

COPPER ALLOY TUBES FOR HEAT-EXCHANGER

熱交換器用銅合金管



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





1. はじめに
2. 銅合金の諸性質
 2. 1. 管の化学成分
 2. 2. 管の機械的性質
 2. 3. 銅合金の物理的性質
 2. 4. 焼鈍特性
 2. 5. 高温特性
 2. 6. 温度と許容応力
 2. 7. クリープラプチャー強度
 2. 8. 疲労強度
3. 熱交換器用銅合金管(アルミブラス管)の製造工程と品質管理
4. 銅合金管の製作範囲
5. アルミブラス管の耐食性についての特長
6. 神鋼メタルの復水器および熱交換器用伝熱管
 6. 1. U字曲げ管
 6. 2. ローフィンチューブ
 6. 3. コルゲートチューブ
 6. 4. 石油石油化学用二重管
 6. 5. 復水器用二重管
 6. 6. フェロコチューブ
 6. 7. KC Tube
 6. 8. 熱交換器の保守総合診断
7. 結 び

1. はじめに

弊社では1917年より海水を冷却水とする熱交換器用銅合金管を製造しており、1929年には耐食性のすぐれた特殊アルミニウム黄銅(アルミブラス管)を開発いたしました。その後アルミブラス管は数々の研究を積重ね、また製造技術の向上とともに、より良好な品質および耐食性を兼ね備えた製品となり、1963年JIS規格に規定されました。また、そのほかキュプロニッケルなど各種の銅合金管も製造しており、アルミブラス管とともに電力、船舶、石油、造水装置などの復水器ならびに各種熱交換器用管としてご愛用いただいております。

さらに研究開発、製造技術の開発を続けてより良い製品をご提供すべく努力しておりますが、ここにアルミブラス管を始めとする各種銅合金管をお奨めするにあたり、その特性をご説明し、設計ならびにご使用に際してのご参考にしていただきたく存じます。

2. 銅合金の諸性質

2. 1. 化学成分

単位：%

規格および合金番号	Cu	Al	As	Ni	Sn	Mn	P	Fe	Pb	Mg	Zn	その他の規定
アルミニウム黄銅												
海軍アルミニウム JIS H3300 C6872T	76.0- 79.0	1.8- 2.5	0.02- 0.06	0.20- 1.0	—	—	—	≤0.05	≤0.05	—	残部	—
ASTM B111 C68700 ASME SB111 C68700	76.0- 79.0	1.8- 2.5	0.02- 0.10	—	—	—	—	≤0.06	≤0.07	—	残部	—
EN12451 CuZn20Al2As	76.0- 79.0	1.8- 2.3	0.02- 0.06	≤0.1	—	≤0.1	≤0.01	≤0.07	≤0.05	—	残部	その他の不純物 計≤0.3
アドミラルティ黄銅												
JIS H3300 C4430T	70.0- 73.0	—	0.02- 0.06	—	0.9- 1.2	—	—	≤0.05	≤0.05	—	残部	—
ASTM B111 C44300 ASME SB111 C44300	70.0- 73.0	—	0.02- 0.06	—	0.9- 1.2	—	—	≤0.06	≤0.07	—	残部	—
EN12451 CuZn28Sn1As	70.0- 72.5	—	0.02- 0.06	≤0.1	0.9- 1.3	≤0.1	≤0.01	≤0.07	≤0.05	—	残部	その他の不純物 計≤0.3

規格および合金番号	Cu	Ni	Fe	Pb	Zn	Mn	Co	C	S	その他の規定
キュプロニッケル										
JIS H3300 C7060T	—	9.0-11.0	1.0-1.8	≤0.05	≤0.50	0.20-1.0	—	—	—	Cu+Ni+Fe +Mn≥99.5
ASTM B111 C70600 ASME SB111 C70600	残部	9.0-11.0	1.0-1.8	≤0.05	≤1.0	≤1.0	—	—	—	—
EN12451 CuNi10Fe1Mn	残部	9.0-11.0	1.0-2.0	≤0.02	≤0.5	0.5-1.0	≤0.1*	≤0.05	≤0.05	その他の不純物 計≤0.2
JIS H3300 C7100T	—	19.0-23.0	0.50-1.0	≤0.05	≤0.50	0.20-1.0	—	—	—	Cu+Ni+Fe +Mn≥99.5
ASTM B111 C71000 ASME SB111 C71000	残部	19.0-23.0	0.50-1.0	≤0.05	≤1.0	≤1.0	—	—	—	—
JIS H3300 C7150T	—	29.0-33.0	0.40-1.0	≤0.05	≤0.50	0.20-1.0	—	—	—	Cu+Ni+Fe +Mn≥99.5
ASTM B111 C71500 ASME SB111 C71500	残部	29.0-33.0	0.40-1.0	≤0.05	≤1.0	≤1.0	—	—	—	—
EN12451 CuNi30Mn1Fe	残部	30.0-32.0	0.4-1.0	≤0.02	≤0.5	0.5-1.5	≤0.1*	≤0.05	≤0.05	その他の不純物 計≤0.2
JIS H3300 C7164T	—	29.0-32.0	1.7-2.3	≤0.05	≤0.50	1.5-2.5	—	—	—	Cu+Ni+Fe +Mn≥99.5
ASTM B111 C71640 ASME SB111 C71640	残部	29.0-32.0	1.7-2.3	≤0.05	≤1.0	1.5-2.5	—	—	—	—
EN12451 CuNi30Fe2Mn2	残部	29.0-32.0	1.5-2.5	≤0.02	≤0.5	1.5-2.5	≤0.1*	≤0.05	≤0.05	その他の不純物 計≤0.2

