

アルミニウム押出材の製造技術

Manufacturing Technology for Aluminum Extrusions

柿木 敏行
Toshiyuki Kakinoki

概要 アルミニウムの押出加工は一般に熱間で行われる。その加工方法はビレットを加圧しダイスを介して押出すことにより所定形状の製品を成形するものであり、円柱状のビレットから一気に複雑な二次元断面形状に加工することができる。これはアルミニウムの押出加工独特のものであり、鉄や銅の押出加工とは異質のものと言える。重要な工程としてビレットを造る鋳造工程がまず挙げられる。ここでの不具合は後工程で解消されるものではないため、高品質のビレットを鋳造することが第一条件である。押出加工において特に重要なのがダイス技術であり、ダイスの良し悪しは押出された製品の品質を直接左右する。押出後の熱処理工程は溶体化処理、焼入、時効、焼鈍処理などがあり、材料特性を変える役割を果たす。引抜工程では加工硬化による強度アップを図るとともに、断面寸法精度の向上を図ることができる。当社はこれらの一連の工程において独特な高い製造技術を有しており、高品質で多種多様の押出製品を供給している。

Abstract: In general, extrusion of aluminum is done at elevated temperatures. The extrusion process can form products of prescribed shapes by pressurizing a billet to extrude it through the die, and it is possible to process it directly from a columnar billet to a final product of complex two-dimensional shape in cross section, which constitutes the features of aluminum extrusion totally unique compared to the extrusion of iron or copper. The casting process to make billets for extrusion is an important step first of all. Casting high-quality billets is the first prerequisite, since troubles here can not be eliminated by the post-processing. An especially important technology in extrusion process is die technology, since the quality of dies directly influences the quality of extruded products. Thermal treatments after extrusion such as solution heat treatment, quenching, aging and annealing play a significant role in changing the material properties. Improvement of strength by work hardening and improvement of dimensional accuracy in the sections can be achieved by the drawing process. Furukawa-Sky possesses unique high technologies in these manufacturing processes, and supplies various extruded products of high quality.

1. はじめに

アルミニウム押出材は輸送機器の軽量化などを目的に多種多様な分野に使用され、リサイクル性も良好なことから、その市場は現在も拡大傾向にある。

押出材の品種は、形材、管材および棒材に大別され、それぞれの目的用途に適した合金・調質が選択される。主な製造工程としては、押出に使用するビレットを製造する鋳造工程、ダイス設計・製作工程、押出工程、材料の性能を制御する熱処理工程、そして引抜工程がある。

本報では、各工程における基本的な技術と当社の特色ある技術について概説する。

2. 押出製品の品種

アルミニウムの押出製品は、図1に示すとおり、形材、管材、棒材に分けられる。

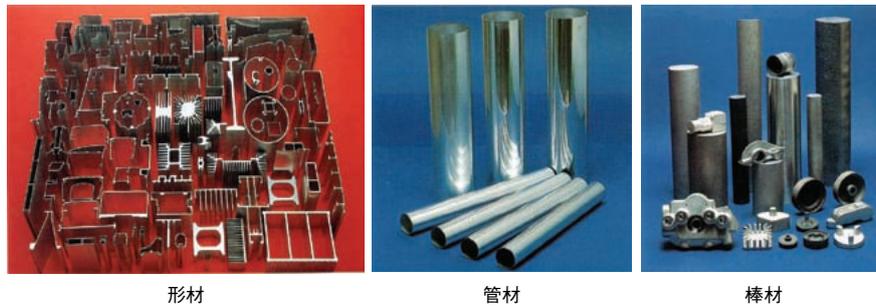


図1 アルミニウム押出材の品種
Fig.1 Various aluminum extruded products.

2.1 型材

型材は、最終製品形状に近い二次元断面形状を有する素材であり、寸法精度が重要視される品種である。熱間押出加工では、押出される製品温度が 500°C を超える温度にまで達するため、押出中に変形しやすく寸法精度も機械加工に比べて低いレベルにある。そのため、従来は切削加工などを追加することにより、最終製品の部材として使用される場合が多かった。しかし、近年では押出上りの素材に、切断、穴あけなどの単純加工だけで使用される製品が増加している。つまり、機械加工に匹敵する高精度の品質要求が、年々高まる傾向にある。

2.2 管材

管材は、切削加工や絞り加工など、用途に合わせ様々な形状に加工されて使用される。

管材には、断面に溶着線を有するポートホール管(PH管)と溶着線を持たないマンドレル管(M管)がある(図2)。PH管は、オス型とメス型の二重構造ダイスを用いて成形される。ピレットは、オス型のブリッジ部にて分断され、メス型で再溶着されるため、素材の断面にブリッジの数や位置に応じて溶着線が現れる。PH管は、偏肉精度には優れるが、溶着部の割れや優先腐食が問題になる場合があり、使用上の注意が必要である。また、硬質合金には適用できない。

