



NIKKIN FLUX INC.
日本金属化学株式会社

フラックスによるアルミニウム溶湯処理について

工場, 営業部: 〒356-0051 埼玉県ふじみ野市亀久保1651
TEL: 049-262-1234 FAX: 049-264-9554

FACTORY, SALES DIV: 1651. Kamekubo Fujiminoshi Saitama 〒356-0051 Japan
TEL: 81-49-262-1234 FAX: 81-49-264-9554

1. はじめに・・・フラックスの必要性

アルミニウム合金は軽量であること、耐食性・加工性に優れていること、スクラップ化された屑などのリサイクリング（再資源化）による省エネルギー効果が大きいことなど多くの特徴に恵まれており、使用分野は多方面にわたっています。

今日のように、省エネルギー化及びコスト低減が叫ばれる中で、原材料を大切に使用し、より高い製品歩留まりの向上を推し進め、リサイクリングの強化を図る事が、今後の重要課題の1つと言えます。また、製品歩留まりの向上と合わせ、より高品質の製品が要求される中でアルミニウム鋳物の第一工程である、溶解作業用のフラックス処理が重要な役割を担うと考えられます。

特にアルミニウム合金は合金成分だけでなく、溶解された溶湯の性質が鋳物の良否に重要な影響を及ぼします。鋳物の良否は溶湯の良否と鋳型の良否によって大きく左右され、いかに鋳物方案が良く鋳型の設計製作が完全であっても、これに鋳込まれる溶湯に欠陥があれば良質な鋳物は得られません。したがって、鋳物の良否は溶湯の良否によって決まると言っても過言ではありません。このため、良質なフラックスを選択する事が必要不可欠と言えます。

フラックスは、メーカーにより配合原料及び配合率が異なりますので、自社の溶解条件に合ったものを選ぶ必要があります。

フラックスの選択に際しては以下の点にご留意下さい。

- 1) 使用目的（除さい・脱ガス・改良処理・組織微細化・不必要成分の除去等）
- 2) 使用地金（Na系・非Na系）
- 3) 使用温度（溶湯処理温度）
- 4) 低公害・発煙・発生ガスの有無

ご使用に当たっては、処理時の温度及び使用量をご確認下さい。また、フラックスは化学薬品ですので、溶湯との化学反応を効率的に行わなくてはなりませんので、フラックスとの溶湯の接触面積をなるべく大きくさせる事が必要で、フラックスを溶湯中に添加後、攪拌を充分に行って下さい。

また、フラックスと同様に溶湯の品質管理という点で、現場作業において溶湯には、下記の事項にご留意下さい。

- 1) 必要は合金成分が維持されていること。必要以外の成分で汚染されていないこと。
- 2) 合金の性質を劣化させるような有害ガス（水素）や酸素が除去されていること。
- 3) 溶湯作業の過程において、必要以上の高温（設定温度が正確に保たれているか）、あるいは長時間作業が行われ無いこと。

その他にも、経済的要因として、溶解作業中の地金の減耗が少ないこと、燃料消費量が少ないこともご確認下さい。

これらの諸事項をご認識の上、御社の作業標準に見合った製品をお選びいただき、良質な製品をお製造にお役立て下さい。

2. フラックスの原料とその性質

アルミ合金フラックスは、主としてアルカリ金属（ナトリウム・カリウム等）、アルカリ土類金属（カルシウム・バリウム・マグネシウム等）、及びアルミニウム、珪素等の塩素化合物・フッ素化合物等を主成分として、混合し製品とします。

主な原料の性質を次に示します。なお、既番とは、経済省が指定する既存化学物質番号を示します。

2-1 フッ素化合物

物質名	化学式	分子量	比重	融点	沸点	既番	備考
フッ化アルミニウム	AlF_3	83.89	2.88	1040		14	
フッ化ナトリウム	NaF	41.99	2.79	992	1704	332	
フッ化マグネシウム	MgF	62.31	3.15	1260	2260	328	
フッ化カルシウム	CaF	78.08	3.18	1360	2500	179	ホタル石
ケイフッ化カリウム	K_2SiF_6	220.28	3.08	分解		324	
ケイフッ化ナトリウム	Na_2SiF_6	188.06	2.68	分解		334	
ホウフッ化カリウム	KBF_4	125.91	2.5	分解		51	ボロン添加用
チタン弗化カリウム	K_2TiF_6	240.09	3.01	780		1097	チタン添加用
ジルコンフッ化カリウム	K_2ZrF_6	283.41	3.48	分解		1098	ジルコン添加用
クリオライト	Na_3AlF_6	209.94	2.90	1000		332.14	氷晶石
カリクリオライト	K_3AlF_6					1096	