注) *は最大0.1%までのCoはNiとしてカウント。

**BS,DINの旧規格でも対応できます。

2. 2. 機械的性質

規格および合金番号 類別	引張強さ N/m/ (MPa)	耐力 N/m/ (MPa)	伸び (%)	硬さ HV 5kg	へん平 試験	押しげ 試験	時期割 れ試験	結晶粒度	
アルミニウム黄銅									
神鋼アルミブラス管 JIS H3300 C6872T	O	≥375	—	≥40	—	○	○	○	0.010-0.045*
ASTM B111 C68700	Ann.	≥345*	≥125*	—	—	○	○	○	0.010-0.045
ASME SB111 C68700	Ann.	≥345	≥125	—	—	○	○	○	0.010-0.045
EN 12451 CuZn20Al2As	R340	≥340	≥120	≥55	—	—	○	○	0.010-0.050
	H070	—	—	—	70-100	—	○	○	0.010-0.050
	R390	≥390	≥150	≥45	—	—	○	○	—
	H085	—	—	—	85-110	—	○	○	—
アドミラルティール黄銅									
JIS H3300 C4430T	O	≥315	—	≥30	—	○	○	○	0.010-0.045*
ASTM B111 C44300	Ann.	≥310*	≥105*	—	—	○	○	○	0.010-0.045
ASME SB111 C44300	Ann.	≥310	≥105	—	—	○	○	○	0.010-0.045
EN 12451 CuZn28Sn1As	R320	≥320	≥100	≥55	—	—	○	○	0.010-0.050
	H060	—	—	—	60-90	—	○	○	0.010-0.050
	R360	≥360	≥140	≥45	—	—	○	○	—
	H080	—	—	—	80-110	—	○	○	—
キュープロニッケル									
JIS H3300 C7060T	O	≥275	—	≥30	—	○	○	—	0.010-0.045*
ASTM B111 C70600	Ann.	≥275*	≥105*	—	—	○	○	—	0.010-0.045
ASME SB111 C70600	Ann.	≥275	≥105	—	—	○	○	—	0.010-0.045
EN 12451 CuNi10Fe1Mn	R290	≥290	≥90	≥30	—	—	○	○	0.010-0.050
	H075	—	—	—	75-105	—	○	○	0.010-0.050
	R310	≥310	≥220	≥12	—	—	○	○	—
	H105	—	—	—	105-150	—	○	○	—
	R480	≥480	≥400	≥8	—	—	○	○	—
H150	—	—	—	≥150	—	○	○	—	
JIS H3300 C7100T	O	≥315	—	≥30	—	○	○	—	0.010-0.045*
ASTM B111 C71000	Ann.	≥310*	≥110*	—	—	○	○	—	0.010-0.045
ASME SB111 C71000	Ann.	≥310	≥110	—	—	○	○	—	0.010-0.045
JIS H3300 C7150T	O	≥365	—	≥30	—	○	○	—	0.010-0.045*
ASTM B111 C71500	Ann.	≥360*	≥125*	—	—	○	○	—	0.010-0.045
ASME SB111 C71500	Ann.	≥360	≥125	—	—	○	○	—	0.010-0.045
EN 12451 CuNi30Mn1Fe	R370	≥370	≥120	≥35	—	—	○	○	0.010-0.050
	H090	—	—	—	90-120	—	○	○	0.010-0.050
	R480	≥480	≥300	≥12	—	—	○	○	—
	H120	—	—	—	≥120	—	○	○	—
JIS H3300 C7164T	O	≥430	—	≥30	—	○	○	—	0.010-0.045*
ASTM B111 C71640	Ann.	≥435*	≥170*	—	—	○	○	—	0.010-0.045
ASME SB111 C71640	Ann.	≥435	≥170	—	—	○	○	—	0.010-0.045
EN 12451 CuNi30Fe2Mn2	R420	≥420	≥150	≥30	—	—	○	○	0.010-0.050
	H090	—	—	—	90-125	—	○	○	0.010-0.050

