

超硬合金スクラップからのタングステン リサイクル事業化

Industrialization of Tungsten Recovering from Used Cemented Carbide Tools

林 武彦*
Takehiko Hayashi

佐藤 史淳
Fumiatsu Sato

笹谷 和男
Kazuo Sasaya

池ヶ谷 明彦
Akihiko Ikegaya

タングステンは超硬工具の主成分として用いられている。鉱山は中国に偏在しており、その供給が不安定であるため、安定的に超硬ビジネスを行うためには中国依存度を下げることが望ましい。このような観点から、住友電工グループでは使用済みの超硬工具からのタングステン回収に注力しており、効率的・低環境負荷なリサイクル技術を産学共同研究により開発・実用化した。実用化にあたり様々な問題に直面したが、これを克服し事業として成立するプロセスを確立することができた。本稿では、主に環境対策と不純物の混入抑止について述べる。これまでは高品位の原料を扱ってきたが、今後はこれまで廃棄されてきた低品位原料も活用するための技術開発に注力し、レアメタルのリサイクル率向上に貢献していく。

Tungsten is a chief ingredient of hardmetal materials. Since its sources are concentrated in China, the supply of tungsten is highly volatile, and therefore, a reduced dependence on China would stabilize the hardmetal business. In view of this, the Sumitomo Electric Group focused on recycling tungsten from used hardmetal tools. The group developed an efficient recycling technology with a low environmental load, and industrialized the technology in a joint research project. Despite various challenges that came up on the way to industrialization, the group succeeded in establishing the technology as a business. This paper mainly describes the developed technology, which reduces toxic emissions and removes impurities. Our goal now is to recycle even low grade tungsten scrap, most of which is currently being disposed, and thus contribute to a more efficient use of rare metals.

キーワード：超硬工具、タングステン、リサイクル、省資源

1. 緒 言

タングステン (W) は、レアメタルのひとつであり、高融点、高比重、高硬度、低熱膨張率、高熱伝導率、放射線遮蔽能等の特性が知られており、これらの特徴の組合せから、切削工具・機械部品・電極材・放熱材・触媒等として、幅広い産業分野で利用されている。

各国の分野別需要(表1)では、超硬工具分野が世界平均で約61%を占め、特に日本では世界平均より更に高い76%を占めていることが特徴である。

このような重要資源であるWは、鉱石の埋蔵量が中国に約60%と偏在しており、2014年産出国では中国が83%である(図1)。日本のW輸入元では2014年財務省貿易統計では、新たに開発された鉱山を有するベトナムが27%となったが、中国は49%と依然として高い割合である(図2)。

産業上の重要性および安定供給の問題から、経済産業省は、2012年にWを自動車排ガス浄化触媒である白金族やレアアースと共に重要鉱種とし、コンデンサ用Ta、ネオジウム磁石用Nd、Dy、リチウムイオン電池用Coと共に、リサイクルを重点化すべき5鉱種に指定している。

ここで、世界のWのリサイクル率は、2013年のITIA*1資料によると平均約34%であり、欧米の50%に対し日本

は30%である。超硬合金中のW含有量は80%以上あり他

表1 各国のタングステン分野別需要(出展:ITIA)

	中国	欧州	米国	日本	ロシア	その他	世界平均	2013年(トン)
Hardmetal	54	67	66	76	54	60	60.7	59,388
Steel	28	11	9	20	37	20	20.1	19,894
Mill Products	11	11	20	3	3	10	12	11,760
Others	7	11	5	1	6	10	7.2	6,958
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98,000

(出典: USGS Mineral Commodity Summaries 2015)

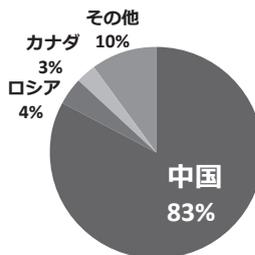


図1 タングステン産出国

(出典: 財務省貿易統計2014)

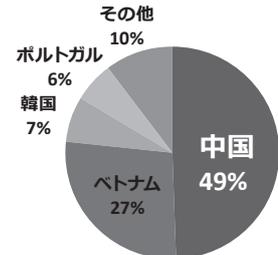


図2 日本の輸入国

の用途と比較し高く、且つその他の分野は他材料との分離が容易ではないことから、日本でのリサイクル率を上げるには超合金スクラップを原料することが効率的である。

住友電工のハードメタル事業において超硬工具の製造を安定して行うためには、原料の安定調達が必要である。筆者らはこれに対応するため国内で発生する超合金スクラップからのWリサイクル技術の開発や回収ルートの構築を行い、事業化を果たした。その内容を報告する。