一方、M管は、外径部を押出機の受け側にセットされたダイスによって成形し、内径部を押側のステムと呼ばれる加圧ロッドにセットされたマンドレルで成形する。この方式は、あらゆる合金に対応可能であるが、製品サイズに制限が多く、偏肉精度もPH管に比べて劣る。この弱点を補うために、押出後引抜加工を用いることが多い。M管の優位点としては、断面に溶着線を持たないことから、割れや優先腐食を嫌う重要構造部品や配管材としての信頼度が高いことが挙げられる。

2.3 棒材

JIS規格の棒材には、円形、正方形、長方形あるいは正六角形も含んでいる。型材と重複する部分もあるが、図面なしでもサイズを特定できる単純形状のものが棒材に

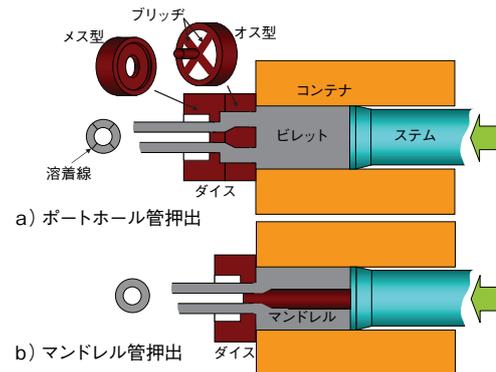


図2 管材押出方法
Fig.2 Pipe extrusion method.

分類される。

棒材は、切削加工や鍛造加工などの素材として使用される場合が多く、様々な形に加工され使用される。装飾目的よりも機能を要求される部品に使用される場合が多く、寸法精度は勿論、内部品質が特に重要視される。

棒材は、用途に応じた多彩な合金・調質がラインナップされており、製造条件も複雑な組合せになることから、高いレベルの総合技術力が要求される品種である。

3. 製造工程の概要

押出材製造における主な工程として、押出に使用するピレットを造る鑄造工程、押出加工ツールであるダイスを設計・製作する工程、押出工程、熱処理工程などがあり、そして引抜加工も押出材に付加価値を加える工程として挙げられる。

これらの工程は、要求される製品仕様により様々な組合せになる。同じ合金・調質の製品であっても、その大きさ、肉厚などによりピレットサイズや熱処理の方法を変える場合もある。また各工程での加工条件は、前後の工程との関係も加味されて細分化されており、組合せは膨大なものになる。これは、アルミニウムの押出加工の特徴とも言える。

4. 鋳造工程

4.1 工程の概要

鋳造工程は、アルミニウム地金またはリサイクル材を溶解し、必要な添加元素を加え、アルミニウム合金の押出用ビレットを製造する工程である。主に、溶解、溶湯処理および鋳造の3つの工程に分けられる。

この工程で最も重要になるのが、鋳造の部分であり、溶解されたアルミニウム合金を速い冷却速度で凝固させる必要がある。冷却速度が遅い場合には、添加元素の内、融点の高いものから先に凝固が始まり、粗大な晶出物が形成される。この粗大晶出物は、押出された製品内部に混入して、機械的性質の不具合などにつながる¹⁾。鋳造段階での不具合は、押出以降の工程で解消されないため、製品の内部品質を左右する最も重要な工程である。

4.2 鋳造方法

図3に鋳造方法の模式図を示す。押出材に使用するビレットの製造方法は、鋳物のように鋳型に溶湯を流し込んで固める方式ではなく、リング状の短尺の鋳型の中で、水冷により連続的に凝固させながら降下させるものであり、半連続鋳造法と呼ばれている。

一般的な鋳造方法は、図3aに示すDC (direct chill) 鋳造法であり、溶湯をスパウトと呼ばれる筒を通して鋳型に供給する方法で、フロートなどで湯面を制御する方法である。図3aの朱色のエリアが液相部、灰色部が固相部であり、この境界部分で凝固が始まる。

一方、小山工場では、図3bに示すホットトップ鋳造法を用いている。この鋳造方法は、溶湯を直接鋳型に流し込み、高い溶湯温度からの急冷凝固を容易にする鋳造法である。溶湯は、上表面に酸化膜を生成し、この膜に保護された状態で鋳型に供給されるため、酸化物が溶湯中に巻き込むことがない。またホットトップ鋳造法は、DC鋳造方に比べ鋳造スタート時の作業が容易であることから、同時に数十本の鋳造を行うことが多い押出ビ