注) *は指定のある場合のみ実施。○は実施を表す。ASTM, ASMEの耐力値は0.5%アンダーロード。

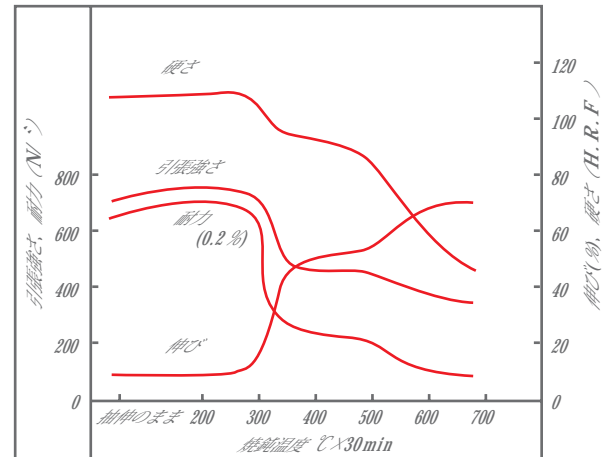
**BS, DINの旧規格にも対応できます。

2. 3. 銅合金の物理的性質

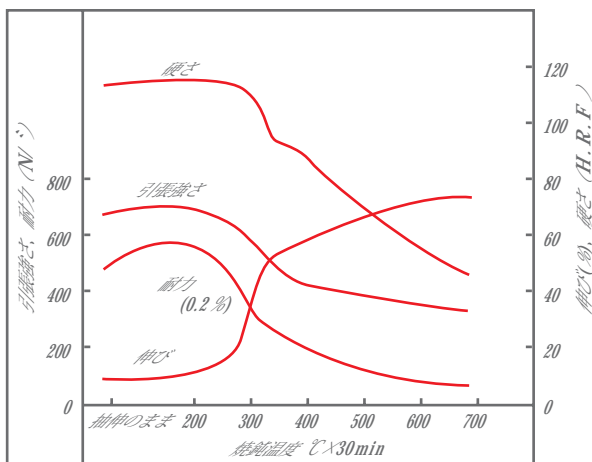
銅合金の種類	密度 g/cm ³ (20℃)	熱伝導率 W/(m・K) (20℃)	線膨張係数 1/℃ (20-300℃)	比熱 J/(kg・K) (20℃)	弾性係数 N/cm ² (室温)
アルミブラス	8.4	1.0 × 10 ²	18.5 × 10 ⁻⁶	0.38	11 × 10 ⁴
アドミラルティール黄銅	8.6	1.1 × 10 ²	20.2 × 10 ⁻⁶	0.38	11 × 10 ⁴
90/10 キュプロニッケル	8.9	0.5 × 10 ²	17.1 × 10 ⁻⁶	0.38	12 × 10 ⁴
80/20 キュプロニッケル	8.9	0.3 × 10 ²	16.8 × 10 ⁻⁶	0.38	14 × 10 ⁴
70/30 キュプロニッケル	8.9	0.3 × 10 ²	16.2 × 10 ⁻⁶	0.38	15 × 10 ⁴

2. 4. 焼鈍特性

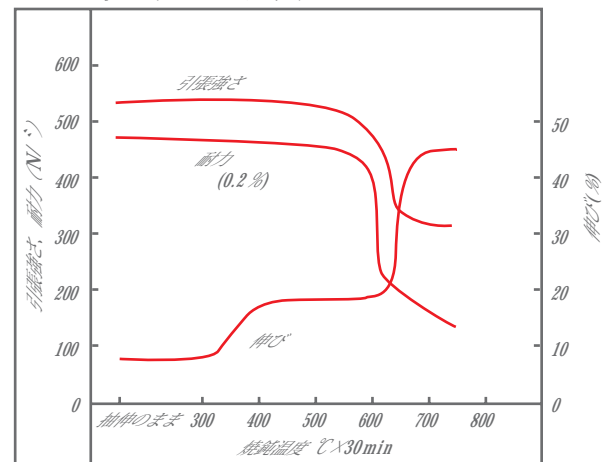
アルミブラス



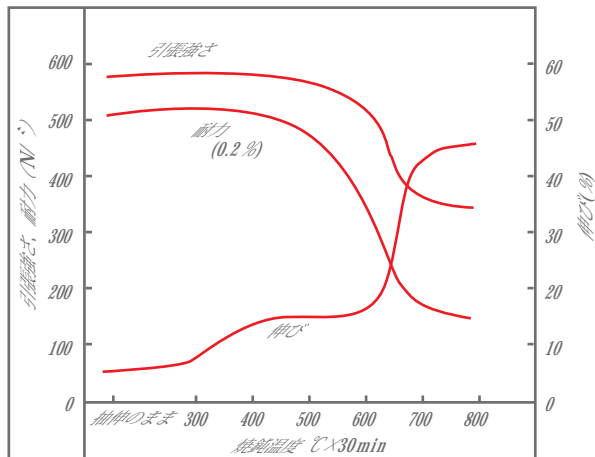
アドミラルティール黄銅



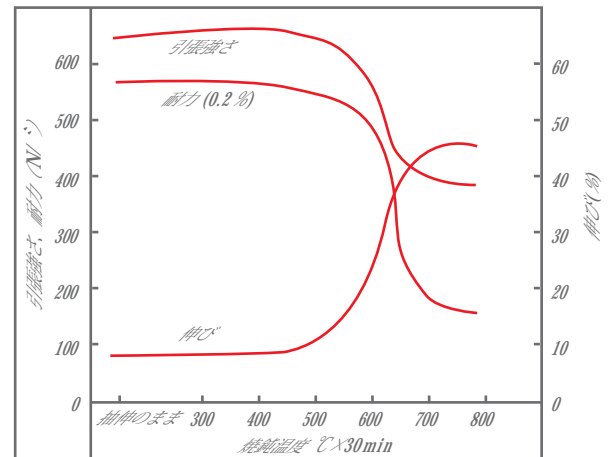
90/10キュプロニッケル



80/20キュプロニッケル



70/30キュプロニッケル



2.5. 高温特性(測定値)

