

# 切削屑の押出しと繰り返し重ね接合圧延による 軽金属の固体リサイクルシステムの構築

山形大学工学部 技術部  
機器開発技術室 千葉良一

## 1. はじめに

現在、大学・高専等の実習工場から排出される切削屑は、近隣の廃棄物処理業者に有料で引き取られているようである。それらは、一般工場から排出される切削屑や金属スクラップとまとめられ、鋳物やダイカストなどの地金として再生されている。しかし、使用済み金属のリサイクル率を今後さらに増加させるためには、鋳物製品への利用だけでなく、より高品位な展伸材の原料として再生する技術の開発も必要である。

近年、切削屑に強ひずみ加工を加えて再溶解することなく固相のまま直接バルク材に再生する、いわゆる「固相リサイクルプロセス」の研究が学界でいくつか行われている。しかし、それらのほとんどは大量の熱エネルギーを必要とする熱間加工によるものである。

本研究では、日常生活に幅広く利用されている銅とアルミニウムに着目し、その切削屑を冷間押出しと圧延でバルク材へ再生することを試みる。押出し加工された試料の表面状態や密度、また、引張試験から試料の機械的性質を求め、切削屑が常温において再生可能であるかどうか検討する。また、押し出された試料に圧延を施すことで緻密な平板状に成形すると同時に、結晶粒の微細化により機械的性質の更なる向上をはかるアップグレード・リサイクルプロセスを確立する。

## 2. 実験方法

### 2.1 ビレット成形

純度 99.9%の工業用純銅丸棒とアルミニウム合金鋳物 AC4CH インゴットから、それぞれ汎用旋盤

と汎用フライス盤を用いて切削屑を作製した。得られたコイル状の切削屑をアセトンで10分間超音波洗浄し、その切削屑を常温下100kNで押し固めることにより押出しに供する円柱状ビレット(φ20.5mm)を作製した。これをそれぞれ、450℃(銅)および300℃(アルミニウム)で1時間焼鈍を行った後、ワイヤブラシで表面の酸化膜を除去してから押出しを行った。

### 2.2 押出し加工

押出し加工は、内製した押出しサブプレス(図1)を使用し、前方押出し法で行った。ダイ半角 $\alpha$ は、押出しにおいてデッドメタルを発生させず、また、極小の押出し圧力を与えるいわゆる最適ダイ角度に近い $\alpha=60^\circ$ とした。ダイの穴形状は円形のもの(アスペクト比1:1.8, 1:3.8)を用意し、その寸法は押出し比 $R=4$ となるように定めた。パンチ、ダイ、コンテナおよびベースはSKD11で作製し、熱処理によりダイは $H_{RC}=61\sim63$ 、コンテナとベースは $H_{RC}=50\sim52$ に調質した。

1回の押出し毎にコンテナ内面、ダイ円錐面およびダイランド面に潤滑油を塗り、摩擦による押出し荷重値の上昇を防いだ。押出しに用いた機械は500kN油圧式万能材

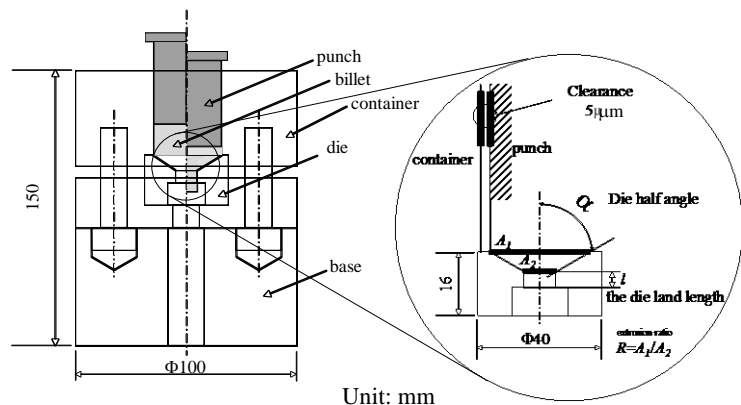


図1 冷間前方押出し用サブプレス

料試験機（東京衡機製作所）である。押し出し荷重値は、試験機荷重計より直読した。パンチ速度は、試験機油量バルブを手動にて調節し、毎分5mm以下になるようにした。

**2.3 圧延加工** 平板形状への成形と密度及び機械的性質の更なる向上を図るために圧延加工を行う。押し出し加工された試料の引張試験を行い、得られたデータから最適な圧延パス・スケジュールを決定し、内製した圧延機で冷間圧延する。なお、現段階ではまだ圧延加工まで至っていない。