レットの製造においては有効な鋳造法である。

図3cに示す気体加圧式ホットトップ鋳造法では、さらに急冷効果を得ることができる。この鋳造法は、鋳型と溶湯との間にエアを供給することにより、鋳型との接触により生じる一次冷却を緩和し、冷却水による凝固(二次冷却)が始まるまでの凝固を最小限に抑えることができるため、合金成分の偏析防止や凝固組織を改善することができる。小山工場では、外径14インチ以下のビレットを気体加圧式ホットトップ鋳造法で製造している。

5. ダイス設計・製造工程

ダイスは、円柱状のビレットを製品形状に成形する押出加工において、最も重要な役割を果たすツールである。

ダイスの設計は、アルミニウムの熱収縮量の補正に加え、押出時のダイスのたわみの影響を補正する設計と、メタルフローのバランスを図るための設計を両立させることが必要である。しかし、これらの設計には担当者の判断を要する因子が多く含まれ、最適な設計値を得ることは難しく、標準化も困難とされてきた。当社では、1990年代より数値解析を用いたダイス設計技術の開発に取り組み、既に実用化が進んでいる²⁾。この開発により、従来では押出不可能とされてきた難易度の高い種々の製品の量産化を実現させてきた⁴⁾。

5.1 たわみ補正設計

押出加工時には、ダイ스에数ton/cm²もの非常に高い圧力が掛かるため、ダイスが皿状にたわむ。この結果、ダイスのオープニング(押出製品出口)形状に変形が生じる。たわみ補正の一例として、図4に平角棒材の押出ダイスのオープニング形状を示した。図4aに示すオープニング形状は、押出時にはダイス全体のたわみにより、図4bに示す形状に変形する。つまり、押出された製品は、中央部の肉厚が薄くなる。これを防止するために、予想される押出時のダイスのたわみ量を元に、図4cに示す

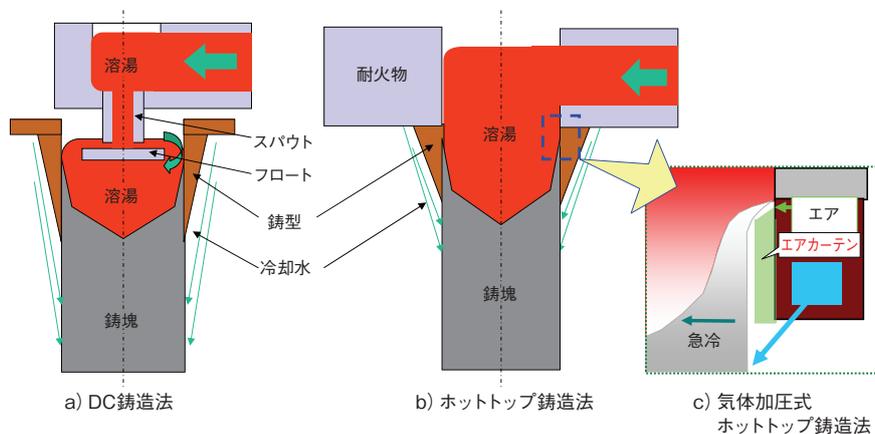


図3 ビレットの鋳造方法
Fig.3 Casting methods of billets.

オープニング形状とし製品の肉厚精度を確保する。

5.2 メタルフロー制御設計

アルミニウムの熱間押出におけるメタルの変形挙動は、塑性加工の分野ではあるものの、メタルフローと言う表現でも分かるように、流体に似た挙動を示す。この変形挙動により、円形断面のビレットを一気に複雑な断面形状に成形することを可能にしている。

ダイスの設計因子において、メタルフローを制御するために最も有効で直接的な因子が、ベアリングと呼ばれるダイスの製品出口部を形成する通路の部分である。図5aに示す形状の場合、メタルは広い出口部から優先的に流れ出るため、このアンバランスを制御するのが、ベアリング部とメタル間に生じる摩擦であり、オープニングの広い部分のベアリングを長くすることによりメタルフローにブレーキを掛け、狭い出口部分とのメタルフローの整合を図る。

図5bに示ような中空部を持つ形状では、中空部を成形するオス型と外形状を成形するメス型の二重構造になるため、ベアリング長さに加えポート形状やチャンパ形状も制御因子となる。つまり、ダイス構造が複雑になると、メタルフロー制御因子は増えることになり、制御の自由度が増す。しかし、逆に因子が増えたことにより、個々の製品に対する最適な設計値を決定することが難しくなる。

一般に、上下左右が非対称で、肉厚差が大きい製品ほど、難易度が高くなる。

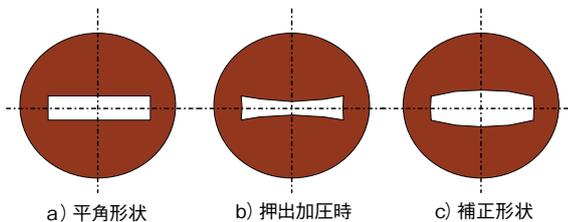


図4 平角形状押出ダイス模式図
Fig.4 Extrusion die for flat bar.