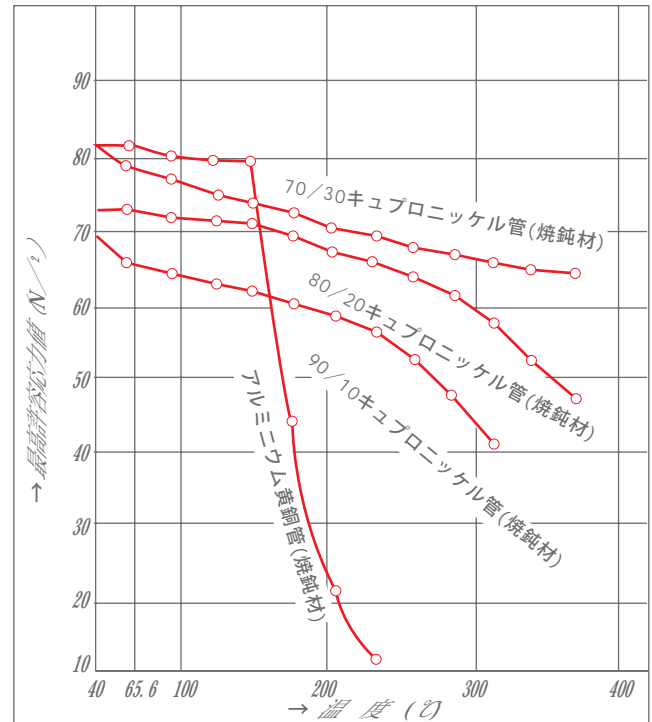
試験温度 ℃	0.2% 耐力	引張強さ	伸 び %	絞 り %
	N/mm ²	N/mm ²		
アルミブラス				
R.T.	246	455	39	65
100	234	437	37	63
200	223	410	39	60
300	209	333	26	30
400	129	279	22	23
500	71	157	30	30
90/10 キュプロニッケル				
R.T.	106	312	45	78
200	89	268	35	78
300	85	258	32	61
400	86	237	30	60
550	79	150	41	40
80/20 キュプロニッケル				
R.T.	121	329	44	81
200	105	284	38	80
300	90	270	35	76
400	92	250	31	56
550	88	160	17	15
70/30 キュプロニッケル				
R.T.	144	366	41	75
200	126	318	37	73
300	119	287	35	65
400	104	243	19	15
550	93	175	16	15

2. 6. 温度と許容応力

アルミニウム黄銅管、90/10、80/20および70/30
 キュプロニッケル管について各温度に於ける最高許容
 応力値を示します。（ASME Boiler and Pressure
 Vessel Code 2001による。）

加熱管の材料別許容応力と使用温度との関係

(ASME Sec. I Table UNF 23 参照)



この許容応力を使って、外径19mm、肉厚1.245mmの管
 について、その最高許容内圧を算出すると、次のよう
 になり、これよりヒーターチューブとしての各材質の使

用限界温度はおよそアルミニウム黄銅180℃、90/10キ
 ュプロニッケル300℃、80/20キュプロニッケル370℃、
 70/30キュプロニッケル370℃程度と考えられます。

温度と最高許容内圧

温 度 ℃	アルミニウム黄銅	90/10 キュプロニッケル	80/20 キュプロニッケル	70/30 キュプロニッケル
121	11.1MPa	8.8MPa	9.9MPa	10.5MPa
149	11.1	8.5	9.8	10.3
177	6.2	8.2	9.6	10.1
204	3.1	8.1	9.4	9.8
232	1.6	7.8	9.2	9.6
260	—	7.6	8.9	9.4
288	—	6.6	8.5	9.4
316	—	5.7	8.0	9.1
343	—	—	7.4	9.1
371	—	—	6.7	8.9

$$P = \frac{2S \times t}{D - 0.8t}$$

(P：最高許容内圧、t：管の肉厚、D：管の外径、S：最高許容応力)
 (MPa) (mm) (mm) (N/mm²)

2.7. クリープラプチャー強度(測定値)

試験温度 ℃	ラプチャー強度 N/mm^2			
	100h	1,000h	10,000h	100,000h
アルミブラス				
100	430	420	—	—
200	280	250	190	160
300	110	80	60	—
90/10 キュプロニッケル (ann.)				
200	—	260	—	—
300	260	250	220	200
400	190	170	160	140
80/20 キュプロニッケル (ann.)				
200	—	—	—	—
300	260	230	210	200
400	170	140	120	110
70/30 キュプロニッケル (ann.)				
200	—	—	—	—
300	260	230	200	180
400	140	120	90	50

2.8. 疲労強度(測定値)

試験機……………小野式回転疲労試験機

試験片最終仕上げ……………エメリー紙により研摩後バフ研磨仕上げ

銅合金の種類	引張強さ N/mm^2	伸び %	疲労強度 (10 ⁷ サイクル) N/mm^2
アルミブラス	450	46	230
90/10 キュプロニッケル	310	45	150
80/20 キュプロニッケル	340	45	150
70/30 キュプロニッケル	390	45	170