2. 超合金スクラップの種類

超合金スクラップは、大きく分けて2種類あり、固形のハードスクラップと粉状のソフトスクラップがある。前者は、切削チップ、ドリル、金型等があり、後者は超合金素材メーカーや超硬工具メーカーにて発生し、W含有量の高いW粉やWC粉から、超合金の研削・研磨にて発生する比較的W含有率の低いスラッジまでである。

これら超合金スクラップは、製造工程で発生する不良品や加工切断片、研削・研磨スラッジと使用済みの超硬工具として大別でき、発生したスクラップは、製造工程に還流し再利用するか、スクラップ回収業者またはリサイクル処理業者が回収する。また、使用済みの超硬工具は超硬工具メーカーまたはスクラップ回収業者が回収し、リサイクル・精錬処理業者においてリサイクル処理され、超硬の原料として循環再利用される。

現在、日本国内では、リサイクル・精錬処理業者が数社あり、Wが回収されている。Wスクラップの市場価格上昇により超硬工具の回収率は向上したが、国内の処理回収能力は増加しておらず、超硬工具出荷が平成26年は前年比約113%と伸びる中、スクラップの海外への流出が増える結果となっている。

3. 超合金スクラップからのWリサイクル技術

超硬工具のリサイクル方法は大きく分けて固形のハードスクラップを構成成分のまま粉末に再生する直接法と、スクラップを化学的に溶解し、後に構成成分毎に分離回収する間接法の2つに分類される。

代表的なリサイクル技術として、直接法の亜鉛処理法、間接法の酸化-湿式化学処理法がある。その他、Co含有量が多い超硬工具スクラップの場合、電解法が適用されている。過去その他手法も開発されたが、リサイクル粉の用途限定や、エネルギー効率、処理時間など、コスト、生産性が劣る等の理由から、現在では殆ど実施されていない。

直接法は、薬品およびエネルギー消費が少ない点で優れており、処理設備への投資額もあまり小さくなく、小規模で工業生産が成り立つ利点がある。しかし、スクラップがそのままの組成で回収されるため、予め回収選別をしっかりと行う必要があり、選別コストが負担となって、プロセ

スコストの利点を減じている。また、生産比率が高い切削工具の被覆層成分が回収粉に混入するため再生材の品質が低下する問題がある。

一方、間接法は、鉬石の精製と同等の品質が得られ制限なしに使用できる利点がある反面、化学的に精製する過程で薬品を多く使用するため環境への負荷とエネルギー消費が多いという問題がある。更に、必要とする処理設備の規模が大きく、投資額が大ききことも問題であった。

住友電工グループでは、亜鉛処理法および酸化-湿式化学処理法を用いリサイクルしており、その基本技術の概要を以下に説明する。

3-1 亜鉛処理法

(1) 亜鉛処理法の工程

亜鉛処理法は、ハードスクラップを亜鉛と一緒に反応容器に挿入し、不活性ガス雰囲気中で850~950℃に加熱して亜鉛を溶解し、超合金中のCo結合相に亜鉛を拡散させてCo-Zn合金を形成する。亜鉛が入り込むことにより結合相が膨張してクラックが発生し、これが亜鉛の侵入を更に促進する。完全に合金化させた後、亜鉛の沸点(908℃)以上の温度で、雰囲気を真空として亜鉛を蒸発させて分離除去し、冷却したコンデンサー内に亜鉛を固化回収する。脱亜鉛の後、超合金は多孔質のスポンジ状の超合金に変化し、ボールミル等で容易に粉碎できるようになる。細かく粉碎した後、篩にかけリサイクル粉末として回収する。

