCメタルのリサイクル原材料（切粉も含む）について、以下のような取扱を推奨致します。

- XAメタル及びXCメタルのリサイクル原材料（切粉も含む）は、鉛入り黄銅材（C3604、C3771 など）のリサイクル原材料（切粉も含む）との混入が許容される一定の割合の範囲で取扱う。
- 鉛入り黄銅材（C3604、C3771 など）のリサイクル原材料（切粉も含む）は、XAメタル及びXCメタルのリサイクル原材料（切粉も含む）との混入が許容される一定の割合の範囲で取扱う。
- XAメタル及びXCメタルのリサイクル原材料（切粉も含む）は、ビスマス系やシリコン系鉛レス黄銅材料のリサイクル原材料（切粉も含む）とは完全に分離して取扱う。

使用上の注意事項

XAメタル及びXCメタルを含めて一般的に黄銅材料は、加工するときの条件や使用条件によっては応力腐食割れや脱亜鉛腐食、時期割れなどが発生することがあります。黄銅材料を使用した製品を設計するときにはこれらの点を考慮すると共に、製品の評価試験を行って要求品質を満足することを確認してから使用して下さい。



ご注意

当該資料に掲載しております特性値は、当社における社内試験のもとで得られた代表的な数値であり、材料の特性を保証する値ではありません。
また、これらの値は社内規格や試験規格の改定及び材料の特性改善により予告なく変更することがあります。

KITZ

株式会社 キッツ メタルワークス

本社・工場／〒391-8555 長野県茅野市宮川字小早川7377 TEL.0266-79-3030 FAX.0266-70-1800

幕張事務所／〒261-8577 千葉県千葉市美浜区中瀬1-10-1 TEL.043-299-1747 FAX.043-299-1793

●お客様問い合わせ先

関東営業所／〒261-8577 千葉県千葉市美浜区中瀬1-10-1 TEL.043-299-1747 FAX.043-299-1793

甲信営業所／〒391-8555 長野県茅野市宮川字小早川7377 TEL.0266-79-3030 FAX.0266-70-1800

中部営業所／〒451-0045 愛知県名古屋市西区名駅3-9-37 48KTビル6階 TEL.052-569-5114 FAX.052-563-8684

関西営業所／〒550-0013 大阪府大阪市西区新町1-34-15 大阪グレンチェックビル4階 TEL.06-6533-1714 FAX.06-6533-0053

URL : <http://kitzmetalworks.com>



この印刷物は、環境に配慮し、
植物油インキを使用しています。 1310①ITP