3. 熱交換器用銅合金管の製造工程と品質管理

1. 原料配合

製品の使用条件は厳しく、高度の耐食性が要求されるため、化学成分は規格、仕様より厳しい社内規格を設け管理しています。そのため、原料は厳選されたものを使用し配合しています。

2. 溶解鑄造

溶解は誘導電気炉で行います。この炉は金属の酸化やガス吸収が少なく、更には溶湯攪拌により成分が均一となり、また温度調整が容易という特長があります。精錬された溶湯は水冷式鑄型に鑄込まれ(半連続鑄造)、組織が均一でブローホール等の欠陥が少なく、また偏析や巻き込みもない、健全なインゴットが造られます。成分管理は出湯前に蛍光X線分析装置により、迅速に行っています。

3. 押出し

インゴットは所定の長さに切断(ビレット)し、加熱後、油圧プレスに押出し、素管とします。押出しの際はビレットの表面層を筒状に残し、素管の表面品質向上を図り、素管は全数外観検査(内外面)と肉厚チェックの後、不良部は切り捨てます。

4. 圧延または抽伸

素管はピルガーミルまたは抽伸機により冷間で粗加工します。この工程では大きな加工率で加工し、均質化を図るとともに、定期的に外観と寸法をチェックし、品質を管理しています。

5. 焼鈍、酸洗および抽伸

粗加工された材料はローラーハース式の連続焼鈍炉により熱処理を行い、酸洗後、抽伸機により加工します。熱処理では抜取りで硬度をチェックし、抽伸ではダイス、プラグなどの工具管理を厳重に行い、寸法精度と外観状況について管理しています。

この焼鈍、酸洗及び抽伸を繰り返しながら、所定の寸法に仕上げます。

6. 矯正および脱脂

所定寸法に加工後全数矯正機により、曲り取りを行なうとともに脱脂します。

7. 非破壊検査

材料は全数全長にわたって貫通型コイルにより規定の渦流探傷検査を行い、不良部は自動的に切除します。

8. 外観検査

非破壊検査後、規定の長さに切断し、両端の面取りを行い、要求があれば水圧テスト(通常6.85MPa)を行います。その後、全数外観検査(内外面)と寸法検査を行いません。

9. 光輝焼鈍

ローラーハース式連続光輝焼鈍炉により全数熱処理を行います。製品の光輝度を確保し、また規定の機械的性質となるように炉内雰囲気、炉内温度、送り速度、装入量等を管理しております。

10. 材料試験

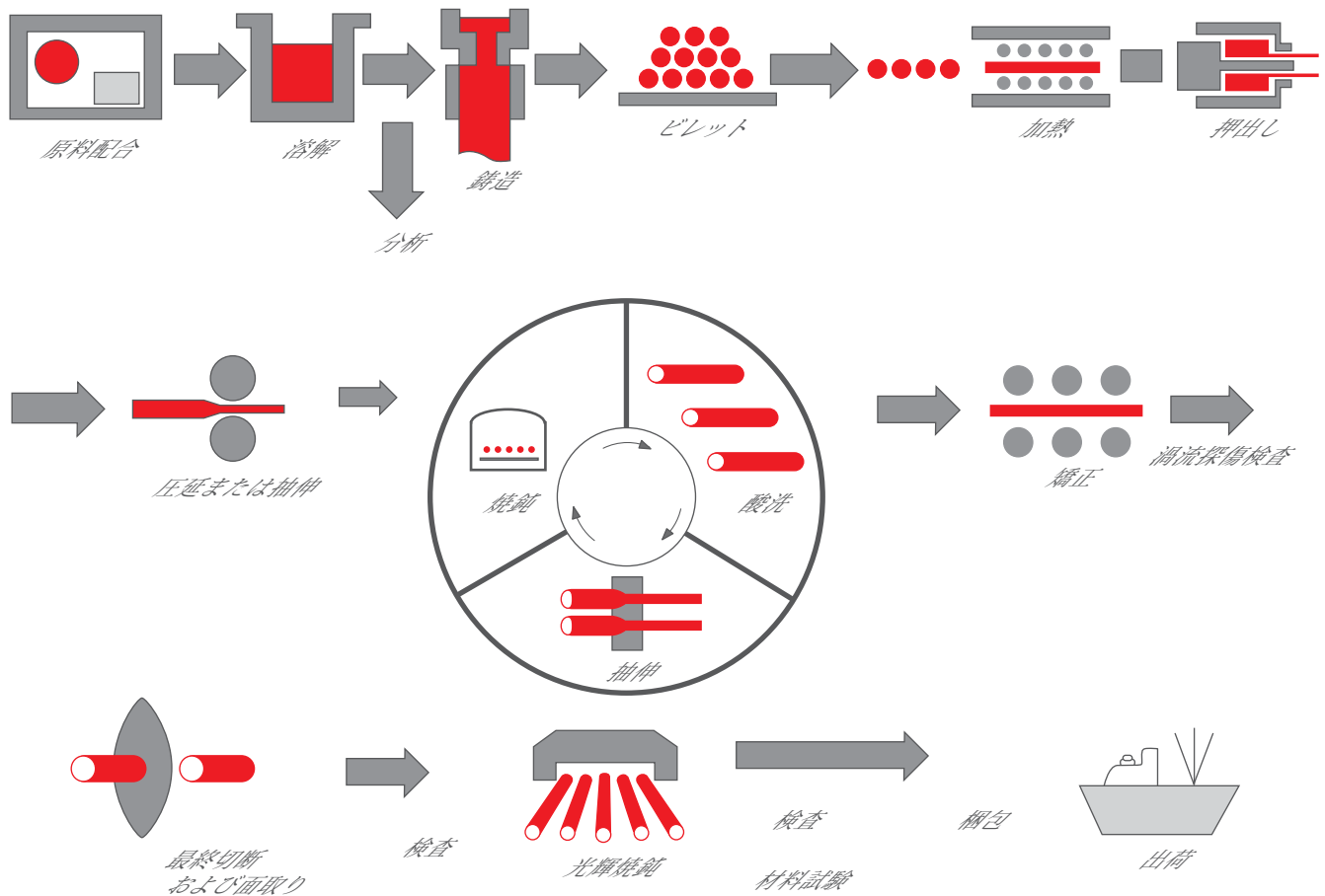
製品から抜取りでサンプリングし、規定の仕様に基づいて種々の材料試験を実施します。(引張り、硬さ、結晶粒度、押広げ、へん平、時期割れ試験)

