

アルミニウムの試料作製方法

はじめに

アルミニウムは 19 世紀後半に登場したことを考えると、鉄や銅に比べてかなり新しい金属です。アルミニウムは、純粋な状態では存在しません。それは鉱石の形で存在し、最もよく知られているのはボーキサイトです。今日、鉄鋼に次いで世界で最も広く使用されている金属の 1 つです。この元素は地球の地殻に最も豊富に存在する元素の 1 つです。

アルミニウム

記号: Al

原子番号: 13

密度: 2,7

質量: 27 g.mol⁻¹

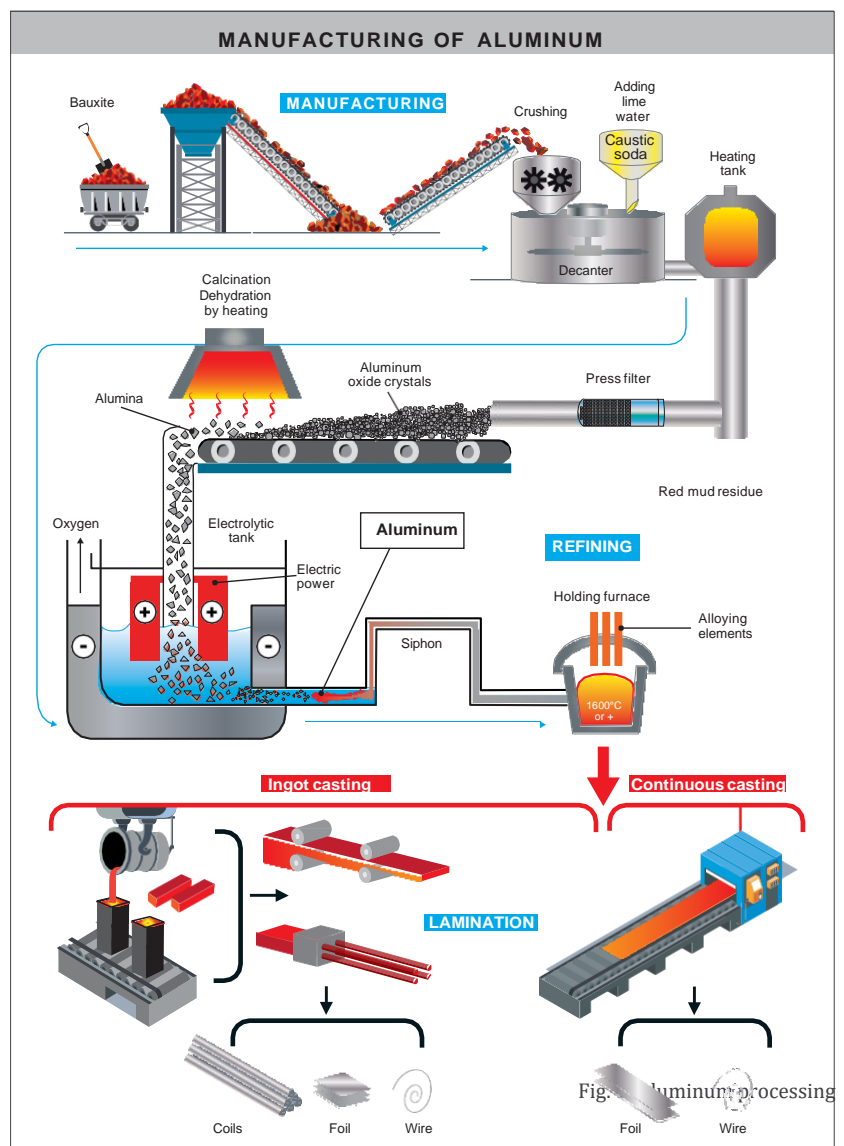
融点: 660°C

アルミニウムの製造は複数の工程に分かれています:

- ・まず第一に、ボーキサイト鉱石の抽出があります (酸化アルミニウム Al₂O₃ 60%、酸化鉄 Fe₂O₃ 20%、酸化ケイ素 SiO₂ 及び酸化チタン TiO₂ 少量を含む)

- ・その後ボーキサイトは高温高压下で苛性ソーダを使用してアルミナ分を抽出します。

- ・このアルミナを氷晶石浴で溶解します。槽には電流を流します。電気分解として知られているこの方法は陰極にアルミニウムを引き寄せます。



アルミニウムは物理的および化学的特性を失うことなく無限にリサイクルできる金属です。アルミニウムのリサイクルはボーキサイトからアルミニウムを抽出するよりもエネルギーの集約プロセスが少なく済みます。

種々の元素の添加はアルミニウムの性質を改善します:

- ・マグネシウムは耐食性を向上させます。
- ・シリコンは鋳造における合金の可鍛性を高めます。
- ・銅はアルミニウムを硬くします。
- ・亜鉛とマンガンはアルミニウム合金の製造における重要な添加元素です。

2つのアルミニウムの製造方法:

鍛造アルミニウム(展伸材)

鍛造アルミニウム(熱間変形を受ける)はスラブ、又はビレットに鋳造され、その後、圧延、鍛造、押し出しなどの熱間プロセスを介して形を作ります。

鍛造アルミニウムの最も一般的に使用される番号指示はEN AW が前に付いた4桁の番号(NF EN 573-1)です。

最初の数字は、アルミニウムが属する合金グループを決定します。

グループ1の2桁目は、アルミニウムに含まれる不純物に対応します。

他のグループの2桁目は、合金の化学組成の変化に対応します。グループ1合金の3桁目と4桁目は99%を超えるパーセンテージを表し、他のグループではそのグループ内の合金を特定します。