(2) 亜鉛処理粉末の品質と課題

脱亜鉛処理が不十分であると亜鉛がリサイクル粉末中に残存し、焼結時に亜鉛が蒸発して焼結炉に悪影響を与えるので、十分な脱亜鉛処理が必要で、標準的には亜鉛は50ppm以下に抑えられている。亜鉛以外の不純物は高温処理下で揮発するものは除去できるが、化学処理法のような高純度化はできない。また、WC粒度の調整ができない。従って100%使用して製品にできる用途は少なく、組成を調整しながら新粉に混ぜて使用するのが一般的である。現在被覆膜の厚膜化も進んでおり、課題は安価なスクラップの選別技術と適用用途開拓である。

3-2 酸化-湿式新化学処理法

住友電気工業(株)、住友電工ハードメタル(株)、(株)アライドマテリアル並びに名古屋大学は、JOGMECの国家プロジェクト「希少金属等高効率回収システム開発プロジェクト」に参加し、共同研究で超合金スクラップに特化した、小規模でも高効率に処理できる新リサイクル技術を開発し、2011年より(株)アライドタングステンにて事業を開始した。工程概略を図3に示す。

開発のポイントとして、ハードスクラップを効率良く溶解できる熔融塩溶解技術の開発、高効率変換および不純物除去ができる高効率イオン交換技術の開発、NH₃回収・再利用システムの3つが挙げられる。

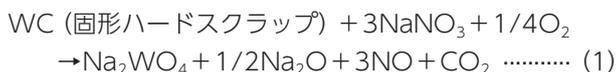
(1) 熔融塩溶解技術

第1のポイントは熔融塩溶解技術の開発である。超硬合

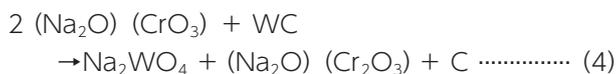
金スクラップから高純度のWO₃を得る基本技術は、タングステン酸ナトリウム (Na₂WO₄) 溶液をタングステン酸アンモニウム ((NH₄)₂WO₄) 溶液に変換し、その後濃縮して・APT (APT: パラタングステン酸アンモニウム (NH₄)₁₀W₁₂O₄₁・5H₂O) を晶析し、得られたAPTを焙焼する方法であるが、まずスクラップを酸化焙焼する必要がある。ここで、粉状のスクラップは固形のハードスクラップに比較し容易に酸化できるが、ハードスクラップは内部まで酸化し難く、完全に酸化するには、表面の酸化物層の皮むき、再酸化を繰り返す必要があり、エネルギー使用量が大きく手間がかかるので、処理コストが高くなるという大きな問題があった。

開発手法は、酸化力の強い硝酸ナトリウム (NaNO₃) をスクラップと共に溶解し、酸化と同時にNaと反応させてNa₂WO₄を生成するものであり、ハードスクラップ内部まで酸化処理することができる。これを水溶してNa₂WO₄溶液を得ることができ、アルカリ抽出工程は不要となる。

この反応は大量の発熱を伴う発熱反応であり、省エネルギーに適するものの急激に進む反応の制御が課題であった。また粉状スクラップは表面積が大きいため爆発的に反応が進むのでこの処理には適さない。更に、排ガスとして有毒な窒素酸化物NO_xが発生するので、徹底した排ガス処理対策が求められた。反応制御に関しては大過剰のハードスクラップに少量のNaNO₃粉末を定量供給することで反応制御を可能とした。また、NaNO₃をハードスクラップと反応させ、副産物として生成する酸化力の弱い酸化ナトリウム (Na₂O) を含む熔融液に、予め酸化焙焼させWO₃化させた粉状スクラップを反応させる手法を開発した。



ここで、微粒超硬合金の場合、粒成長抑制剤としてCrが微量添加されており、強力な酸化剤を用いることから、六価クロムが生成される問題がある。この対策としては、熔融塩中に還元剤としてW, WC, C粉末などを適量添加することで無害化する手法を開発した。



また、この工程にて発生するNO_xガスを処理するため、火力発電所にて利用されていた触媒を活用した技術を適用した。NO_xガスは、NO, NO₂ガスの2種類がありこれらは不安定で形を変え易い。これを検知器にて捉え、適量のアンモニアガスと反応させ無害な窒素N₂と水H₂Oに分解する技術である。