2-2 塩素化合物

物質名	化学式	分子量	比重	融点	沸点	既番	備考
塩化アルミニウム	$AlCl_3$	133.34	2.44	190	183	12	潮解, 昇華, 煙
塩化ナトリウム	$NaCl$	58.45	2.16	800	1413	236	食塩
塩化カリウム	KCl	74.56	1.98	776	1500	228	
塩化カルシウム	$CaCl_2$	110.99	2.15	772	1600	176	潮解性
塩化マグネシウム	$MgCl_2$	95.22	2.32	712	1412	233	潮解性

2-3 炭素塩、硝酸塩、硫酸塩、その他

物質名	化学式	分子量	比重	融点	沸点	既番	備考
炭酸カリウム	K_2CO_3	138.21	2.43	891		153	
炭酸ナトリウム	$NaCO_3$	105.99	2.53	851	400	164	
炭酸カルシウム	$CaCO_3$	100.09	2.93	1339	825	122	
硝酸カリウム	KNO_3	101.11	2.10	330		449	
硝酸ナトリウム	$NaNO_3$	84.99	2.26	308		484	
硫酸カリウム	K_2SO_4	174.27	2.66	1069		454	
硫酸ナトリウム	Na_2SO_4	142.05	2.69	500		501	
ナトリウム	Na	22.99	0.97	97.5	880		
赤リン	P_4	123.90	2.20	400	752		

3. フラックスの分類と目的及び作用

3-1 分類

- (1) 除さい、酸化物除去、脱ガス用
- (2) 共晶、亜共晶Al-Si合金改良処理用
- (3) 結晶粒微細化用
- (4) ヒドロナリウム合金用
- (5) 高珪素アルミニウム合金微細化用
- (6) 発熱性除さい用（アルミ分回収処理用）
- (7) アルミ用特殊フラックス

3-2 目的及び作用

- (1) 除さい、酸化物除去用

アルミニウム合金の溶湯は酸素との結合力が多く、これと強力的に反応する為、アルミニウムの溶解炉や手許炉等の溶湯は常に酸化物の皮膜で覆われています。また、鋳物の溶解でリターン材等の原料を増やして溶解する場合は、インゴットに比べ表面積が大きいことと付着物などが影響して、溶解炉及び溶湯に多量の酸化物が発生します。これらの酸化物は、そのままの形でアルミ溶湯から製品に巻き込まれることがあり、加工の際に不良原因となる為、溶湯中から除去しなければなりません。酸化物は主に Al_2O_3 ですが、他に合金元素である、 $Mg \cdot Si \cdot Fe \cdot Cu \cdot Ti$ 等も酸素と結合して酸化物を生成します。



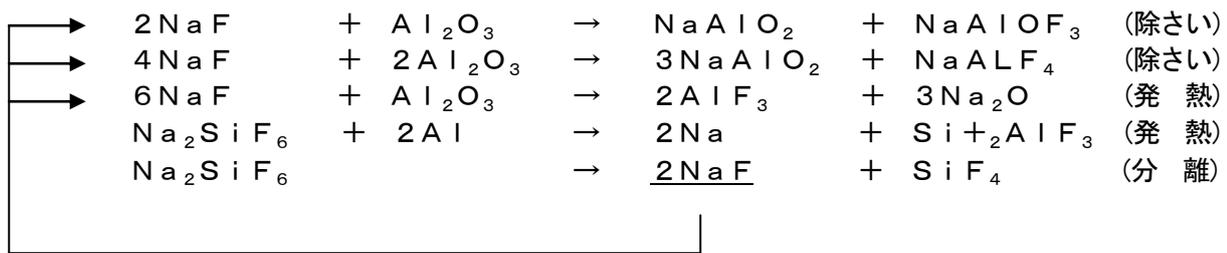
主な酸化物の比重は、およそ $Al_2O_3-3.5 \sim 3.9$ 、 $MgO-3.65$ 、 $Al_2O_3 \cdot MgO-3.55$ 、 $SiO_2-2.2 \sim 2.65$ でAl及びAl合金は $2.65 \sim 2.98$ で SiO_2 を除いて酸化物は全て重いのですが、酸化物は水素ガスの吸着などにより溶湯中に大部分、浮遊懸濁していると考えられます。この浮遊している酸化物を物理的（吸着）或いは、化学反応させて取り除くフラックスが除さい、脱酸用のフラックスです。