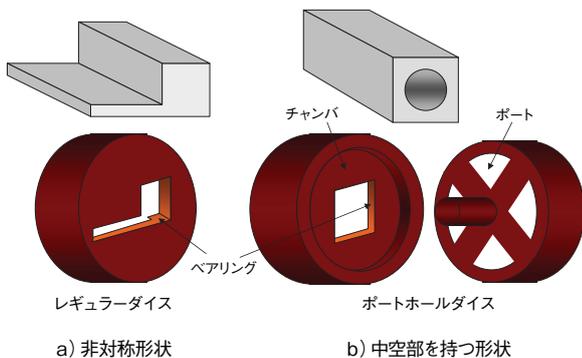


図5 非対称および中空部を持つ材用の押出ダイス
Fig.5 Characteristics extrusion dies.

5.3 数値解析を用いたダイス設計の成果

数値解析を用いることにより、押出加工状態をシミュレーションする技術を構築し、従来技術では成しえなかったダイスの設計が可能になった。次にその事例を示す。

5.3.1 異形マンドレル材材

図6に示す中空部が偏った位置にある形状では、ポートホール押出により、容易に製造可能である。しかし、先に述べたように、ポートホール押出では製品断面に溶着線が発生するためこれを回避するためにはマンドレル押出方式を用いるが、押出された製品は、図6の押出結果に示すように、中空部が厚肉方向に寄った形状になる。これは、マンドレル周りに発生する圧力差によるもので、低圧側にマンドレルがたわむことにより生じる。これに対し、数値解析を用いて、マンドレル形状を調整してメタルフローの最適化を図ったダイス設計により偏肉精度が大幅に向上し、量産化を実現させている。

5.3.2 熱交換器用扁平多穴チューブ材

図7に示す熱交換器用扁平多穴チューブ材は、主に自動車用熱交換器に用いられるもので、市場のニーズは拡大傾向にある。この品種は、1 m当りの重量が30 g程度の非常に軽量なものであるため、図7に示すように一度に複数の押出、いわゆる多穴押出を行うのが一般的である。また微細形状であるため、ダイスのたわみの影響を受けやすいことから、その状態を正確に把握することが必要である。この製品の中空部は、0.5 mm程度の非常に微細なものであるため、これを成形するダイスのマンドレルと呼ばれる部分の破損頻度が高く、一般に量産安定性に欠ける。これを回避するためには、マンドレル周りのメタルの流速と圧力分布を均一にする必要がある。当社はこのマイクロレベルとも言える変形挙動を忠実に数値化することにより、安定した量産が可能なダイスの開発を進めている。

6. 押出工程

鋳造されたビレットは、合金成分のマイクロ偏析を均質化するため500～600℃に加熱する均質化処理(ソーキン

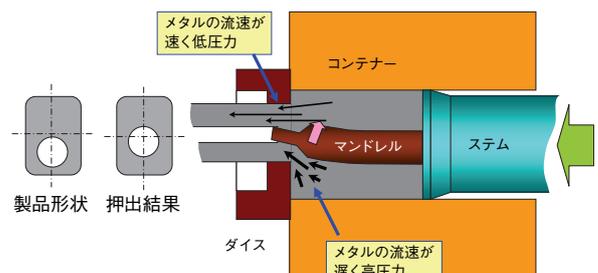


図6 異形マンドレル材材押出模式図
Fig.6 Mandrel extrusion for asymmetrical shape.

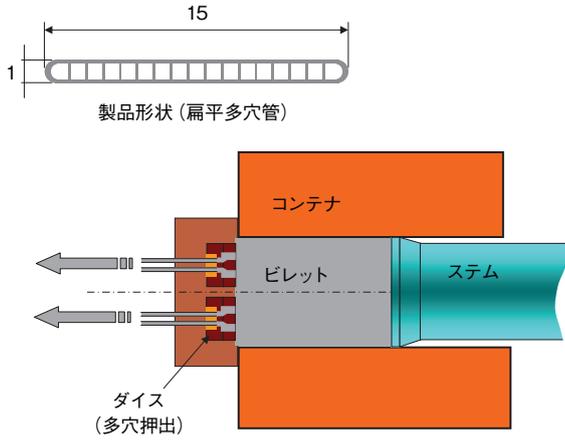


図7 扁平多孔管の押出模式図
Fig.7 Extrusion of multi-hole flat tube.