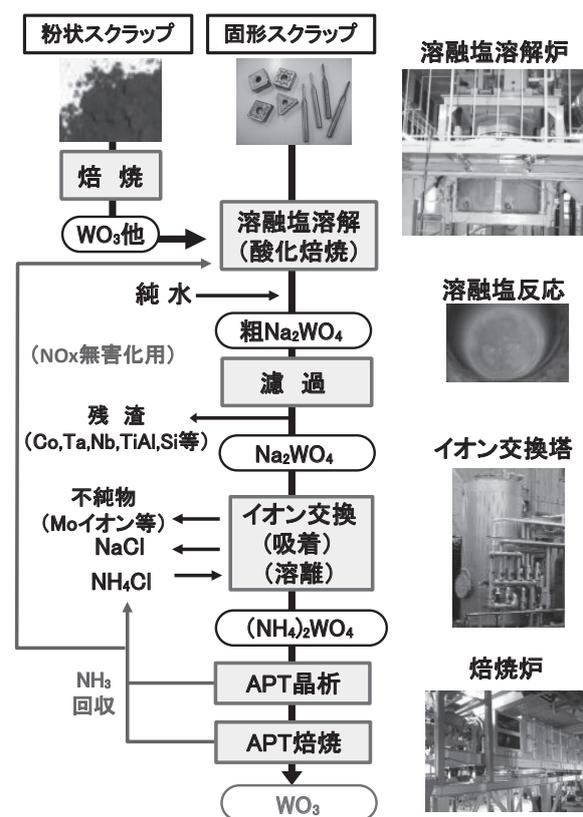


図3 酸化-湿式新化学処理法の工程概略

(2) イオン交換工程

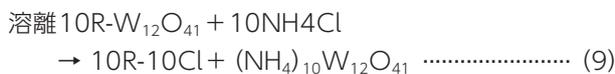
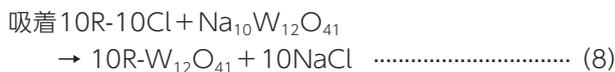
第2のポイントはNa₂WO₄溶液から(NH₄)₂WO₄溶液への変換および不純物除去工程へのイオン交換法の採用である。基本技術は1980年代に中国の中南大学で開発された技術であるが、高効率化を図った。イオン種の樹脂への吸着選択性の違いを利用し、従来法より小型設備にて省資源且つ環境負荷なく、粗Na₂WO₄から純(NH₄)₂WO₄へ変換できるプロセスを開発した。

イオン交換処理はイオン交換樹脂を充填した樹脂塔に水溶液を通液することで行う。イオン交換樹脂に供給された

イオン種は、樹脂にもともと捕捉されていたイオン種とイオン交換反応を起こし、樹脂に吸着される。交換反応は水溶液中のイオン種の濃度、吸着選択性、イオンサイズ等に支配される。イオン交換処理の目的は、Na₂WO₄溶液に含まれるWO₄²⁻イオンを陰イオン交換樹脂に吸着し、塩化アンモニウムNH₄Cl等のアンモニウム塩によって溶離することで(NH₄)₂WO₄溶液を得ること及び熔融塩溶解処理により水溶液に混入した不純物イオンを除去することである。

単位体積あたりのイオン交換樹脂が吸着可能なWの量(吸着容量)は、W含有イオン種の電荷数とW量に依存する。既に実用化されている技術であったが、新技術は高効率であることが特長であり、Wポリ酸イオンの適用によって、従来の約3倍のWを吸着させることが可能となった。

Wポリ酸イオンを式(8)に従って吸着したイオン交換樹脂に対し、NH₄Clを通液することで式(9)の反応が起こり、APTの析出が起こる。これを回避するためには水溶液を塩基性に保ち式(10)の反応によって溶離したWポリ酸イオンを分解する必要がある。そこで、高濃度のアンモニアNH₃を含む(NH₃+NH₄Cl)混合溶液を高流速で通液した結果、APTを析出させることなく従来技術の3倍の効率でイオン交換処理が可能となった。



※R：イオン交換樹脂の交換点を意味

(3) NH₃回収・再利用システム

第3のポイントはNH₃回収・再利用システムであり、(NH₄)₂WO₄の濃縮やAPT焙焼によるWO₃化にて発生する多量のNH₃を、イオン交換の溶離にて使用するNH₄Cl生成や熔融塩溶解反応にて発生するNO_xの無害化に利用した。NH₄Clを主成分とするNH₃含有廃水をpH調整・加熱することでNH₃ガスとして単離し、純水に吸収させることでNH₃水として再利用している。