*フラックスによる溶湯中の酸化物分離機構について

フラックスの主成分は、ハロゲン化合物で塩素化合物（ $NaCl \cdot KCl$ ）、弗素化合物（ $NaF \cdot Na_2SiF_6$ ）の混合塩である。ハロゲン化合物は化学的に非常に活性であるため、フラックスの主成分として使用されます。

塩素化合物は、アルミニウム溶湯中では、ぬれ性のよい溶融塩を形成し、この溶融塩が微細酸化物を吸着しながら拡大し、多孔質の酸化物として、比重差により溶湯表面に押し上げる働きを行います。（溶融塩の比重は $2 \sim 2.2$ ）それと同時に、溶湯表面に集めた酸化物の層を溶湯から分離させる事が必要であるため、固体の酸化物と溶湯との界面をぬらし、界面エネルギーを低下させ酸化物を溶湯から分離させやすくする作用があります。

弗素化合物は酸化物の凝集作用及び凝集された酸化物及びフラックス層（ドロス）から発熱反応を起こさせ、ドロス中より金属アルミニウムを分離させやすくし、乾いた（ドライ状）ドロスを形成させます。



(2) 共晶・亜共晶 Al-Si 合金改良処理

1) ナトリウム添加剤

Si を 5～12% 程度含むアルミニウム合金は、ナトリウムを添加することにより組織が改良され機械的性質（引張り強さ・伸び）、鑄造性が向上します。また、凝固中の収縮が、改良しない合金では集中せず分散するので巣の生成は少ないです。

組織改良機構については諸説があり、いまだに定説はありませんが、その一説によると凝固組織に大きな Si の初晶結晶が現れたり、改良組織のように Al-Si 共晶の微細な組織となるのは、Al-Si 合金の融液から Al が先に核化して晶出し始めるか、Si が先に晶出し始めるかによって起こります。そこで、ナトリウムの添加によって、この Si の晶出する温度が下がり Al が先に晶出して発達するためと言われています。

フラックスによるアルミニウム合金の Na（ナトリウム）導入反応



共晶、亜共晶 Al-Si 合金の改良処理に必要な Na（ナトリウム）量はおよそ 20ppm 以上とされています。

2) ストロントリウム添加剤

ストロントリウムは、ナトリウムと同様に Al-Si 合金の合金組織（針状あるいは薄板状の形態をなす共晶 Si）を改良し、繊維状共晶組織に変化させ、機械的性質、特に伸びを改善します。

ナトリウムと比較しストロントリウムは融体中で安定しており、改良効果時間は長いですが、しかし、ナトリウムとは凝固形態が異なるため、鑄物に生じる巣の分散効果はナトリウムの方が大きいと言えます。

(3) 結晶微細化用

アルミニウム合金において結晶粒を微細化する事の利点

a) 製品中の巣の分散

厚肉部分は急冷されにくいいため、微細化剤を添加することにより、均一凝固させ機械的性質が向上し巣が分散されます。

b) 熱間割れの防止

結晶粒の粗合金では、その内部に局部的なひずみを持つ領域が多く発達しているため、凝固中に熱間割れを生じ易いですが、結晶粒が微細化されていると、これを防ぐ事が出来ます。

c) 耐圧性の向上

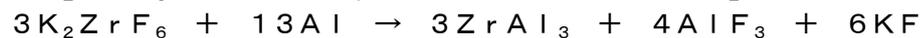
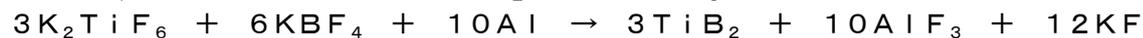
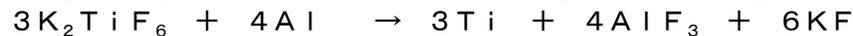
結晶粒が粗大な場合、吸収ガスの放出による気孔などが粒界に大きく発生して、これが連続すると耐圧性を損なうようになりますが、結晶粒が微細化されていると気孔は平均的に分散して耐圧性が向上します。