11. 最終非破壊検査

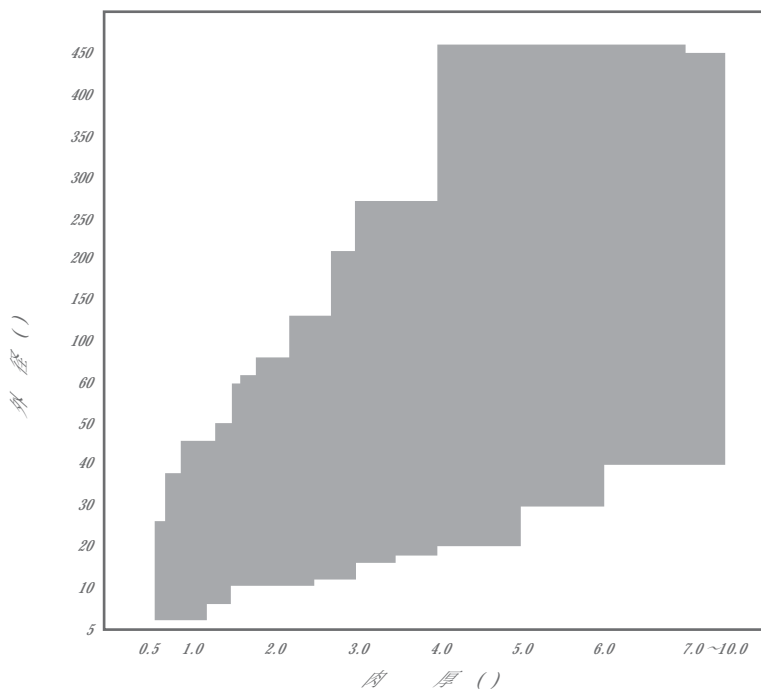
仕様、用途により、梱包前に再度貫通型コイルと回転型コイルによる渦流探傷検査を行い、品質の万全を図っています。

12. 梱包

最終外観検査終了後、規定の方法により梱包し保管します。



4. 銅合金の製作範囲 (配管用も含む)



	外 径		
	6.0 ~ 60 φ未満	60 ~ 110 φ未満	110 φ以上
長さ	25m Max.	10m Max.	6.1m Max.
重量	60kg Max.	50kg Max.	210kg Max.

※110φ以上の対象品種、寸法、単長、単重につきましては
 にご相談下さい。

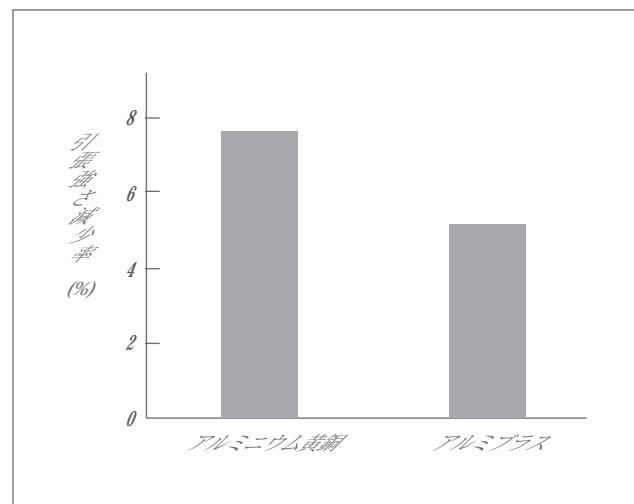
5. アルミブラスの耐食性についての特長

アルミブラスはアルミニウム黄銅の中で、0.20～1.0%のニッケルを含むことを特長としております。ニッケルを添加することにより、次に示すように汚染海水腐食、潰食、脱亜鉛腐食、デポジットアタックなどに対して耐食性が向上します。