4. 酸化-湿式新化学処理法の事業化

一般的に精錬事業は大規模設備にて行われるが、これら3つの開発ポイントを基に、(株)アライドマテリアルにて量産

型実証試験設備を設置し効果確認を行った結果、小規模でも高効率で目づ環境負荷や安全に配慮した新化学処理法を確立できた。その後、(株)アライドタングステンにて事業化した。新たな問題が発生し、目標通りの稼働ができず、更なる開発を要した。その取組みについて以下に紹介する。

研究開発段階では、組成が明確な固形のハードスクラップや比較的W純度の高い粉状ソフトスクラップを原料としていたが、種々のスクラップを回収し処理すると、様々な異物や不純物もあり、不純物分離技術だけでなく運用管理法も確立する必要があった。また各々の対応策に伴い工程増加によるコスト増もあり、よりシステム内の薬剤、消耗品やエネルギーの効率化を進める必要があった。

4-1 酸化-焙焼工程での異物対策

事業開始後、スクラップに混入していた鉄製ボルトやウエス等がスクラップの搬送装置の詰まり、装置損傷を招いていた。この問題に対処するため、発生元に協力を要請、混入防止を推進している。

一方、粉状スクラップの水分は、部位により含水率が異なり、また乾燥状況によっては塊化したものもあったため焙焼装置投入時の流動性や酸化性を向上させるための細粒化工程の改善が必要となった。図4にソフトスクラップ焙焼炉の概略を示した。乾燥した塊状スクラップは熱処理前に粉砕され、熱処理時に空気と接触し易いように細粒化する。これを連続的に焙焼炉へ投入し、大気中約800℃で加熱処理する。排ガス中には油分による悪臭が発生することがあるため排ガス燃焼装置にて無害化し、熱処理された粉末は、熔融塩溶解炉にて処理される。

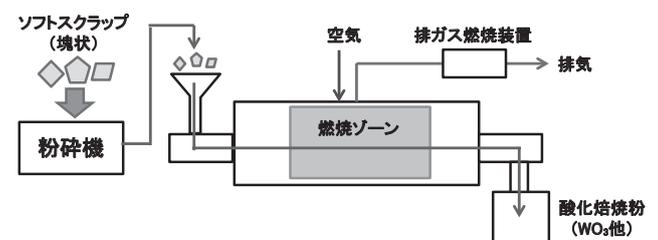


図4 ソフトスクラップの酸化・焙焼炉概略

ここで、油分含有スクラップの焙焼では、油分過多で連続処理炉内にてスクラップが酸化する前に油に引火、燃焼ゾーンが入口部に向かって広がり装置を焼損させるリスクがあった。引火を遅らす為に入口部を空冷する機能を持たせ、且つ引火しても延焼を食い止めるため、間欠でスクラップを搬送する等の運用上の工夫も行った。

ハードスクラップや上記により得られた焙焼後のソフトスクラップは、定量供給と専用監視システムにより、熔融

塩溶解反応制御される。なお、この反応は局部的に高温になると設備に損傷を与える可能性があり、計画生産する上で装置の耐熱性の向上やメンテナンス頻度管理が重要なポイントとなった。

4-2 イオン交換工程の不純物対策と運用管理

従来法でAl、Ca、Fe、Mo、Si、V、など種々の不純物を含有するスクラップを出発原料としてWリサイクルを行う際には、大量に廃棄物が発生するMg(OH)₂共沈法、有害なH₂Sガスが発生する硫化沈殿法により除去していた。これに対して開発した手法では廃棄物発生量を抑制した沈殿法と高効率のイオン交換法を併用した純化技術と運用法の確立を進めた。

しかし除去し難い複雑な形態の不純物イオン等が発生し、更にイオン交換樹脂の劣化も発生するという2つの大きな課題に直面した。

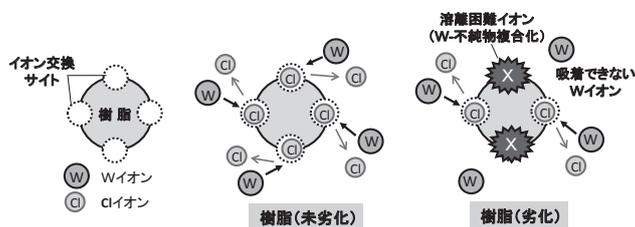


図5 イオン交換樹脂の劣化原理

第1の課題である不純物除去では、分離し難い元素もあり粉状スクラップ入手段階での分析値に基づき、工程投入時の管理を行ったが、不純物が規格を上回ることが多くあった。この原因は、回収缶の中でサンプリングでは掴めないレベルに局部的に組成が偏っていたことが判明した。処理前に均一混合した後にサンプリング、分析すればこの問題は解消できるが、コストアップにつながるため、対策として投入スクラップの溶液化後に保存タンクにて不純物量を把握し、その後の工程で対応できるようにしたが、工程確定までに、不良発生や操業停止の弊害が発生した。