* フラックスによる微細化機構について

アルミニウム合金の結晶粒に及ぼす元素 (Ti・B・Zr等) を添加することによる、結晶組織の微細化 (微細化機構) については、諸説がありますが、いまだ詳しくは判明していません。その微細化機構の説の1つに結晶核生成説があり、最近では1番有力とされています。

これは、添加元素 (Ti・B・Zr等) を添加すると、 $TiAl_3 \cdot AlB_2 \cdot TiB_2 \cdot ZrAl_3$ が生成され、これが結晶核になり α 晶を微細化すると言われています。

フラックスによるアルミニウム合金のTi・B・Zrの導入反応



(4) ヒドロナリウム用

Al-Mg合金の特徴は良好な機械的性質、機械加工性ならびに優れた耐食性を有することです。しかし、この合金はMgが多量に含まれているので、溶湯の酸化が著しく、熔融状態において極めてドロスを生成しやすいので、溶解精錬は十分に行う必要があります。

溶解中の酸化防止には微量のBeが極めて効果があります。特にMgの多いヒドロナリウム合金には、欠かすことが出来ない成分です。

AC7Aは非熱処理合金でF材を用いられていますがAC7Aは鑄造のままでは Mg_2Al_3 が析出し、機械的性質や耐食性を害するので必ずT₄処理を施して用います。

ヒドロナリウム合金で特にMg量が多い場合は、モールド・リアクションのために鑄造の表面層が酸化することがあるので、砂に硼沸素アンモンを1~2%添加するか、鑄型表面に硼沸素アンモン水溶液をスプレーします。

フラックス使用上の注意点としては、ヒドロナリウム合金 (AC7A・7B) 等、5%以上マグネシウムを含む合金の処理には、ナトリウムを含んだフラックスは使用出来ません。

合金中にナトリウムが入るとマグネシムの酸化が進み、最終凝固の粒界に $Al_2O_3 \cdot MgO$ などが析出し、粒界エネルギーを低下させるため、機械的強さや耐食性を要求される製品に影響を与えます。

フラックスの成分としては、 $KCl \cdot MgCl_2 \cdot K_2SiF_6$ などのナトリウムを含まないものを使用しています。

(5) 高珪素アルミ合金微細化用

珪素を15~25%含む過共晶Al-Si合金は初晶珪素の粗大な結晶が析出し切削が極めて困難になり機械的性質を劣化させるため、隣 (P) を添加して結晶粒微細化処理を行います。

微細化機構は、Pを添加することによりAlPを生成させ、結晶核として初晶Siを微細化させます。微細化処理する際に注意すべき点として、Naの存在は禁物で絶対に避けなければなりません。溶湯中にNaが入るとAlPの発生を妨害し、 Na_3P を生じ、微細化効果を生じなくさせてしまいます。

(6) 発熱性除さい用（アルミ分回収処理用）

ドロス中の金属アルミ分を少なくし、溶解損失を減らします。

* 発熱反応によるアルミ分の回収機構

このフラックスの成分は熱分解により酸素を放出する化合物を含み、これがドロス中のアルミの細かい粒と反応し、燃焼・発熱・テルミット反応を起こして温度を上昇させ、さらに空気中の酸素が加わります。この反応が繰り返され拡大し次第に高温となりアルミ粒が熔融して合体し、大きい粒から湯溜まりに溜まるまでに発展し、ドロス中の金属アルミを回収します。