5.1. 汚染海水腐食に耐食的です。

サンプルの中央部にスポンジデポジットをつけ、発電所構内の冷却海水中に10ヶ月間浸漬したあと、引張り試験により引張強さ減少率を測定しました。

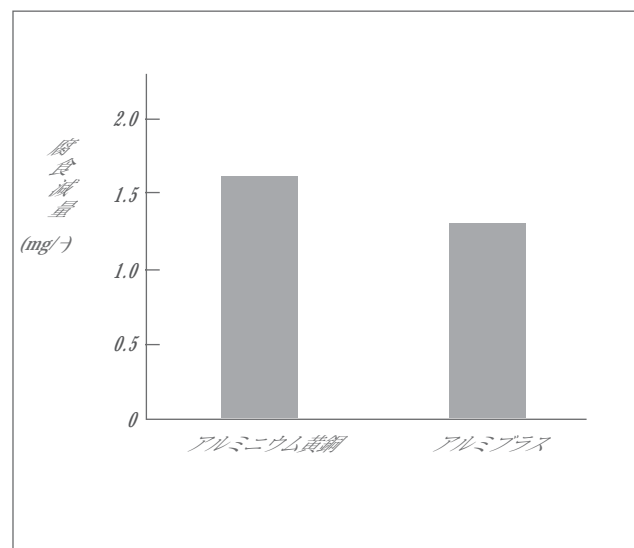
サンプル形状: 1.2t × 20 × 200
水質: pH7.1, NH₄ 2.5ppm, 溶存酸素tr



汚染海水浸漬試験結果

5.2. 潰食に耐食的です。

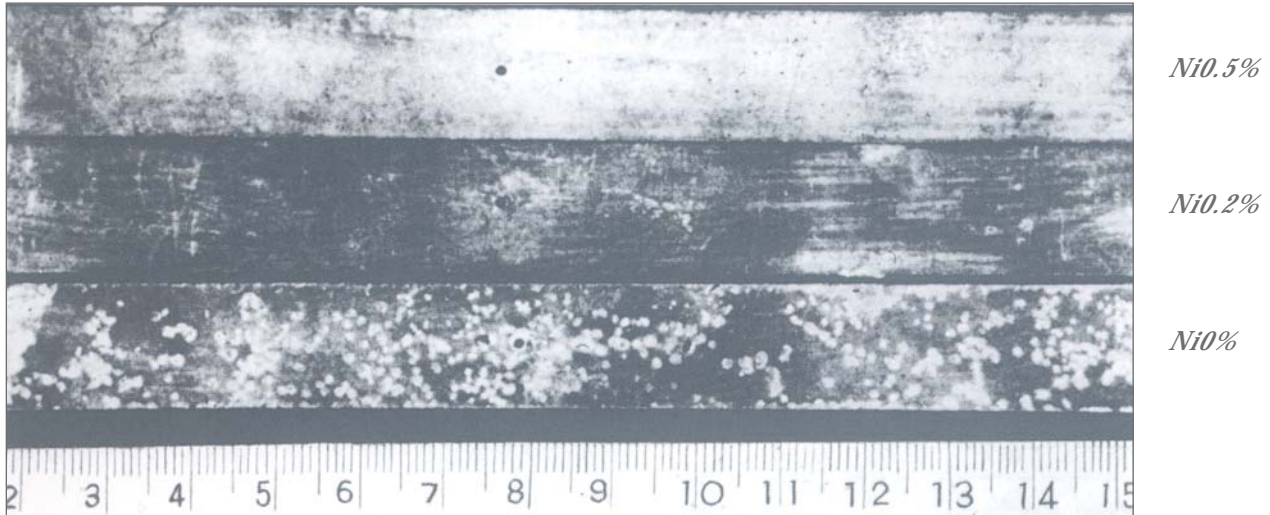
清浄海水中において周速5.5～8m/secで回転円板試験を28日間実施し、腐食減量を測定しました。



回転円板試験結果

5. 3. 脱亜鉛腐食に対して耐食的でず。

人工汚染海水による流水試験を行ないました。試験条件は流速1.2m/sec、温度30℃、試験時間138時間で試験水は NH_4^+ 1~2ppm、 S^{2-} 0.5ppm添加した人工汚染海水です。写真を示すように、0.2%以上のニッケルを含むものには脱亜鉛腐食の発生が見られません。

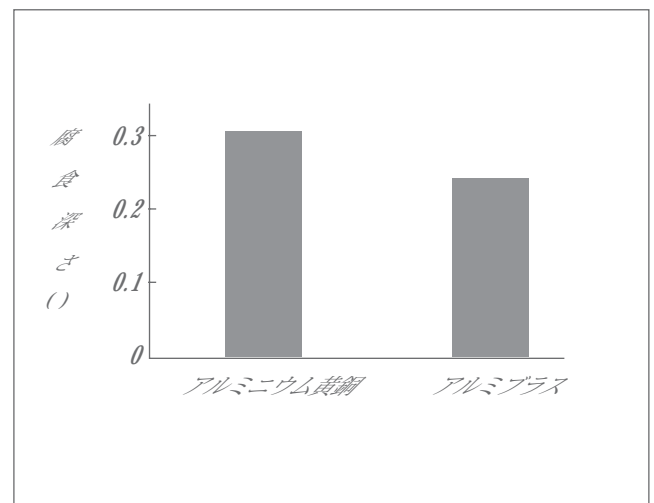


脱亜鉛腐食試験結果

5. 4. デポジットアタックに対して耐食的でず。

人工汚染海水による振動型デポジットアタック試験を行ないました。

流速は1.4m/sec、試験温度は20~30℃、試験時間は407時間、人工汚染海水は清浄海水に NH_4^+ 1~2ppm、 S^{2-} 0.5ppm添加しました。デポジットはガラス玉であり、試験後デポジット部分の腐食深さを測定しました。