### 3. 実験結果および考察

**3.1 外観および表面割れ** 押し出された試料をみると、どちらの材料も先端部で十分にひずみがかえられていないため切削屑の痕跡が見られるが、その先端部を除けば全体にわたって光沢があり滑らかな棒である。表面は常温での大きな塑性変形により加工硬化がおき、非常に硬くなっていた。円形→円形断面に押し出された純銅は滑らかに押し出されたが、円形→矩形断面に押し出されたAC4CHでは表面の一部に割れが観察された。

**3.2 内部観察** 押し出された試料の縦・横断面の写真を図2,3に示す。AC4CHの押し出し材（円形→矩形 アスペクト比1:1.8）では、どちらの断面も非常に密であり、切削屑の界面は肉眼で確認することができない。一方、純銅ビレットの押し出し材（円形→円形）には視認できる空隙がいくつも残存していた。

**3.3 機械的特性** 押し出されたAC4CH切

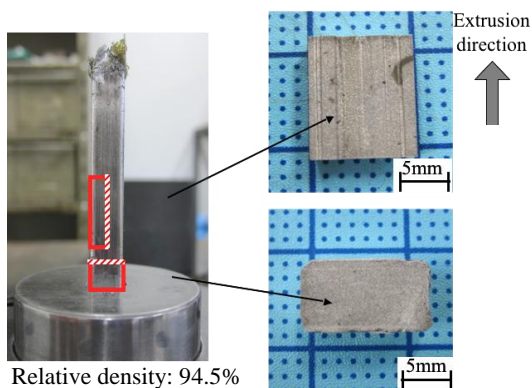


図2 押し出された角棒の縦・横断面 (Aluminium alloy AC4CH)

削屑の角棒から平行部長さ12mmの引張試験片を放電加工機で切り出し、クロスヘッド速度2mm/minで単軸引張試験を行った。図4に得られた引張強度を、AC4CHインゴット生材のものとあわせて示す。押し出された角棒は、試験機の荷重値レンジ未満の荷重で破断してしまったため、その引張強度は35MPa未満であることしか明らかでないが、この強度では用途が限られるため、再生材の価値は低い。後続の圧延加工で十分にひずみを導入し、機械的特性を大幅に向上させねばならない。

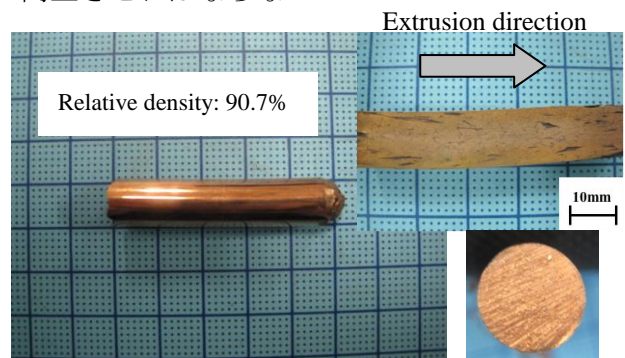


図3 押し出された角棒の縦・横断面 (99.9% pure copper)

### 4. おわりに

本研究により「金属切削屑→金属素形材（平板）」へのプロセスが確立されると、今後、それらが産業材料として持続的に活用されるために必要なリサイクル法の一つとなり得る。また、本プロセスを大学・高専等の実習工場から排出される切削屑に適用すれば、材料の有効利用のみならず、学生へのリサイクル工学に関する教育効果の向上に寄与できると考える。

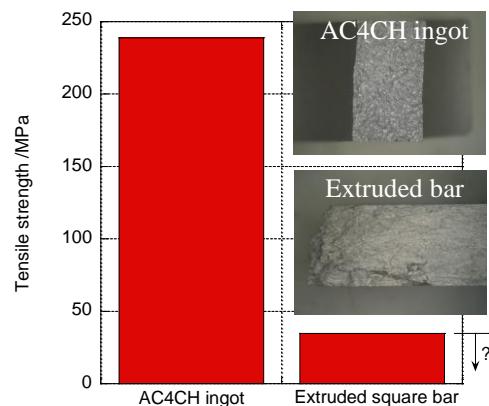


図4 引張強度の比較および破断面写真