(7) その他の特殊フラックス

二次合金製造の際、合金元素を調整するフラックス

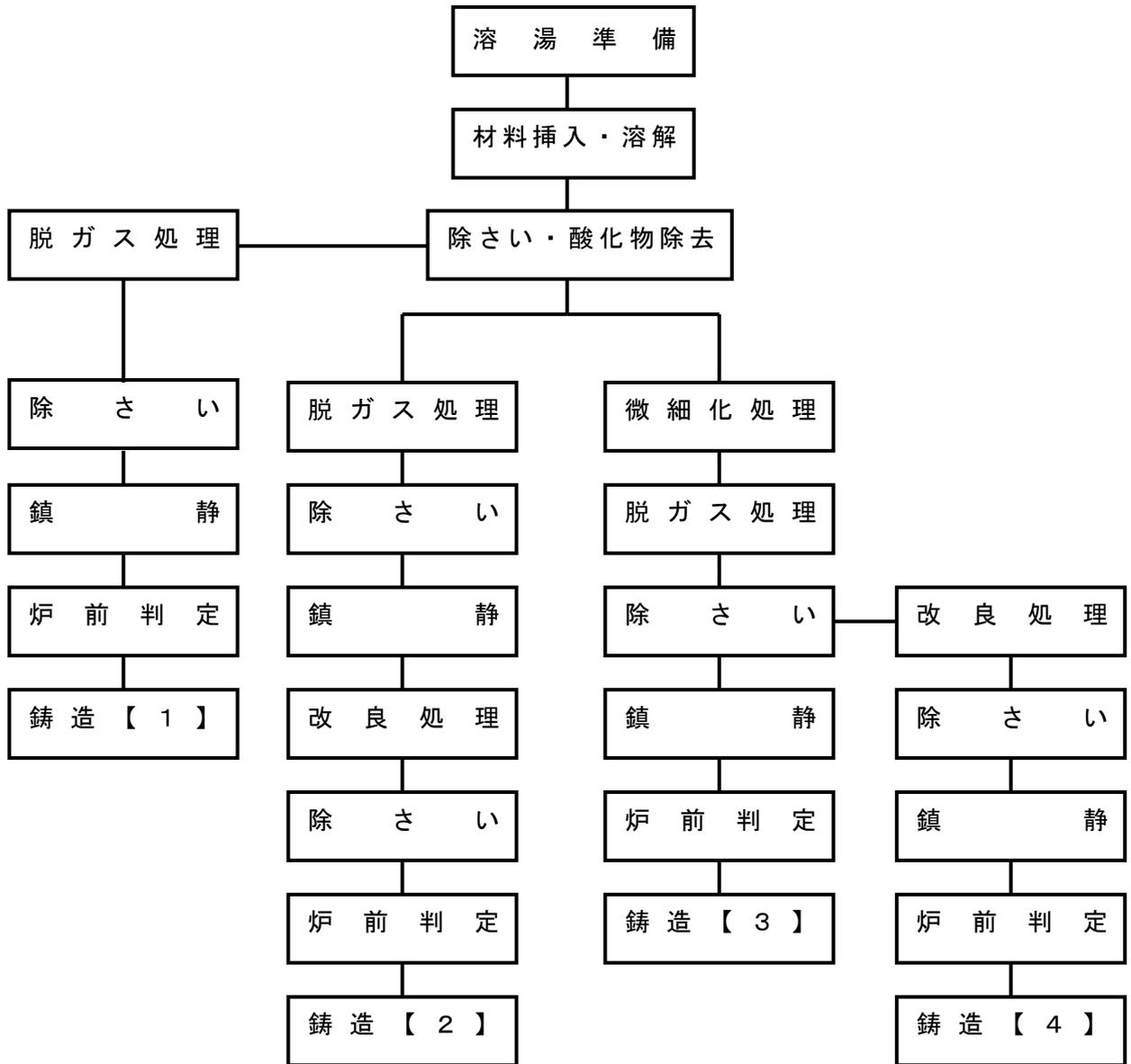
1) 脱Mg（マグネシウム）用

2) 脱Ca（カルシウム）用

ドロス発煙防止用フラックス

押し湯保温剤

4. アルミ合金溶解・鋳造フローチャート



- 【1】改良処理・微細化処理を特に必要としない鋳造
- 【2】改良処理を必要とする鋳造
- 【3】微細化処理を必要とする鋳造
- 【4】改良処理・微細化処理の両方を必要とする鋳造