例: EN AW - 2024 は、銅4%とマグネシウム1.5%を含むアルミニウム合金です。

(W(鍛造)は鍛造合金を指します)。

鋳造アルミニウム(鋳造材)

鋳造アルミニウムは金型で鋳造され、冷却後に完成品を取り出します。鋳造品の再加工はほとんど行われていません。鋳造部品は自動車産業、航空機産業、ハンドリング装置産業など向けです。

鋳造アルミニウムの規格はNF EN 1780-1、-2、-3が適用されます。

識別番号は一連の5桁で、最初の数字は表1の鍛造合金を示します。最後の3桁は化学物質を表します

グループ	アルミニウム 又は合金
1	アルミニウム (含有率 99.00%)
2	アルミニウム-銅
3	アルミニウム-マンガン
4	アルミニウム-シリコン
5	アルミニウム-マグネシウム
6	アルミニウム-マグネシウム-シリコン
7	アルミニウム-亜鉛
8	その他のアルミニウム合金

Table 1: アルミニウム合金グループ

例: EN AC - 42000 は微量のマグネシウムとシリコン7%を含むアルミニウム合金です。

記号による識別には添加された合金の化学記号と文字EN AC (鋳造合金の「鋳造」に対応するC)の後にそれぞれの質量含有量が含まれます。

上記の例はEN AC - AlSi7Mgと表記されます。

最後に規格NF EN 1706は各合金の機械特性と化学組成限界を示します。

アルミニウムの表面処理

アルミニウムの表面処理は2種類あります:

陽極酸化処理

陽極酸化処理はアルミニウムの保護と装飾などの機能の付加を目的としてアルミナの変換によって層を作成する表面処理方法です。硫酸アルマイトが最も一般的に使用されています。部品を陽極として硫酸浴

に入れられます。アルミナ層は下述の反応によって形成されます。



この層は多孔質です。沸騰水中でのシーリングステップによってアルミナ層の細孔を封じます。中間着色ステージはシーリングの前に行うことができます。

いくつかの種類のアルミニウム合金はこの処理用に特別に開発されており、陽極酸化の厚さは5～50μmの範囲です。

この表面処理は耐食性を向上させて美的目的にも使用されます

粉体塗装

静電粉体塗装とも呼ばれる粉体塗装は粉体塗料をスプレーで塗布できるプロセスです。粉末は電界によって正極に帯電し、部品は負極に帯電させます。窯での最終硬化は塗料を重合させて部品に永久に固定します。このプロセスで部品は優れた防食特性と耐久性を得て、きれいな外観を保ちます。

アルミニウム及びその合金の利点と用途

アルミニウムとその合金には多くの特性があります:

- ・ 機械的耐性: アルミニウムに合金を追加することで改善されます。
- ・ 耐食性: 酸化層がアルミニウム上に自然に形成され、腐食から保護されます。アルマイト表面処理により、耐食性をさらに向上させることができます。
- ・ 非常に優れた熱伝導性と電気伝導性: 放熱用途にアルミニウムがよく使用される理由です。アルミニウムの電気伝導率は銅の65%です。
- ・ 軽さ: 航空宇宙および航空学で特に高く評価されており、この特性はこれらの分野で非常に重要です。
- ・ 不浸透性: アルミニウムは光、臭い、又は微生物を通さないので食品や医薬品の包装に使用されています。アルミニウムは航空宇宙産業や自動車産業で使用されています



アルミニウムは航空宇宙産業や自動車産業で使用されています。



アルミニウムは食品及び製薬業界でも広く使用されています。



建築部門では窓、出窓、外部ファサードのプロファイルなどの製造にアルミニウムが広く使用されています。

金属組織観察用試料の作製

試料材質に関係なく、検査面を取得するために以下の作業を順番に行います。

- ・「切断」:検査対象の生産物の切り出し(必要な場合)
- ・「埋込」:切り出した試料の形状の標準化(必要な場合)
- ・「研磨」:試料の表面状態の改善
- ・ 試料の特性評価:「金属組織学エッチング」(必要な場合)と光学顕微鏡観察、又は電子顕微鏡によって試料の微細構造を明らかにする。

=> 上記の工程は厳密に行う必要があります。先のステップが不十分な場合は次のステップに移れません

切断

切断の目的は、アルミニウムの物理化学的特性を変えずに、検査に適した表面を得るために、生産品の正確な部分を切り出すことです。言い換えれば、歪みによる硬化の原因となる可能性のある過熱や変形を避けることが不可欠です。切断は、次に続く試料作製条件と検鏡に影響を与える基本的な作業工程です。

PRESIは中型および大型の湿式高速切断機及び小型精密切断機まで幅広い製品ラインアップを有しています。切断する試料のサイズ、個数、精度に適した切断機をご提供します。