振動型デポジットアタック試験結果

6. 神鋼メタルの復水器および熱交換器用伝熱管

6.1. U字曲げ管

各種材質のU字曲げ管の製作範囲、ならびに社内規格を示します。

	製作範囲 (mm)	
	最小	最大
外径	10	30
肉厚	0.8	5
曲げ半径	1.5D以上	800R以下
直管部長さ	10000以下	

曲げ半径	規格値 (±%)	
	外径許容差	肉厚許容差
2D以下	15	20
3D以下	10	18
4D以下	9	15
6D以下	8	10
8D以下	6	9
8Dを超えるもの	5	8

注) 1) Dは指定外径

2) 許容差の計算式は次の通り

$$\text{外径} = \left[\frac{\text{最大径(最小径)}}{\text{直管部平均外径}} - 1 \right] \times 100\%$$

$$\text{肉厚} = \left[\frac{\text{内側最大肉厚(外側最小肉厚)}}{\text{直管部平均肉厚}} - 1 \right] \times 100\%$$

3) 高圧ガス保安法の適用を受ける場合は、これに対応する許容差でも製造できます。

6.2. ローフィンチューブ

伝熱性能を改善するために外面にローフィン加工を施した管が使用されることがあります。弊社では用途に応じて、アルミブラス、キュプロニッケルなどの銅合金管のみならず炭素鋼鋼管、ステンレス鋼管、チタン管のローフィンチューブも製造しています。

また、トップクロス加工も可能です。

6.3. コルゲートチューブ

伝熱性能改善目的で、螺旋状の溝を付けた管が使用されることがあります。管内流体の乱流を促進して内面側の熱伝達係数を上げる目的や、外面側での凝縮液膜を薄く保つ目的などで使用されます。

弊社ではローフィンチューブと同様の材質について製造可能です。

6.4. 石油・石油化学用二重管

石油精製および石油化学工業の熱交換器で、管内外の腐食環境が異なる場合、外側を鋼管またはステンレス鋼管、内側をアルミブラスまたはキュプロニッケルで製作した二重管が使用されます。

管端部のガルバニック腐食を防ぐために、通常両管端は内管と同一材質のスリーブを取付けます。スリーブの長さは管板厚さの1/5~1/2程度とするのが普通です。

6.5. 復水器用二重管

チタン管は耐食性をはじめ、復水器細管として優れた特性を有しますが、銅合金管が使用されている復水器の細管をチタン管に取替えるには、強度面から制約を受けることがあります。そこで内面側をチタン管、外面側を銅合金管とした二重管を使用すれば、既設の復水器でも全チタン復水器と同様の運用が可能になります。すなわち、スポンジボール洗浄を適切な条件で実施すれば高い清浄度を維持して運転することが可能で、火力プラントでは燃料費低減が期待できます。

弊社では外面側の銅合金として応力腐食割れ感受性を持たないコーベニッケ管(3%キュプロニッケル管)を使用した復水器用二重管を製造しています。

6.6. フェロコチューブ

内面にオキシ水酸化鉄からなる保護皮膜を形成した管で、既に初期皮膜が形成されている状態での運用が可能になります。一部の管を取替える場合には、初期皮膜形成のための高濃度の鉄イオン注入が不要になるので、機器全体としては優れた伝熱性能が発揮できます。なお、鉄イオン注入処理そのものが困難な場合には特に優れた効果を発揮します。

6.7. KC tube

内面にエポキシ樹脂からなる保護皮膜を形成した管です。皮膜の耐摩耗性が特に優れるので、内面汚れが顕著なためにスポンジボールの連続洗浄が行なわれる環境などで優れた効果を発揮します。

6.8. 熱交換器の保守総合診断

弊社では熱交換器に装着されている伝熱管の渦流探傷検査を行っています。DSP方式による最新型コンピューター制御方式の探傷で、信頼性の高い結果を即時に報告できる体制を取っています。また、検査結果に基づき抜管された管の腐食状況などを調査して、腐食原因を総合的に診断し、防食対策についてのアドバイスも行い、御好評を得ております。なお、抜管調査のみによる診断も致しております。

7. 結び

復水器および各種熱交換器に使用される銅合金管について、材料特性、製造方法、防食対策などについてご説明致しました。熱交換器は使用期間が長期にわたり、かつさまざまな腐食環境が伴うので、製造面での安定した品質のみならず、防食対策その他の使用技術の不断の研究が必要です。そのため弊社では、神戸製鋼所を初めとする神鋼グループの試験研究部門との連携によって、製品品質の管理、新製品の開発、ならびに使用に際してのメンテナンス技術等に関する研究を進めております。

COPPER ALLOY TUBES FOR HEAT-EXCHANGER



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

当社製品のお問い合わせは
東京営業所: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。
URL:<http://www.shinkometal.co.jp/>

このカタログに掲載の商品には、外国為替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。