グ)を経た後、必要長さに切断され、押出の直前に350～550℃程に加熱され押出機に挿入される。

押出工程は、文字どおりビレットをダイス出口から押出すことにより製品形状に成形する工程である。押出された製品は、冷却ゾーンで常温まで冷却後、整直し、定尺長さに切断される。

6.1 押出方式

アルミニウムの熱間押出に用いられている押出方式には、直接押出法と間接押出法がある。図8にその模式図を示すが、図8aの直接押出方式が一般的な押出方式であり、国内にあるアルミニウムの押出機の9割以上がこの押出方式のものである。図8bに示す間接押出方式との違いは、ビレットとコンテナの壁面に発生する摩擦の有無であり、直接押出の場合には、押出加圧力の30%以上がこの摩擦でロスする。一方の間接押出方式では、コンテナとビレットがともに移動するため、ビレットとコンテナ壁面に摩擦が発生しないことから、押出力の殆どが製品を成形する力として使われる。この特性により、押出力が同じ設備の場合、間接押出機は直接押出機の2倍近い加工力が得られることから、より大口径で長尺のビレットを使用することが可能になる。つまり、同じ押出力の設備では、間接押出機の方が圧倒的に、生産性が高い。また、加工域がダイス出口近傍でのみ発生するため、押出長手方向での加工状態が一様になることから、製品長手方向で均一な品質を得ることができる。デメリットとして、間接押出機ではダイスがコンテナ内に入っていく構造であるため、ダイス外径に制限があり、ポートホールダイスの使用が困難である。加えて、設備そのものが高価であることも、間接押出機の比率が低いことの一因となっている。

当社では、小山工場に7基の直接押出機と3基の間接押出機を保有し、様々な合金品種に対応可能な体制を整えている。

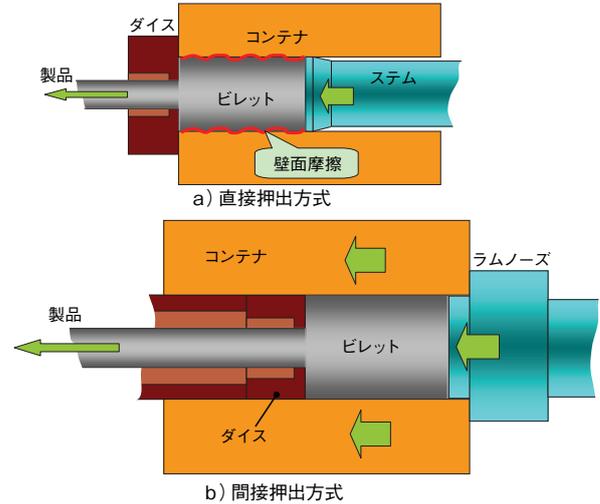


図8 直接押出方式と間接押出方式の比較
Fig.8. Direct and indirect extrusion methods.

6.2 設備選択

使用される押出機は、要求される製品仕様に対し、より適した設備が選択される。押出機を選択する基準は、最初に押出比(ビレット断面積/製品断面積)が考慮され、次いで製品外接円が考慮される。

押出比は、型材:約20～80、管材:20～60、棒材:10～40程度が目安となる。押出比が低い場合には、製品寸法のバラツキが大きくなる傾向にあり、逆に押出比が高過ぎる場合には、割れや肌荒れなどの欠陥が発生しやすくなる。

各押出機で使用されるビレットは、面圧(押出機の最大加圧力/ビレット断面積)が4～6 ton/cm²になるサイズが使用される。

6.3 押出条件

押出条件の主な因子として、温度と速度が挙げられる。

ビレットは、350℃～550℃ほどに加熱され押出機に挿入される。一般に、このビレット加熱温度を押し温度と呼び、押出される製品には、加工発熱による温度上昇が生じる。ビレットの加熱温度は、合金品種はもとより、押出設備、ダイスの仕様、溶体化処理方法などにより、細分化されており、製品の機械的性質を大きく左右する。

押出速度は、製品仕様などによって最適値が決まるものではなく、合金とその押出条件下での加工状態を加味し設定される。通常、低速押出により製品の表面性状は改質され、形状バランスも安定する傾向を示す。しかし、工業製品の量産工程では、時間当りの生産性が製造コストに直結することから、品質を維持できる最高の押出速度で押出すことが求められる。