Fig 2: メカトーム T202



Fig 3: メカトーム T330

切断機ごとにそれぞれカスタマイズした消耗品と付属品があります。クランプシステムと切断砥石、防錆冷却剤の選択は金属組織学の切断を成功させるための重要な要素です

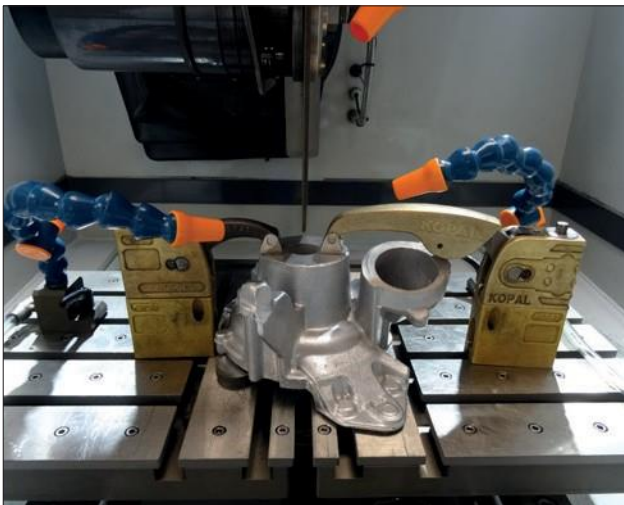


Fig. 4: ターボ部品 - EVO 400

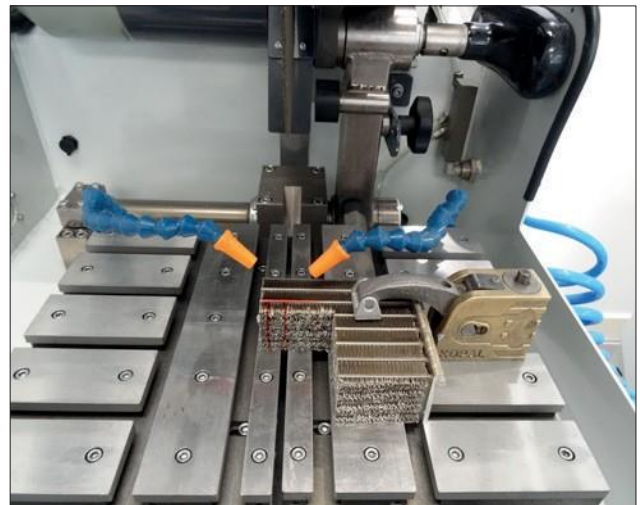


Fig. 5: インタークーラー部品 - ST310

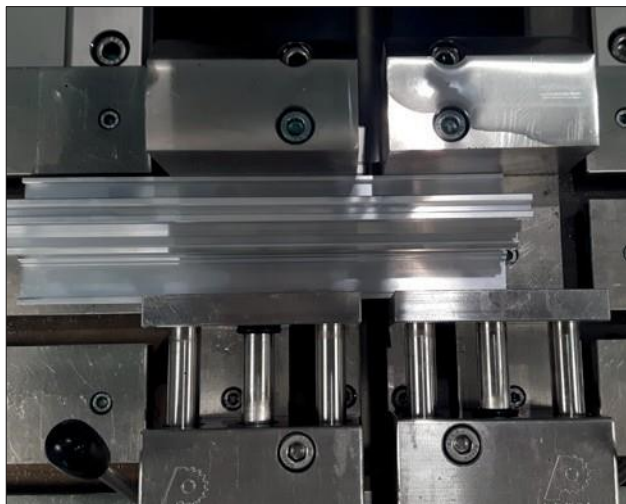


Fig. 6: プロファイル部品 - T330

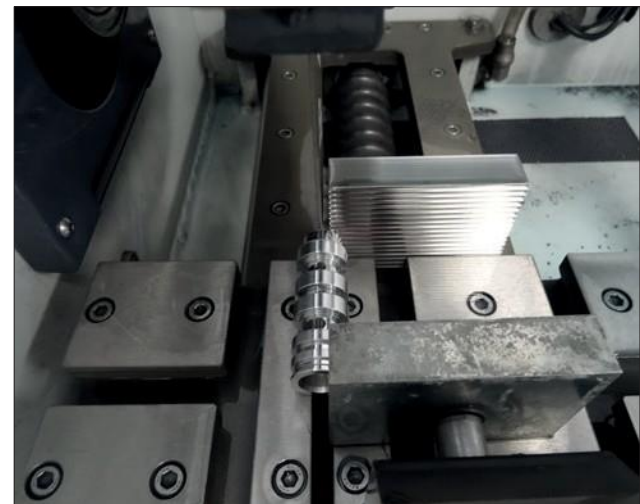



Fig. 7: 回転部品 - T210

=> クランプ、試料を保持することは必須です。試料が適切に保持されていないと、切断が失敗する可能性が生じます。切断砥石、試料、切断機に害を及ぼす恐れあります

上の写真では切断する部品の形状に応じて異なるクランプを使用しています。コパルホルダーとクイッククランプシステムを使用しました。両方ともメカトーム ST310、EVO 400、メカトーム T330、メカトーム T215 で使用できます。

消耗品

試料の切断面を過熱させずに、焼けの無い切断面を得るためには、切断機の循環冷却システムに水と防錆冷却剤を混合した冷却水を使用します。防錆冷却剤は試料と切断機を腐食から保護します。



