

**Q-16** アルミニウムブレーシングシートの種類および製造方法を教えてください。

**A-16** アルミニウムブレーシングシートとは、心材となるアルミニウム合金に、片面または両面にろう材を皮材として、通常、全板厚の5~15%の比率で貼り合わせたクラッド板であり、その断面を Fig. 1 に示します。その製法は、心材となるアルミニウム合金の鋳塊の片面または両面に、予め圧延にて板厚を調整したろう材を重ね合わせて、熱間圧延により貼り付ける手法をとります<sup>1)</sup>。

ブレーシングシートを成形部品として組み合わせてろう付加熱することで、複雑な継手を多数有する構造品でも一括接合ができることから、主に熱交換器の分野に幅広く利用されております。

JIS に記載されたブレーシングシートのろう材の化学成分を Table 1 に、心材および犠牲陽極材の化学成分を Table 2 に示します<sup>2)</sup>。ろう材には、アルミニウムに約7~13%の濃度のSiを添加した4000系合金が用いられ、用途によって他の元素が添加されます。フラックスろう付では、主に4343、4045が使用され、Mgの蒸発による酸化膜の破壊あるいは除去により接合される真空ろう

付では、それらに0.2~2%のMgが添加された4004、4005あるいは4N04が使用されます。また、ろう流れ性を向上させるために0.02~0.2%のBiを添加した4104も使用されます。

心材は、ある程度の強度が必要であり、溶融ろうによる溶解を少なくするために比較的融点が高い3000系合金及び6000系の中でもMg添加量の少ない合金に限られております。

また、熱交換器は内部に冷媒が流れており、その防食を考慮したブレーシングシートがあることが特徴です。外面の防食には、ろう材に0.5~3.0%のZnを添加した4N43、4N45が使用され、冷媒側の防食には、ろう材と反対面に0.5~3.0%のZnを添加した犠牲陽極材である7072、7N82がクラッドされ、犠牲陽極フィン材として、心材に0.5~2.5%のZnを添加した3N03が使用されております。

以上のように用途に応じたブレーシングシートが規格化されておりますが、最近では、製品の強度や耐食性を向上させる目的で、JIS以外の種々の心材が実用化されつつあります。フィン材には、熱交換器性能を向上するために高熱伝導性が要求され、金属間化合物を析出分散させて熱伝導性を高めた組成が検討されております。また、心材とろ

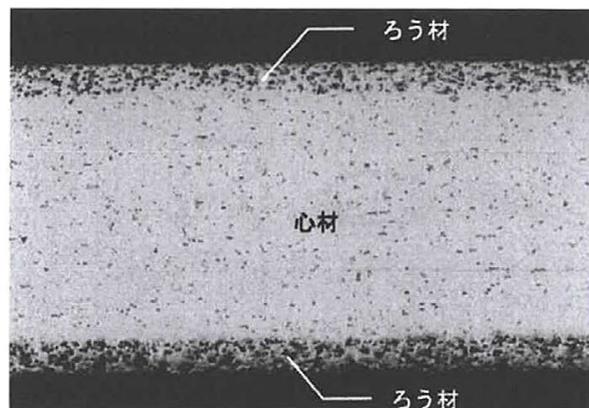
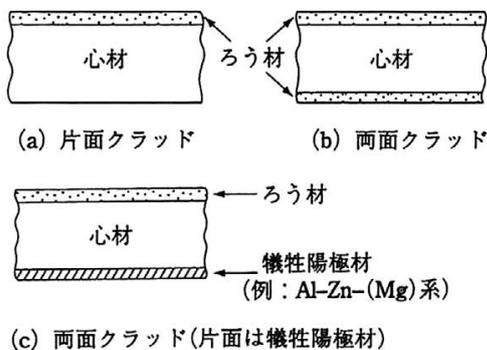


Fig. 1 ブレーシングシートの断面

Table 1 ろうの化学成分 (JIS Z 3263-2002)

合金番号	化 学 成 分* %											
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Bi	その他		Al
										個々	合計	
4343	6.8~8.2	0.8	0.25	0.10	—	—	0.20	—	—	0.05	0.15	残部
4045	9.0~11.0	0.8	0.30	0.05	0.05	—	0.10	0.20	—	0.05	0.15	残部
4004	9.0~10.5	0.8	0.25	0.10	1.0~2.0	—	0.20	—	—	0.05	0.15	残部
4005	9.5~11.0	0.8	0.25	0.10	0.20~1.0	—	0.20	—	—	0.05	0.15	残部
4N04	10.5~13.0	0.8	0.25	0.10	1.0~2.0	—	0.20	—	—	0.05	0.15	残部
4104	9.0~10.5	0.8	0.25	0.10	1.0~2.0	—	0.20	—	0.02~0.20	0.05	0.15	残部
4N43	6.8~8.2	0.8	0.25	0.10	—	—	0.5~3.0	—	—	0.05	0.15	残部
4N45	9.0~11.0	0.8	0.30	0.05	0.05	—	0.5~3.0	—	—	0.05	0.15	残部
4145	9.3~10.7	0.8	3.3~4.7	0.15	0.15	0.15	0.20	—	—	0.05	0.15	残部
4047	11.0~13.0	0.8	0.30	0.15	0.10	—	0.20	—	—	0.05	0.15	残部