6.4 クラッド押出材

熱交換器の配管材など、耐食性やろう付作業性向上を目的としたクラッド管材の市場ニーズがある。図9に示

すように、3層管材を造る場合には、芯材となるビレットの内外に異なる合金材を装着し、熱間で押出すことにより圧着させる。押出された製品の断面に、図9に示す3層構造が確認できる。

クラッド材の押出には、間接押出機を用いる必要がある。先述のとおり、直接押出方式ではビレットとコンテナ壁面に摩擦が生じるため、アウター材のメタルフローにブレーキが掛かり、押出長手方向で一様なクラッド層が得られない。当社では間接押出技術力に基づく固有の製造技術を確立し、安定したクラッド層を持つ製品を量産している。また、この技術は目的に応じた合金を組み合わせることにより、様々な用途に活用できる可能性があり、市場の拡大が期待される。

なお、クラッド押出材の品種については、本誌No. 2³⁾に紹介されている。

7. 引抜工程

引抜加工の目的は、押出素材に対し冷間加工を付加することによる寸法精度の向上、加工硬化による強度アップなどが挙げられる。

7.1 引抜加工方法

図10に引抜加工の模式図を示す。引抜加工はドローベンチに引抜ダイスをセットし、そのダイスに材料を通し引抜くことで製品を成形するもので、抽伸加工とも呼ばれる。引抜加工は、一般に常温での冷間加工であり、潤滑油を用いて行われる。

棒材を引抜加工する場合、図10aに示すように、押出素棒の先端部を引抜ダイスより小さく絞っておき、ダイスを通して引抜くことにより、外径をダイスの寸法に成形する。

管材の場合には、図10bに示すように、肉厚も加工するため、プラグと呼ばれる内径を成形するツールが必要になる。このプラグは、後方からロッドで固定され、加工中はダイスの位置に停滞させる。押出素管は、ダイス

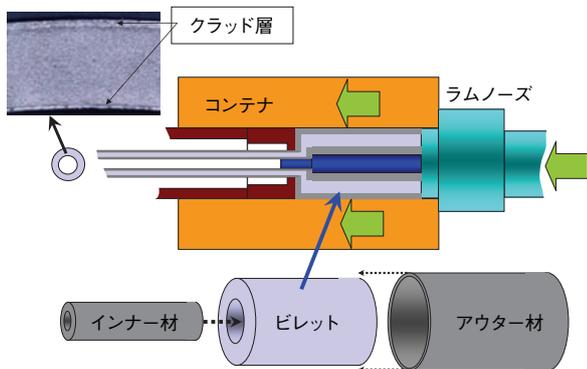


図9 三層管の押出加工模式図
Fig.9 Extrusion of 3-layer clad pipe.

のアプローチ部で徐々に絞り込まれ、ベアリング部通過時に所定の外径に成形され、内径部はプラグ側で成形される。

7.2 引抜加工技術

7.2.1 加工工具

引抜加工に用いるダイス構造は、要求される出口形状を形成するベアリング部と加工領域のアプローチ部からなる。ベアリング部およびアプローチ部には一般に焼入鋼や超硬工具が使われる。

ダイスに求められる必要条件は、加工面であるベアリング部およびアプローチ部がラッピングされた平滑な表面であることとベアリング部が対面同士で平行であり、対称であることなどである。

ダイスのアプローチ部は、合金あるいはサイズにより異なるが、片側5~10°程度のテーパ角度を持たせており、素材の導入をスムーズにする。ベアリング部は3~10 mm程度の長さであり、合金サイズにより最適な長さが選択される。

7.2.2 寸法精度

引抜加工は、冷間で行われることから、機械加工並みの寸法精度が可能になる。しかし、その引抜上りでの精度は、使用される押出素材の精度に左右される。

押出素材の寸法のばらつきが大きい場合、同じダイスで加工しても引抜上りの寸法にばらつきが生じる。偏肉が大きな押出素管を引抜いた場合には、曲りが発生する。また、断面組織が不均一な押出素材や真円度の悪い押出素材を引抜いた場合にも、曲りやクビレなどの問題が発生する可能性がある。

曲りの修正手段としては、レベラ加工と呼ばれる複数のロールを用いた矯正装置が用いられる。しかし、この矯正加工により、製品内部に残留応力が蓄積する。お客様における加工の段階で、残留応力の開放による変形が

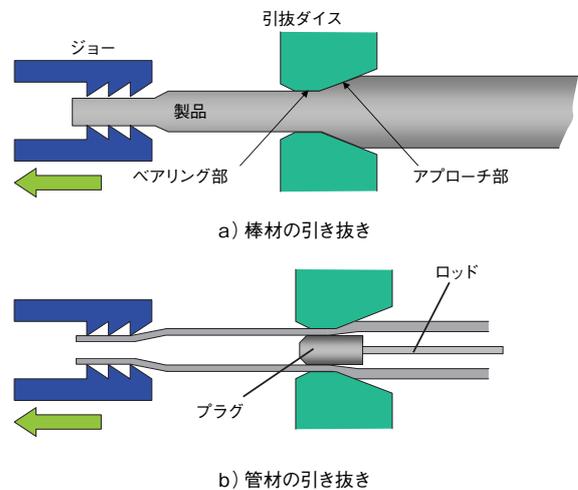


図10 引抜加工模式図
Fig.10 Drawing methods of rod and pipe.