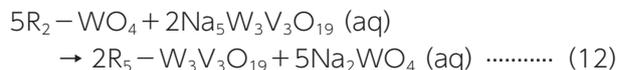
また、晶析を行った後にAPT結晶を得るために脱水するが、脱水後に溶液中に残留するWを回収するため再度工程内にリターンしている。この溶液には不純物が濃縮されているため、イオン交換樹脂劣化、製品の汚染の主因となっていた。

不純物除去は、基本図3に示すように粗Na₂WO₄から沈殿不純物の濾過にて行うが、不純物は液中に残存する。他社で実施されるイオン交換法は長い樹脂塔を用いて吸着選択性を利用して不純物除去を行っているが、小型樹脂塔で行うため、Wと類似性質のMoを含む不純物除去に苦心した。

Moはサーメット中の組成物、また研磨砥石のドレス材に使用され、スクラップ内に混入する場合がある。基本

は、吸着選択性を利用し排出させるも、微量の未除去分が残留し製品に数十ppm混入する問題が起こった。対策として、イオン交換工程で回収される(NH₄)₁₀W₁₂O₄₁液中のMo濃度を短時間で分析できる簡易手法を開発し、Mo濃度に応じて後工程の晶析工程の条件を調整し、製品のMo汚染を2ppmレベルに抑制する技術を確認した。これにより、品質の安定化と共に工程能力の確保が図れた。

また、Crと同様に微粒超合金の粒成長抑制剤であるVは後述のイオン交換樹脂劣化の一因でもあり、沈殿法で除去した際には大量の産業廃棄物が発生する厄介な元素であった。対策として、Wは実質的にイオン交換樹脂に吸着せずVは強固に吸着するW-V複合イオン状態になるよう液性を調整した上で小型のV除去樹脂塔に通液することで、式(10)に従ってVを選択的に除去する技術を開発した。ここで、VはWとの複合イオンとして樹脂に吸着するため、Wの歩留低下問題が顕在化したが、複合イオンのVとWを分離する技術を開発し、Wは工程内にリターンする手法を実用化しV除去と歩留の両立を実現した。



即ちMo、V等の除去し難い元素を工程外へ排出させながらも、W歩留りを確保する最適条件を見出し、歩留りは当初目標95%から約97%に上昇させることができた。

一方、上記対策にて薬剤使用量の増加や工程追加もあるため、工程短縮化にも努めた。例えばNaイオンはNaCl液として純水にて洗浄・排出され、導電率計にて管理を行うが、洗浄時間が数倍に伸びる現象があった。原因は季節要因による純水温度低下であることを見出し、工程内にて発生する排熱を活用し温水化した。これにより効率的にNaを洗浄除去でき、且つ製造能力の安定化も図ることができた(図6)。

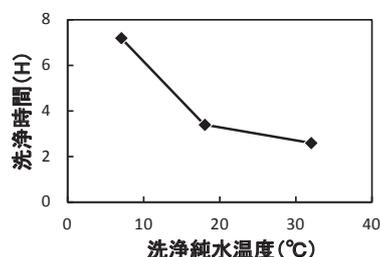


図6 Naイオン洗浄時間への洗浄水温度の影響

第2の課題は樹脂の劣化である。当初樹脂は半永久的に使用できると考えたが、樹脂の劣化により、交換容量の低

下が生じることが判明した。吸着選択性を活用し不純物除去を行うが、微量の不純物がWと結合して、イオン交換樹脂から溶離できず蓄積していくことで樹脂が早期に劣化し、樹脂コストが負担となった(図5)。樹脂の劣化は、樹脂塔に装填された樹脂の上部から下部に向かって進行するが、従来樹脂塔メンテナンスのため定期的に行っていた逆洗浄による樹脂の攪拌・混合の際に高劣化・高比重の樹脂が塔内下部に移動することにより、交換容量が低下する現象を突き止め、逆洗浄作業を撤廃した(図7)。逆洗浄作業撤廃のためには、溶離工程での樹脂塔内の晶析発生を確実に起こさないことが必須であり、イオン交換効率との両立が求められた。これらの条件調整の結果、品質を維持しつつ樹脂コストの低減を実現した。