	アルミニウムと アルミ合金
精密切断	MNF UTW S (Ø 180mm) C
中容量切断	MNF
大容量切断	MNF

Table 2: 適切な切断砥石の選択

=> 切断面の不良、切断砥石の過度の摩耗や破損を避けるために、適切な切断砥石を選択する必要があります。
切断砥石は試料の材質、硬さで決まります。

埋込

試料が複雑な形状、壊れやすい、又は、サイズが小さいため、取り扱いが難しい場合があります。埋込みは形状と寸法を標準化し、壊れやすい材料を保護するので、試料の取り扱いが容易になります。良好な研磨結果と分析結果を得るには、高品質な埋込みが不可欠です。

試料を埋込む前に、例えば、切断時のバリを除去するために、粗い研磨紙で試験片のバリ取りを行う必要があります。エタノールでの洗浄（超音波洗浄はさらに効果的です）もお勧めです。バリ取り、アルコール洗浄(脱脂)によって、試料と埋込樹脂の密着性が向上します。

埋込樹脂の収縮は試料と樹脂の境界に隙間をつくります。その隙間に入った砥粒、研磨屑が後の工程で研磨クロス上に落ちると、試料の研磨面に傷が付く心配があります。隙間のある試料には、各工程間の超音波洗浄機による洗浄をお勧めします。

埋込には選択肢が2つあります

試料のエッジ観察の目的、又は、硬さ試験の準備として金属組織学的試料作製が行われる場合は加熱加圧埋込(熱間埋込)が推奨されます。加熱加圧埋込には埋込機(埋込プレス)が必要です。



Fig 8: メカプレス 3

熱加圧埋込に必要な埋込機はメカプレス 3 です。:

- ・自動埋込機(埋込プレス)
- ・使いやすい: 埋込条件のメモリと調整
- ・時間短縮: 成型時間が短い
- ・モールド径: 25~50mm までミリとインチの6種類の型径を選択可能

+ POINT

メカプレス 3 による成型試料の上面と底面は完璧な平行です。

常温硬化埋込(冷間埋込)が推奨される場合は:

- ・試料が壊れやすい/圧力に弱い場合
- ・試料がハニカム構造などの複雑な形状をしている場合。
- ・試料数が多く、一度にたくさん埋込みたい場合

常温硬化埋込用機器:



Fig 5: プレッシャーベセル

+ POINT

樹脂収縮抑制、透明度向上、樹脂含浸などで埋込試料の品質が大幅に向上します



Fig 6: 真空含浸装置 ポリバック

+ POINT

樹脂収縮抑制、透明度向上、樹脂含浸などで埋込試料の品質が大幅に向上します。.

常温硬化樹脂は液体のメニスカス(界面張力によって表面が凹状の曲面になる)のために、上面の平坦性を損ないます。研磨作業の前に研磨紙でメニスカスを除去します。この作業で埋込成型品の両面(上面と底面(研磨側))を確実に平行にすることが大切です。.

消耗品

ユーザーのニーズを満たすために、PRESIはいろいろな種類の冷間埋込用成型型を提供しています。ミリ、インチの直径で20～50mmの範囲で用意しています。透明アクリル樹脂、シリコンゴム、テフロン、ポリエチレンなどの異なる材質の成型型があります。円筒形以外では、長方形の埋込成型型があります。

	アルミニウムと アルミ合金
加熱加圧埋込	フェノリック アクリリック
Cold process	KM-U

Table 3: 適切な埋込樹脂選択

「ハニカム」インタークーラーを埋め込む場合は真空含浸装置ポリバックの使用をお勧めします。ポリバックは埋込樹脂がサンプルに浸透するのを助けながら気泡を最大限に除去します。

硬質アルマイト層を観察する場合は、できる限りアルマイト層を観察できるように低収縮の埋込樹脂を用いて試料を埋め込んでください。

研磨

試料作製プロセスの最後の重要な工程は研磨です。原理は単純です。各ステップは前の砥粒よりも細かい研磨剤を使用します。目的は平坦な表面に仕上げて、顕微鏡分析、硬さ試験、微細構造又は寸法検査などの金属組織管理の検査を妨げる条痕、残留欠陥を排除することです。

プレシ社は粗研磨から超精密仕上げまで、少量から大量の試料個数まで対応する幅広い製品ラインアップの中からお客様のニーズに最適な手動研磨機と自動研磨機を提案しています



Fig 11: ミニテック 300 SP1



Fig 12: メカテック 300 SPC

手動研磨機ミニテックシリーズは自動研磨と同等の仕上げが可能な最先端の技術が組み込まれています。使いやすく、信頼性が高く、頑丈で、あらゆるニーズに対応できます

自動研磨機メカテックシリーズはプレシ社の全ての知識、経験、技術を集約した自動研磨機です。高機能・高品質の自動研磨機メカテックは試料数、試料サイズに応じて最適な仕上がりを提供します。

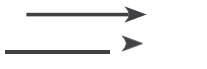




研磨条件と消耗品

以下のすべての研磨条件は最も一般的な自動研磨用です（手動研磨の場合は Head Speed(試料回転機の回転速度)のパラメーターは考慮しないでください).

