

国産チタン特集

チタン合金の新需要

3D造形で医療分野を目指す

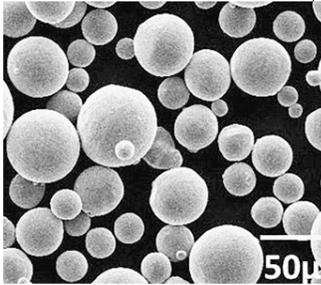
航空機向け需要が拡大しているチタン。ウクライナ危機後の需給タイト化を背景に、スポンジチタンや展伸材価格は2024年も値上がりが見込まれる。しかしチタン市場は、景気やパンデミックで乱高下する航空機市場向けの比重が大きく、特に国内チタンメーカーにとってはその他分野の需要底上げによる需給安定化が望まれて久しい。その一つに注目されている医療分野に向けた国産チタン製品の展望を探る。

医療用材料への適性

医療分野におけるチタン材料と言えば、極細線や極細管などが手術器具や検査装置に実用化されている例はあるが、最も多いのがインプラントと呼ばれる生体材料だ。生体材料とは生きた生体組織、つまりは骨・皮膚・血液などに接触する材料を指す。用を挙げると人工股関節、人工膝関節、人工歯根などが挙げられ、これら整形分野の国内市場規模は年間3000億円程度と言われる。人工関節(股・膝)が9割以上だが、その市場シェアの9割近くが外資系企業によって占められているのが現状だ。生体材料の条件としては、毒性やアレルギー反応を起こさず、発がん性や抗原性がない上、生体との適合性の高さが必須だ。人工股関節では骨を固定するためのカップや、荷重を支持するステムなどの主要部品素材は、これまでコバルト・クロム合金やステンレスが多く用いられていた。しかし、毒性やアレルギー発生の可能性があるコバルトやニッケルを避けるため、近年は生体適合性が高く、強度や耐摩耗性を備えるチタン合金に切り替わる流れとなっている。



大阪チタニウムのチタン粉末「T1 LOP」⑤とチタン粉末の拡大画像



一体成形で難加工性克服

昨年10月、大阪府が支援するものづくりビジネスセンター大阪(MO BICO)主催の「ものづくり基礎講座」において、生体材料をテーマに、大学・企業関係者の講演会が行われた。そこで大手医療器具メーカーの開発担当者は「整形外科領域の金属3Dプリンター市場ではチタン合金が主流となっている」と話した。3Dプリンターとは三次元積層造形と言われる技術。機械加工では不可能だった複雑な形状にも対応でき、入力した3Dデータによって自動製作が可能。3Dプリンターにはいろいろな方式があるが、金属粉末を敷き詰めた床をレーザーもしくは電子ビームを照射して溶かし固める粉末床溶融結合(DLP)方式が医療分野では中心となっている。人工股関節カップの加工にはこれまで、鍛造、切削加工、溶射加工、熱処理など多くのプロセスが必要だった。3Dプリンターでは電子ビーム溶射で一体成形が可能となり、大幅なスピードアップが図れる上、設計変更にもすぐ対応できる。また、形状の自由が高いため、骨芽細胞が付きやすく骨を固定しやすいようにする多孔質ステムの造形にも適しているのだ。チタン合金は10年代半ば、当時の

3D造形の主戦場

る。難加工材のチタン合金の場合、リードタイムが課題とされ、いかに迅速な設計・加工が対応できるかが鍵となる。



粉末量産体制を整備、新合金開発も

スポンジチタン世界大手の大阪チタニウムテクノロジーズは、ガスアトマイズ法による低酸素球状純チタン粉末「T1LOP」(タイロップ)を1990年代から射出成形(MIM)用途向けに量産してきた。その技術を生かして2020年9月から本社尼崎工場、64合金(チタン6%アルミ4%バナジウム)粉末「合金T1LOP」の専用工場を稼働させている。狙いは3Dプリンター向けだ。3Dプリンターで製造される製品の用途としては、現状は医療分野向けが50%以上を占めるとみる。競合するチタン合金粉末メーカーは世界に10社以上あり、北米地域に拠点を置く最大手のプラズマアトマイズメーカーの牙城は堅い。年間2000-3000トンと推定される市場のシェアの大半はこの海外勢が占め、大阪チタニウムはそれを追いつける立場だが、高機能材料部担当の富田篤理事は「粉末の性能を示す見かけ密度や流動性は世界トップクラス」と自信をのぞかせる。同社はスポンジチタンから粉末まで一貫生産できる世界唯一のメーカーであり、品質管理や安定供給の強みがある。さらに3D粉末市場でも航空機市場と同様に、ロシア産のスポンジチタンを代替原料として製造された粉末は忌避されて日本産原料に対する依存度が高まり、今後さらに強みを発揮しそうな流れもある。

国産の3D粉末



TNS合金で製作した人工股関節ステム

日本生まれの医療用合金

3年前の工場稼働時の生産能力は年産100トンだったが、製品の造り込み技術の進展により生産能力が向上。また、従来の売れ筋はレーザー方式向けの細径サイズだったが、新型コロナウィルス明けに需要家のサンプル評価がすすみ、電子ビーム方式向けの粗径サイズや、さらに細径より細かい微径サイズでも需要開拓が進んでいる。サイズをバランスよく売り切り、製法保留率の100%を目指している(富田篤理事)という理想に近づけば製品の国際競争力も高まることになる。現在の専用工場は64合金専用だが、富田篤理事は「これまでとは原理が違つ、多様なチタン合金に対応できる新しいガスアトマイズ法を検討している」と明かす。

医療用チタン合金で64合金がほとんどを占める中、日本生まれのチタン合金にも期待が高まっている。TNS合金と呼ばれるチタン・ニオブ・錫系合金は、東北大学金属材料研究所の花田修治准教授が1990年代に見いだし、産学連携で実用化に向けた共同開発が行われてきた。日本生まれのチタン合金は、動物実験や人体への経過観察の治験を経て、2021年6月に厚生労働省から薬事承認を受けて製造・販売が可能になった。共同開発に携わった東北大学の正橋直哉教授は、TNS合金の生体材料としての適性の高さを指摘する。一つは陽極酸化で表面処理をすると耐摩耗性がアップする上、表面に生体活性が優れた凹凸のある酸化物を生成し、骨芽細胞が形成しやすい骨との密着性が高くなる待長を持つこと。その陽極酸化膜には光触媒活性も備わり抗菌性も高くなる。含有するニオブや錫は生体安全性が証明されており、錫には合金の脆化を抑制する作用もある。さらに強度を示すヤング率では、64合金の1.2倍、モジュラス(弾性率)は80-85%程度と比べても、TNS合金は36%程度と大幅に低い。そのため、骨との弾性率の差によって生じる骨折や固定不良による疼痛が軽減し、メリットがあり、40人に1年以上にわたって行った治験でも期待通りの結果が得られた。チタン合金では医療用のみならず航空機用でも、欧米の国際認証が壁になり材料を輸入に頼らざるを得なかった。日本の産学連携事業から誕生したTNS合金は医療用において、国際標準を目指すポテンシャルを秘めた新合金として期待できそう。3Dプリンター用粉末の量産体制を整え、国産チタンが世界にはばたく日も近いかもしれない。(桐山 大志)