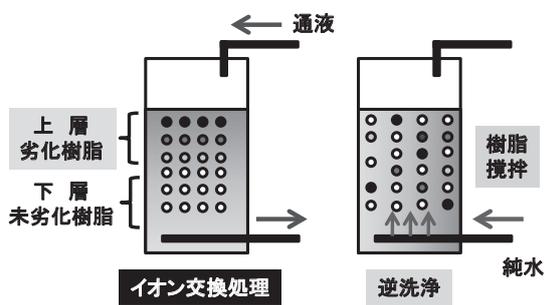


図7 逆洗浄による劣化樹脂の攪拌

4-3 リサイクル環境の変化と回収ルートの確立

(1) リサイクルの環境変化

Wリサイクル事業を開始してから、事業環境が大きく変化しており、リサイクルのメリットも変わりつつある。

現在のWの相場推移を図8に記した。相場は中国のW輸出枠不足、国家備蓄政策、Fanyaの買占めなどで供給不安となり、2011年6月にはLondon Metal Bulletin (LMB) B欧州相場464\$Metric Ton Unit (MTU)で上がるなど高水準となった。これにより鉱石が中国寡占資源であるという

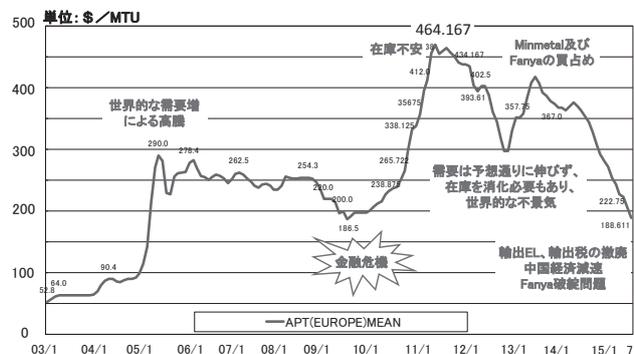


図8 タングステンの国際相場 LMB (London Metal Bulletin)

カントリーリスクを避けるため、地産地消を可能とするリサイクル技術が注目された。その後2014年中国のWTO敗訴により2015年5月輸出枠撤廃となった後、リーマンショック金融危機時期レベルまでに急落している。このような状況下、Wのスクラップの相場も下降している。この資源価格の傾向はWだけでなくレアメタル各資源も同様な状況である。レアメタル代替材の開発や省レアメタル材開発も進められている中、相場影響によりスクラップの安定入手は容易ではなくなるものと懸念される。

本開発は2005年の価格高騰時に、タングステン原料の安定調達を目的として取り組み、2011年に事業化した。リサイクル粉末は相場高騰局面では新粉購入価格に対し、大きな価格メリットを出せたが、下落局面では高い価格で購入したスクラップを処理する為に価格差が縮小し、リサイクルのメリットを活かすには、より安価なスクラップソースを効率良く処理していく必要がある。

また、超硬工具やその製造工程にて生じるスラッジが回収されず廃棄処分されているものもあり、これらを拾い上げるスクラップ回収ルートの確立も課題である。更に、リサイクルのメリットをより高めるためには、超硬合金中のCoやTaの有価物を回収しリサイクルする技術やシステムづくりにてプロセス競争力を高めていくことが求められる。

(2) スクラップ回収ルートの確立

事業として成立させるためには、原料となる超硬合金スクラップの安定確保が必須であるが、スクラップの処理技術だけでなく、分析・管理・運用システムの構築も重要である。住友電工ハードメタル(株)では1980年代より亜鉛処理法によるリサイクルを実施しており、グループ企業である北海道住電精密(株)、(株)アクシスマテリア、東海住電精密(株)、九州住電精密(株)等から、また超硬工具の販売を行っている住友電工ツールネット(株)が顧客から超硬合金スクラップを回収している。回収した超硬合金スクラップは一旦、イゲタロイススクラップセンターに集約され、選別が行われる。組成が判明している工具は亜鉛処理法にてリサイクルされ、一方、組成不明である場合は過去海外のWC粉末メーカーへWC粉末とのコンバージョン用として送られるルートが確立されていた。

