



ODS 合金の接合に挑戦

My Attempt for Bonding of ODS Alloy

長野太郎

Taro Nagano

横浜国立大学理工学部
機械・材料・海洋系学科材料工学EP
極限材料工学研究室 学生

1. 研究内容

私は「ODS 合金（酸化物分散強化型合金）の熱間圧延接合技術開発」というテーマで研究をしています。ODS 合金は、革新的な未来技術である核融合発電の炉心材として期待されています。核融合発電は、既存の核分裂を利用した原子力発電とは異なり暴走がなく、安全に非常に高い効率で発電ができると言われています。核融合で発生した熱エネルギーを配管に冷却材を流して冷却・回収することで発電する仕組みとなっていて、この冷却材に水ではなく液体金属を用いることができれば、より効率良く発電できるなどのメリットがあります。ただし、配管には500℃以上の高温の液体金属が流れるため激しい腐食環境となり、従来の鉄鋼材料ではボロボロになってしまいます。そこで、予備酸化処理により保護性に優れたアルミナ被膜を形成することで高い耐食性を得られ、且つ耐中性子照射性にも優れているFeCrAl-ODSを配管の内張に使うことを検討しています。配管の外側にはステンレスの構造材料であるSUS316Lの使用を想定しており、FeCrAl-ODSとSUS316Lを接合したクラッド材が必要となります。クラッド材製造に際して、ODS 合金は溶融すると酸化物粒子が失われてしまうため固相接合の適用が望ましいです。ところが、高い耐食性を得られるメリットのあるアルミナ被膜が固相接合の際には障害となってしまいます。このような経緯から、アルミナ被膜を除去しながら接合が可能であり、尚且つクラッド材製造に適している熱間圧延接合をODS 合金に適用することを目指し研究をしています。

2. ODS 合金

大野研究室は、原子力材料を中心とした極限環境材料について研究を行っています。ほとんどの学生が研究対象としているのがFeCr系のODS 合金です。ODS 合金は合金粉末とY₂O₃等の酸化物粉末をメカニカルアロイング (MA) で機械的に合金化させた後にホットプレスで焼結して作製します。これにより鉄母相中にナノスケールの酸化物粒子が緻密に分散した合金となり、分散強化の効果が得られます。フェライト系耐熱鋼では世界最高レベルの高温クリープ強度と優れた

疲労特性を有しています。また、ナノ酸化物粒子は原子炉の中で中性子に叩かれても安定で、さらには中性子照射によって生じた空孔や格子間原子を捕獲することで、材料の損傷を防ぐ働きをします。以上の理由から、ODS 合金は原子力材料として大きく期待されています。私はODS 合金の接合を、他メンバーはODS 合金の開発や計算機シミュレーションによる酸化物粒子の照射耐性評価、FeCrAl系のODS 合金に形成させたアルミナ被膜の強度評価などを行っており、様々な観点でODS 合金を研究しています。

3. 横浜国立大学

「横浜」と聞くと港やビル街を想像する方も多いと思いますが、横浜国立大学は小高い丘の上にあり、非常に豊かな自然に囲まれています。(入試の際に初めて大学を訪れた受験生は皆そのギャップに落ち込むと言われています…) 海や賑やかな街からは離れていますが、落ち着いていて勉強に集中しやすい良い環境だと感じます。図1は大学の名所の一つである「野外音楽堂」です。「野音」と称され親しまれている場所で、風と芝生の肌触りが心地良い、広くて癒される空間になっています。学生達はここでサークル活動を行ったり、弁当を持ち込んでお昼ご飯を食べたり、芝生に寝転んで休憩したりしています。また、文化祭などのイベントの際にはこのステージでライブやコンテストが開催され、盛り上がるの中心地となります。次に、図2は大学のシンボルとなっている「YNU」と大きく書かれた大理石のモニュメントです。「YNU」とは横浜国立大学 (Yokohama National University) の略称です。この原稿を書くにあたり少し調べてみたのですが、それまで大学の象徴と呼ばれるものがなく、在学生・卒業生の要望を受けて2010年に設置。本学の協定校であるダナン工科大学の協力によりベトナムで作成され海を渡って届けられたそうです。(私はこの事実を初めて知りました) 現在は大学のシンボルとして親しまれており、卒業式の際には記念撮影のために行列ができていました。

4. 材料EP

私たちは「機械材料海洋系学科」という区分の中の「材料工学EP (Education Program)」に所属しています。入学時からEPは分かれているのですが、学科が上記のようになっ



図1 野外音楽堂 (Online version in color.)



図2 YNUモニュメント (Online version in color.)

ている為か、設計や加工法などの機械系の授業が多い点の特徴だと感じます。特にCADソフトを用いて製図を行う「機械要素設計製図」が必修科目になっていることは、その顕著な例と言えます。自分で設計から製図まで行うことは楽しくやりがいがありますが、非常に大変です。(私自身も苦労しました) 実験・実習の授業も多く、1、2年生の間は基礎的な

物理実験や化学実験、旋盤等の機械を操作する実習を行います。3年生では引張試験や回復・再結晶など材料工学において大切な実験を行い、レポートを作成することで卒業研究に向けて知識を蓄えます。また、実験の内容をプレゼンし、質疑応答を行うことでプレゼン資料作成や発表の能力を高め、卒業研究発表に備えます。授業では、金属材料だけでなくセラミックスやソフトマターなど材料全般を学びます。材料の研究室は10室ほどありますが、研究対象とする材料は多種多様であり各々が興味を持った材料について研究をすることができます。

5. 最後に

大野先生は昨年度から横浜国立大学に在籍されているため、この研究室は新しく少人数です。少人数ということもあり、大野先生は私たち一人一人に時間をかけて指導して下さいます。メンバー全員で協力し切磋琢磨しあって実績を出せるよう頑張ろうと思います。

個人的な話となってしまう恐縮ですが、私は来年度より製鉄会社で働く予定です。現在、日本の鉄鋼業界は中国メーカーによる鉄鋼過供給やカーボンニュートラルへの対応など多くの困難に直面している厳しい状況です。しかしながら、今後数年間・十数年間で良い方向へ転換・変革を成し遂げ危機を脱すれば、日本の鉄鋼業界は再び飛躍的に成長できると信じています。そうした使命感を抱きながら直向きに学んで働き、少しでも鉄鋼業界の発展に貢献できるよう努めたいと思います。

(2022年7月8日受付)

教員からひと言

2021年4月に横浜国立大学に着任し、新たに研究室を立ち上げております。原子炉・核融合炉の炉心など、極限過酷環境で使用される材料の開発を志すという意味で、研究室の名前を「極限材料工学研究室」としました。ODS合金を中心に、強度評価、照射影響評価、新規合金開発、加工性の改善などを手掛けています。この記事を書ってくれた長野君は、鉛リチウム増殖ブランケットの配管内壁にFeCrAl系のODS合金を適用するため、今後課題となることが見込まれる接合技術の開発にいち早く取り組んでいます。

着任当初は真っ新な研究室に一から設備を入れると

ころから始まりまして、現在は2年目になりますが、懇意にして頂いている大学・国研の先生方や共同研究先の企業の皆様から多大なるお力添えを頂き、なんとか実験が成立するところまで進んでくることが出来ました。今年は4年生が4名、修士1年生が1名居まして、皆、自分の研究テーマに真面目に取り組んでくれて、少しずつ頼りになる人財に育っています。今後ともご支援・ご鞭撻のほど、何卒よろしくお願い申し上げます。

(横浜国立大学 大学院工学研究院 システムの創生部門 大野直子)