研磨条件の最初の工程(No.1)はすべて「面出し」と呼ばれ、試料（及び埋込樹脂）の表面を平らにするために材料を迅速に除去することから成ります。以下に示すものは標準ですので、必要に応じて変更してください。

適用する圧力は試料 サイズによって異なりますが、一般的に次の条件が適用されます。研磨前のステップでは、埋込直径 10 mm あたり 1 daN (例: Ø40 mm = 4 daN) で、工程が進む毎に 0.5 daN ずつ力を減らします。ダイヤモンド研磨剤はサスペンションを使用しています。

アルミニウムの一般的な研磨条件 N°1

N°	Support	Suspension / Lubricant	Platen Speed (RPM)	Head Speed (RPM)	Rotation direction platen / head	Time
1	P320	Water / Ø	300	150		1'
2	TOP	9µm LDM / Reflex Lub	150	135		4'
3	RAM	3µm LDM / Reflex Lub	150	135		3'
4	NT	1µm LDM / Reflex Lub	150	135		1'
5	SUPRA	SPM / Water	150	100		1'

注意：金相用の試料切断機によって切断した試料の面出し研磨は耐水研磨紙 P320 からのスタートで十分です。もっと多くの材料を研磨で除去する必要がある場合は、P320 より粗い番手を使用する必要があります。

粗研磨では研磨盤とヘッドの回転方向を逆にしないでください。逆にすると平坦性に悪影響を及ぼす可能性があります。ただし、大量の材料を除去する必要がある場合は、逆回転方向が役立ちます。

ダイヤモンドポリッシングは単結晶ダイヤモンドサスペンションを使用して行うことができます。しかし、一般に多結晶ダイヤモンドサスペンションも有効です。（ダイヤモンド砥粒がアルミニウムに刺さる場合がありますので注意してください）。ダイヤモンドサスペンションはアルミ以外の材料も研磨する場合に消耗品の種類を減らせます。在庫管理の手間と在庫数を減らすのに役立ちます。