生じる可能性もあり、この残留応力の最小化を図る必要がある。つまり、引抜材の品質向上を図るには、先ず押出上り素材の品質向上が、重要なポイントになる。

7.2.3 機械的性質

押出素材に対し、冷間での加工を加えることにより材料強度は増大する。材料強度を上げる方法として、加工によるリダクション(断面積の減少率)が重要な要素となる。リダクションは、合金、調質、サイズなどを考慮して最適値が設定されるものであり、一般的にリダクションが高くなるほど加工硬化により材料強度は増す。しかし、押出上りでの結晶組織の状態が、最終工程での機械的性質に少なからず影響を与えることになる。

7.3 連続引抜加工技術

一般的な引抜設備は、長さ十数メートルの直材を加工する装置であるが、コイル状の素材を半連続的に引抜加工する場合、ブルブロック(またはドロブブロック)と呼ばれる設備が使用される。押出された素管を円柱状の回転ドラムに巻きつけ、その回転力によって引抜加工を行う(図11)。コイル材を引抜加工する場合には、直材のようにプラグを後方からロッドで固定することができないため、プラグは管内に投入されフリーな状態になる。このフローティングプラグの形状は、変形領域で発生するバック圧と抽伸力によって平衡が保たれ、所定の位置に停滞するように設計される。

この方法により長さ数千mにまで達するコイル状の管材を、連続的に引抜加工することができる。コイル材として納入することにより、お客様における取り扱い性および作業性のメリットも大きい。主に自動車用熱交換器に用いられているが、家庭用エアコン用としての需要も高まっている。

8. 熱処理工程

押出の後工程で行われる熱処理は、溶体化処理・焼入処理、時効処理および焼鈍処理の3つに大別される。要

求される用途と目的に応じた特性を得るために、熱処理が有効に活用される。

熱処理型合金においては、これらの熱処理によりその特性を変えることが可能であり、必要不可欠な工程である。非熱処理合金においても、ひずみ除去や焼鈍などの工程が適用され、安定した品質が確保される。

8.1 溶体化処理・焼入処理

溶体化処理は、押出工程において形成された析出相を分解させ、溶質原子がアルミニウム中に均一に拡散した固溶体状態をつくるために行う処理である。そのためには、適正な溶体化処理温度と保持時間を選択する必要がある。溶体化処理温度は、合金系と添加元素の添加量によっても変わる²⁾。

溶体化処理によって得られた固溶体状態を常温まで凍結することにより、過飽和固溶体を得る処理を焼入処理という。所定の温度に加熱した材料を急速冷却する必要があるが、合金によっては急冷をしなくても十分な強度を得られるものもある。これは、固溶元素が冷却の過程で析出し難い合金であり、冷却速度が遅くても十分な強度が得られる。これを、焼入性が良い、または焼入感受性が鈍い合金と称している。

溶体化処理・焼入処理では、500℃ほどに製品が加熱されているため、冷却時の入水の際の変形が懸念される。この変形の最小化を図るため、当社では図12に示す特殊な型炉を航空機用などの特定の製品に対し使用している。この炉は、製品を炉内に縦に吊るし、加熱後に垂直に冷却槽に降下させることで、入水時の抵抗による製品の変形を軽減し、急速冷却効果も高い。

8.2 時効処理

溶体化処理・焼入処理により、過飽和固溶体になると添加元素は集合して析出しようとする。この変化は温度と時間に支配され、それと共に機械的性質などが変化する。温度と時間により析出状態をコントロールして、所定の強度を得る処理を時効処理または析出処理と言う。温度により室温時効(自然時効)と高温時効(人工時効)