現在、新化学処理法によるリサイクル事業を開始することにより、後者の選別不可であるスクラップの処理が可能となった。また新技術用原料はW粉やWC粉を販売する(株)アライドマテリアでも顧客より回収している。しかし、市場には産業廃棄物となるハードスクラップや超硬合金の研削・研磨にて発生するスラッジが大量にあり、レアメタル資源の国内循環の必要性を、日本国際工作機械見本市(JIMTOF 2012、JIMTOF 2014)等にて説明し回収を図っている。

重要資源であるWを国内にて効率的に循環させるためには、ハードスクラップではコストが有利な亜鉛処理法の活用が好ましい。また新化学処理法においても、対象は超

硬合金やWのみとした方が好ましい。新化学処理法事業化初期においては、スクラップには前述したような様々な異物混入があり、装置トラブルが絶えなかったが、単なるスクラップではなく有価資源であるという意識の啓蒙により解消されつつある。このような取り組みの中、2014年住友電気工業(株)はトヨタ自動車(株)と共同で超硬製品屑の分別回収と世界初のWリサイクル新技術を組合せた、超硬製品屑中のWの国内還流リサイクルシステムを他社に先駆け事業として確立し、「資源循環技術・システム表彰」を受賞したことは、国内へ向けてのリサイクル意識の更なる高揚に繋がったものと言える。

5. 結 言

住友電工グループでは、廃超硬合金やスラッジを回収し、亜鉛処理法、新化学処理法の2つの手法を併用し、各々の長所を活かしたWリサイクルを実施している。

後者は2011年に事業化開始し、組成不明のハードスクラップやソフトスクラップを処理する中、多くの課題に直面し、不純物除去条件の最適化、システム内の薬剤・エネルギーの再利用や運用・管理法確立も進めた。小規模でも高効率で且つ環境負荷や安全に配慮した新化学処理法の事業化を成功させ、スクラップの回収量にマッチングした小規模プラントからスタートし、日本国内でも工業的に成立させることができた。

これにより、リサイクル処理量としては住友電工ハードメタル(株)が国内で販売している超硬工具と同じ重量の処理を行っており、数量的には販売した物をすべてリサイクルできている状況にある。

しかし、W相場の下落もあり、今後リサイクルのメリットを活かすには、Wの含有率が低く、不純物の多い粗悪なスラッジについても効率良く回収する技術の開発が必要である。また、超硬合金には有価物としてCoやTaが含まれるのでこれ等も効率良く回収することが求められ、現在これらの開発にも取り組んでいる。Wのみならず、超硬合金に含まれる有価物を回収することで、資源の更なる有効活用を進めていく所存である。

なお、顧客への安定供給および価格の安定化の一環として、米国Niagara Refining LLCにて鉬石からの精錬と共にスクラップリサイクル事業も開始している。更なる技術開発と共に、W資源の国内循環について各産業界への選別の必要性を含め回収にご理解頂けるよう努めたい。

6. 謝 辞

Wリサイクルに関連する研究は、石油天然ガス・金属鉬物資源機構(JOGMEC)の国家プロジェクト「廃超硬工具からのW等の回収技術の開発」の一環として行われたものである。

用語集

※1 ITIA

International Tungsten Industry Association

参 考 文 献

- (1) U. S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2015, 175 (2015)
- (2) Wolf-Dieter Schubert, and Burghard Zeiler, "Recycling of Tungsten Technology Potential and Limits," ITIA 27th Annual General Meeting (2014)
- (3) 石田友幸、板倉剛、森口秀樹、池ヶ谷明彦、SEIテクニカルレビュー第181号、pp.33-39 (2012年7月)

執 筆 者

林 武彦* : (株)アライドタングステン 技術部 部長



佐藤 史淳 : (株)アライドタングステン 技術部 主査
博士(工学)



笹谷 和男 : (株)アライドタングステン 技術部 主席



池ヶ谷明彦 : (株)アライドマテリアル 常務取締役



*主執筆者