砥粒が材料に刺さる(埋没する)場合は、単結晶ダイヤモンドサスペンションで研磨する必要があります。

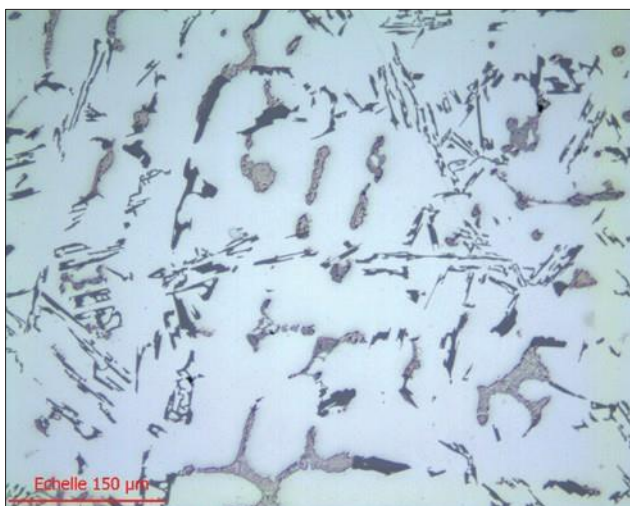


Fig. 13: SPM lensx20 finish

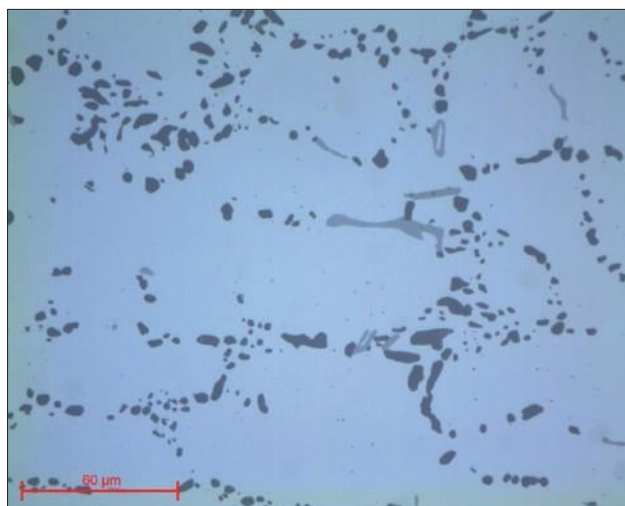


Fig. 14: SPM lensx50 finish

アルミニウムの研磨で最も重要な部分は、コロイダルシリカ (SPM) を使用した最終仕上げです。この SPM は水で 7 倍まで希釈できます。

このステップの間、研磨剤ができるだけ研磨クロス上に残るように、試料ホルダーの回転は研磨盤に対して逆方向で行います。

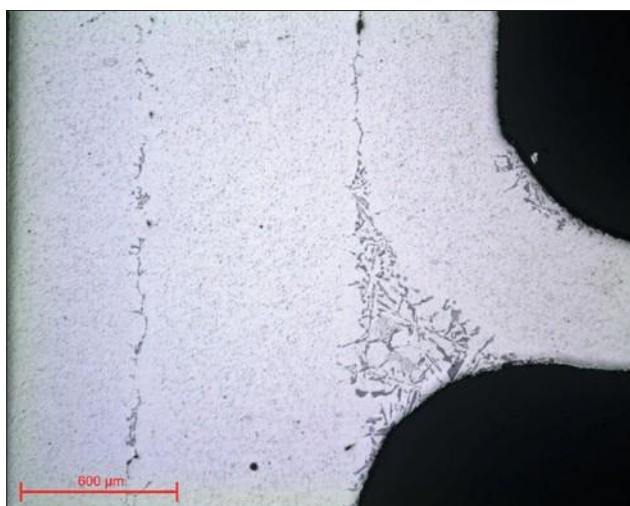


Fig. 15: Alu braze lensx5

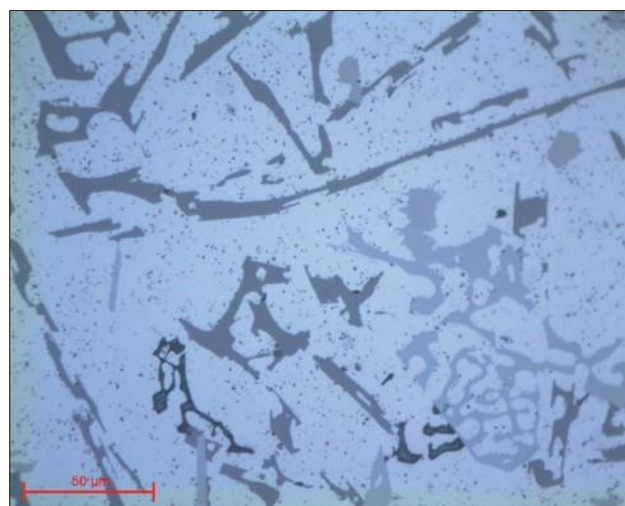


Fig. 16: Alu braze lensx50

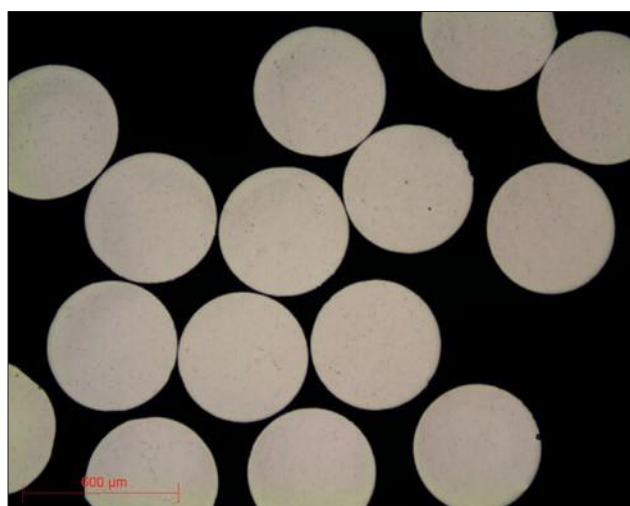


Fig. 17: Aluminum wire lensx5

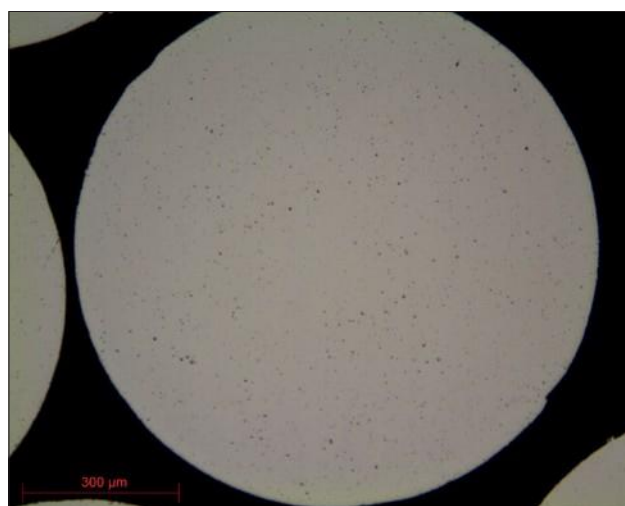


Fig. 18: Aluminum wire lensx10

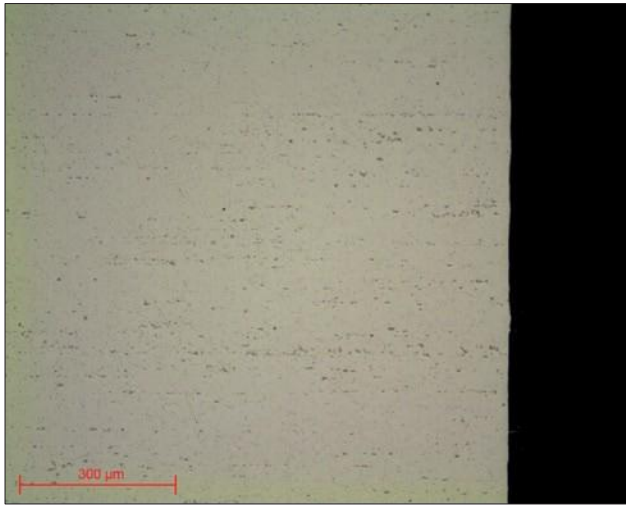


Fig. 19: Anodised aluminum lensx10

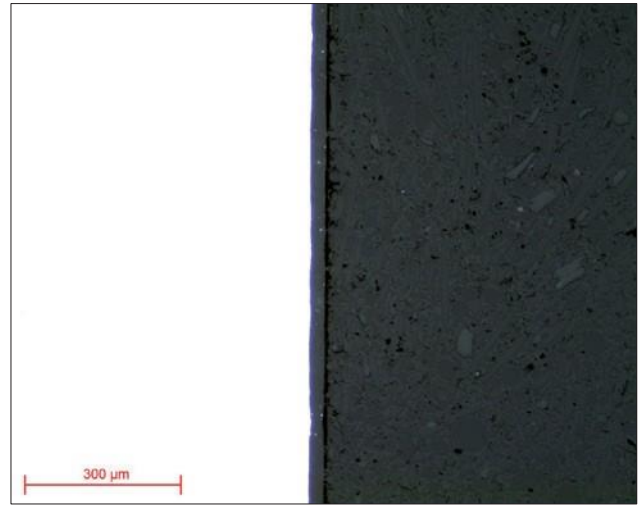


Fig. 20: Anodization lensx10

図 13 ~ 20 は、さまざまなアルミニウム試料に研磨条件 No. 1 を使用した後の研磨結果を示しています。

研磨条件 No. 2 はアルミニウムとその合金の研磨に使用できます。

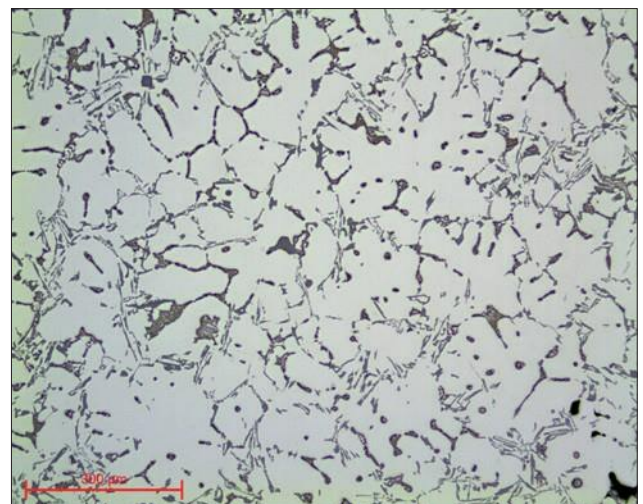
研磨条件 No. 2

N°	Support	Suspension / Lubricant	Platen Speed (RPM)	Head Speed (RPM)	Rotation direction platen / head	Time