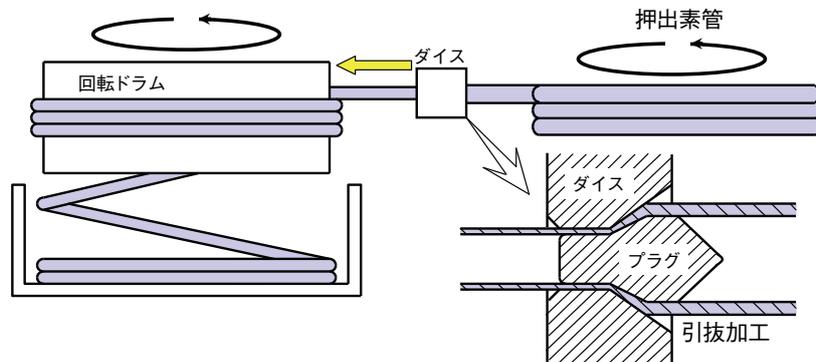


図11 連続引抜加工模式図
Fig.11 Continuous drawing method of pipe.

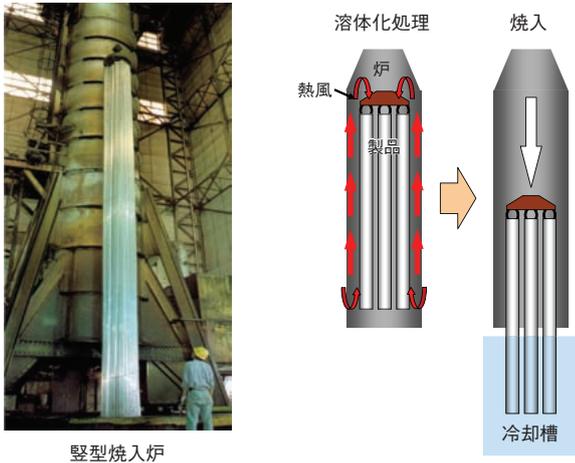


図12 溶体化処理・焼入炉

Fig.12 Solution heat treatment and quenching furnace.

に分けられる。室温時効は、主にAl-Cu (2xxx)系合金に適用される。この系の合金は約4~5日ではほぼ最高強度に達して安定化するが、6061, 7N01などの合金は長期にわたって上昇するために、高温の時効処理により短時間で強度を高める処理が適用される。

8.3 焼鈍処理

一般的には冷間加工の前、途中、または後に加えられる加熱処理である。この処理は、熱間加工あるいは冷間加工によって導入された加工硬化分を部分的に除去すること(部分焼鈍)、あるいは再結晶を起こさせ完全に除去すること(完全焼鈍)により、強度レベルをコントロールすることを本来の目的としている。

冷間加工での前、あるいは途中での焼鈍は中間焼鈍と呼ばれ、通常は完全焼鈍処理により、その材料の最も軟らかい状態に調整する。中間焼鈍の目的は、次の3点である⁵⁾。

- 1)引き続き冷間加工を容易にするために、変形抵抗を減少させる、あるいは展伸性を向上させる。
- 2)最終の調質がH1X, H3Xの場合に最終加工上りに必要な強度を調整する。
- 3)最終製品に要求される金属組織的特性に適合するように中間工程での組織状態をコントロールする。

最終加工後に加えられる焼鈍処理は、上り鈍し処理(最終焼鈍)と呼ばれている。製品の調質内容、すなわち軟質(O)、焼鈍調質(H2X)、安定化(歪除去)処理(H3X)などの仕様に応じて、強度レベルがコントロールされる。調質Oは全合金に、調質H2Xは1000および3000系合金に、H3Xは5000系合金に主に適用される。鈍し処理を行う製品は、曲げ加工などを行う製品が多く、強度レベル以外に、再結晶粒度などの金属組織も重要視される。これらは中間焼鈍を含め、鑄造、押出など上流工程での製造条件の影響を受ける。

9. おわりに

アルミニウム素材の製造方法として、圧延、鑄物、鍛造なども挙げられるが、押出はその多彩な用途と汎用性を有する優れた加工方法である。

押出加工は、量産設備においても、合金変更、ダイスの段換えが容易であることから、少量多品種の要求に対し柔軟に対応できる。また、ダイスの製作期間が短く比較的安価であることも、優位性として挙げられる。

これらの特徴を生かすことにより、用途に応じた製品開発や試作対応も容易であることから、アルミニウム製品の市場拡大において、押出加工は今後も需要増の期待が持てる製造方法である。

参考文献

- 1) Furukawa-Sky Review 2 (2006), 60.
- 2) 木内学, 柿木敏行: 塑性加工春季公演 (1993), 423.
- 3) E.F.Emley : Met. Technol., 3 (1976), 118.
- 4) Furukawa-Sky Review 2 (2006), 58.
- 5) 藤倉潮三: アルミニウム材料の基礎と工業技術, (1985), 124.



柿木 敏行 (Toshiyuki Kakinoki)
押出加工品事業部 小山工場