\* 成分範囲のない数値は上限値 (例, 0.30は, 0.30以下を表す)

Table 2 心および犠牲陽極材の化学成分 (JIS Z 3263-2002)

合金番号	化 学 成 分* %										
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	その他		Al
									個々	合計	
3003	0.6	0.7	0.05~0.20	1.0~1.5	—	—	0.10	—	0.05	0.15	残部
3N03	0.6	0.7	0.20	1.0~1.5	—	—	0.5~2.5	—	0.05	0.15	残部
3N33	0.6	0.7	0.30~0.7	1.0~1.5	—	—	0.25	—	0.05	0.15	残部
3005	0.6	0.7	0.30	1.0~1.5	0.20~0.6	0.10	0.25	0.10	0.05	0.15	残部
3N43	0.6	0.7	0.30~0.7	1.0~1.5	0.05~0.6	—	0.25	—	0.05	0.15	残部
6951	0.20~0.50	0.8	0.15~0.40	0.10	0.40~0.8	—	0.20	—	0.05	0.15	残部
7072	Si+Fe 0.7		0.10	0.10	0.10	—	0.8~1.3	—	0.05	0.15	残部
7N82	Si+Fe 0.7		0.10	0.10	0.20~3.0	—	0.5~3.0	—	0.05	0.15	残部

\* 成分範囲のない数値は上限値 (例, 0.30は, 0.30以下を表す)

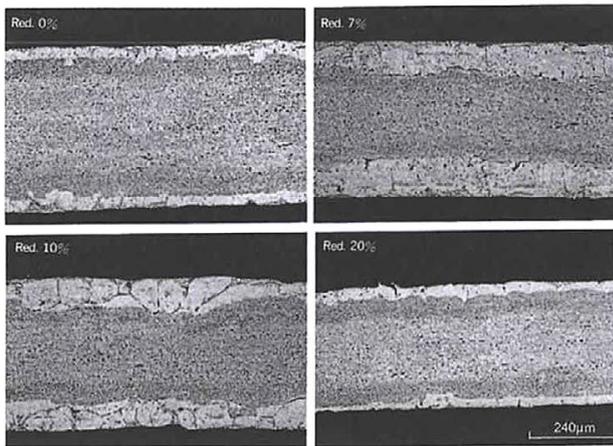
備考: ブレージングシートの皮材のうち, ろうは心材の両面又は片面にクラッドする. 犠牲陽極材 (7072又は7N82) を用いるときは片面にクラッドし, 他の片面にはろうをクラッドする.

ろう材との間に更に一層追加して, 耐食性を高める, あるいはろうの溶融防御層を形成させたシートも開発されています<sup>1)</sup>.

製法は, 熱間圧延後は通常の展伸材と変わりませんが, 良好なろう付を得るための注意, すなわちろうからの心材の溶融 (エロージョン) を抑制して作ることが必要になります. 製法によるエロージョンの要因は, 組成によっても異なりますが, ろう付前に10%以下の軽加工が加わって僅かなひずみが導入され, ろう付加熱温度までに再結晶が完了しない場合, あるいはろう付前に強加工

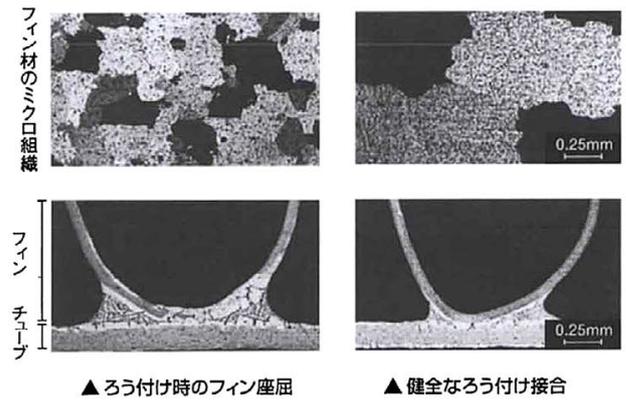
が加わり, ろう付加熱時に再結晶温度が低下して結晶粒径が小さい場合に生じます.

その影響は, 前者の場合が大きいとされ, 光学顕微鏡では確認できないサブミクロンの亜結晶粒にろうが浸透することが原因であり, その例を Fig. 2 に示します<sup>3)</sup>. 後者の場合も程度は低いものの結晶粒界にろうが浸透するので, フィン材のように板厚の薄い材料に使用される場合は注意が必要です. その例を Fig. 3 に示します. ろう付後結晶粒径が小さい場合は接合部が座屈変形してしまう等の不良が生じやすくなります<sup>1)</sup>.



**Fig. 2** 焼鈍後に軽加工を加えた材料のろう付後のエロージョン (Red. 7%と10%はエロージョンあり)

したがって、ブレージングシートを製造するときには、部品成形時の加工率を想定したうえで、適切なろう付加熱後の再結晶粒径を確保するための最終圧下条件および最終焼鈍条件を選定する必要があります。



**Fig. 3** フィン材のろう付後結晶粒径（表面）と接合部の断面

### 参 考 文 献

- 1) 軽金属溶接構造協会：アルミニウムブレージングハンドブック（改訂版），（2003，3）80，81，91.
- 2) JIS Z 3263（2002）.
- 3) 山内重徳，加藤健志：住友軽金属技報，32（1991）167.