1	P320	Water / Ø	300	150	⇒⇒⇒	1'
2	MED-R	9μm Diamond MED R / Ø	150	135	⇒⇒⇒ ↘	4'
3	RAM	3μm LDP / Reflex Lub	150	135	⇒⇒⇒ ↘	3'
4	NT	1μm LDP / Reflex Lub	150	135	⇒⇒⇒ ↘	1'
5	SUPRA	SPM / Water	150	100	⇒⇒⇒ ⇐⇐⇐	1'

研磨条件 No. 2 で面出し研磨の後に MED-R を使用します。MED-R は良好な平坦度を維持する研磨ディスクです。耐水研磨紙による多段階研磨に替わる樹脂パッドです。

研磨砥粒は専用に開発したダイヤモンド砥粒と潤滑剤を組み合わせた MED-R サスペンションを使用します。

溶接検査には研磨条件 No. 3 を適用します。



研磨条件 No. 3

N°	Support	Suspension / Lubricant	Platen Speed (RPM)	Head Speed (RPM)	Rotation direction platen / head	Time
1	P320	Water / Ø	300	150	⇒ ⇒	1'
2	TOP	9µm Gel 2+ poly / Ø	150	135	⇒ ⇒ ⇒	4'
3	ADR II	3µm Gel 2+ poly / Ø	150	135	⇒ ⇒ ⇒	3'

研磨条件 No. 3 は三段階で構成されており、試薬でエッチングした後、三眼ルーペで溶接部を観察するのに十分です。

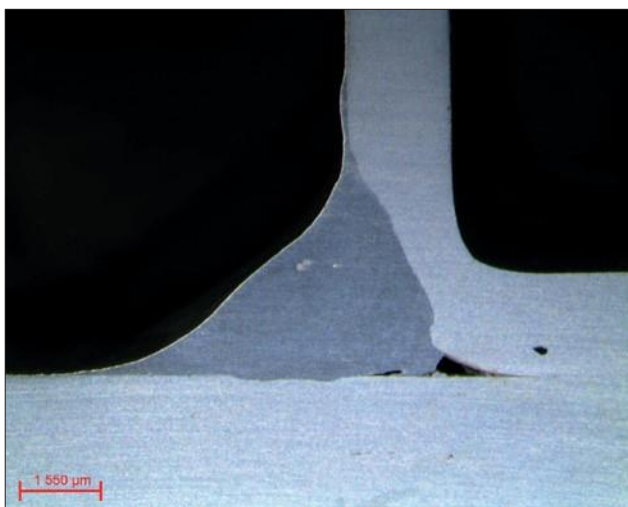


Fig. 22: Aluminum weld

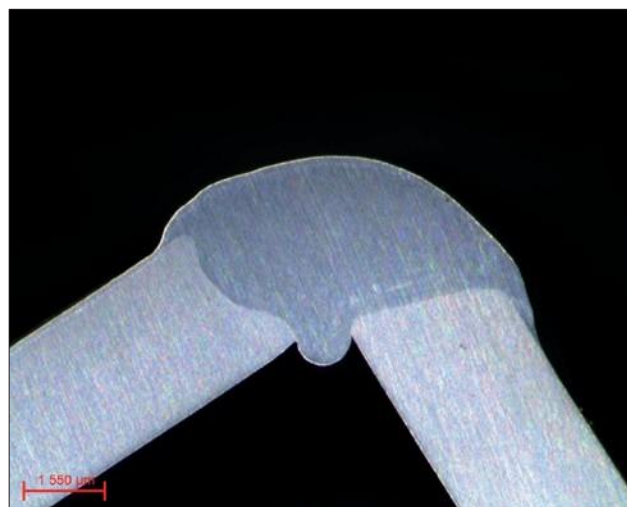


Fig. 23: Aluminum weld

使用するダイヤモンドサスペンションは Gel 2+ 懸濁液です。Gel2+にはダイヤモンドサスペンションの中にループリカントが含まれています。溶接検査の試料研磨は手研磨が多く用いられています。手研磨の場合、研磨剤と潤滑剤が1本に入っているサスペンションが便利です。

MICROSTRUCTURE

アルミニウム及びその合金の組織はケラー試薬、バーカー試薬、ソーダ溶液、フッ化水素酸溶液などのさまざまな試薬を使用して現出することができます。例示した顕微鏡写真は全て PRESI VIEW ソフトウェアを使用して作成しました。

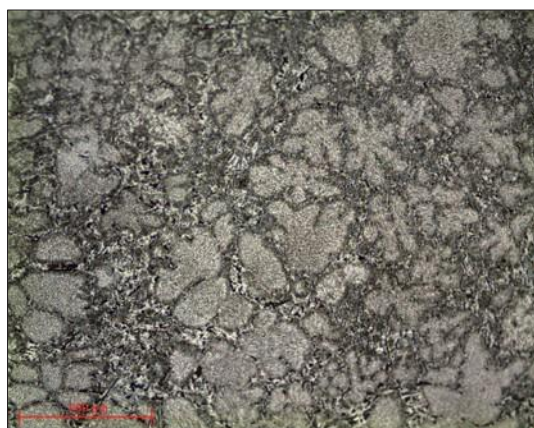


Fig. 24: Structure lensx10

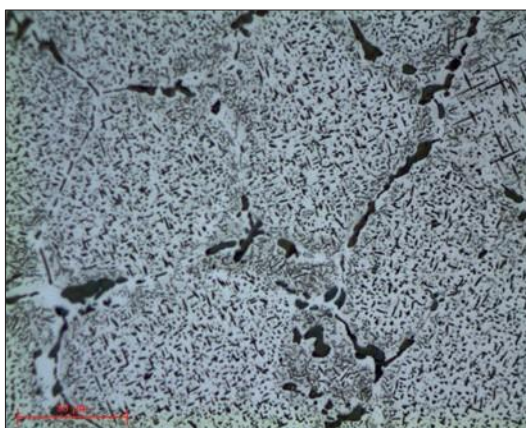


Fig. 25: Structure lensx50



Fig. 26: Aluminum 2024 CS lensx10

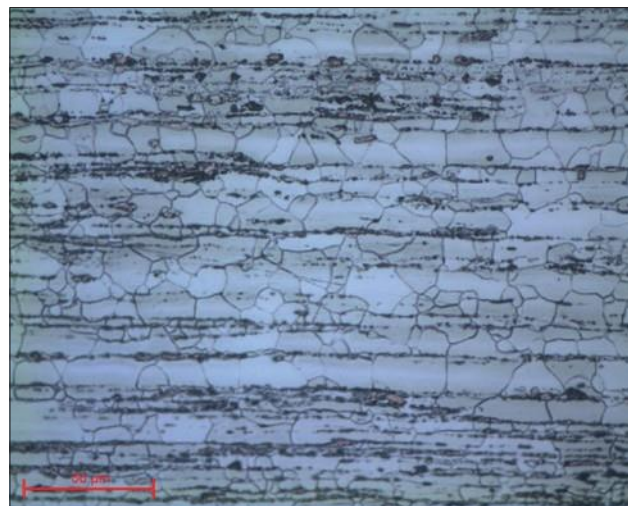


Fig. 27: Aluminum 2024 CS lensx50

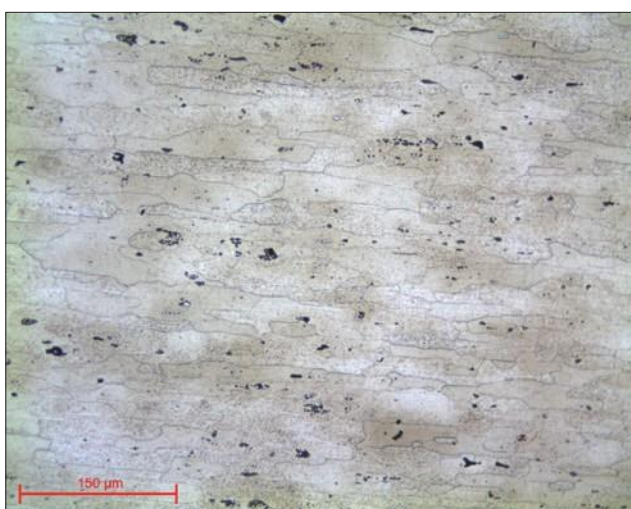


Fig. 28: Structure Aluminum lensx20



Fig. 29: Structure Aluminum lensx20

図 24 ~ 29 はケラー試薬を使用して現出したアルミニウム合金の組織です。

PRESI

www.presi.com

Tel.: +33 (0)4 76 72 00 21 | Email: presi@presi.com

