

# STX-21 ニュース



独立行政法人 物質・材料研究機構 超鉄鋼研究センター

(<http://www.nims.go.jp/stx-21/>)

発行 独立行政法人  
物質・材料研究機構  
超鉄鋼研究センター  
平成 17 年 3 月 1 日発行  
〒305-0047  
茨城県つくば市千現 1-2-1  
TEL: 029-859-2102  
FAX: 029-859-2101

05 年 3 月号 (通巻第 91 号)

## 目 次

1. 大学における鉄鋼材料の教育  
豊橋技術科学大学 生産システム工学系 教授 梅本 実 1
2. TOPICS High Corrosion Resistant Titanium Alloy in the Crevice  
Corrosion Resistant Design Group, Kulandaivelu Ravichandran and Toshiyasu Nishimura 2
3. TOPICS 鋼中不純物利用プロセスの構築を目指して  
冶金グループ 小林 能直 3
4. センター便り 平成16年度ミレニアムワークショップ開催報告  
冶金グループ 小林 能直 4

### 1. 大学における鉄鋼材料の教育

豊橋技術科学大学 生産システム工学系 教授 梅本 実

私は大学で機械系の3年生約120人に毎年「金属材料学」の科目を教えている。講義では鉄鋼、アルミなどの構造材料と、形状記憶合金などの機能材料を教えている。学生からは、知識だけでなく具体的な応用例を聞かせて欲しいという声が多い。これに答える1つとして超鉄鋼研究センターが発行している小冊子「近未来の鉄鋼材料を知る」をいただいて学生に読ませている。読む前の彼らの鉄鋼材料に対するイメージは、古い材料で、研究し尽くされており、新たな開発の余地はほとんどないというものである。小冊子を読んだ学生の感想でまず目に付くのが鉄鋼材料はわからないことだらけであり、開発の余地がまだまだあり、多くの人が日夜研究しているなどの現実を知った驚きである。次に目に付くのが、鉄鋼材料の開発研究が環境問題やリサイクルなど時代の要求を取り入れ、最先端の知識と技術を使っておこなわれていることへの感動である。さらに小冊子では研究開発の背景や研究の進め方などがわかりやすい言葉で書かれている。学生達にとっては通常の教科書では感じられない研究開発の現場の情熱、使命感、さらに問題設定から解決に向かう思考や実験の過程を臨場感を持って知る非常に貴重な資料となっている。学生のレポートからこれを読んで材料開発への興味や技術者になることへの夢が膨らんでいる様子が伝わってくる。超鉄鋼研究センタ

ーの小冊子は私には貴重な教材である。

授業をする立場から現在の金属材料の教科書を見て残念に思うのは、材料間の比較がほとんどなされていないことである。最近の教科書は鉄鋼材料だけでなく、金属材料全体を一冊で記述しているものが増えているが、ほとんどの場合材料毎に担当している執筆者が異なっている。そのため材料毎にはうまく書かれているが、総合的に見た材料間の比較や材料選択の基準はほとんど触れられていない。金属材料間の客観的な比較は、自分自身でいろいろな材料の研究の経験を持った人によって公平に書かれるのが理想的である。地球環境保全、資源の枯渇など総合的に考えてどの材料が最も適しているかを選択ができる技術者の養成は非常に重要である。この点で現在大学で鉄鋼材料と同時に他の金属材料を研究している若い研究者が増えていることは、「鉄鋼離れ」と嘆くよりも私は望ましい現象と考える。将来彼らによって材料選定の基準を述べた教科書が出てくるのが楽しみである。その時には鉄鋼材料の優秀さが改めて認識される事であろう。



## 2. TOPICS

### High Corrosion Resistant Titanium Alloy in the Crevice

Corrosion Resistant Design Group,

Kulandaivelu Ravichandran and Toshiyasu Nishimura



#### Background

Titanium (Ti) is a highly corrosion resistant metal due to the stable surface-oxide film on the surface. Thus there are many requests to use it in the severe condition for industrial applications. However, with increasing the temperature and concentration of salt solutions, Ti becomes susceptible to crevice corrosion. An alloy containing Pd has been developed and it shows a better corrosion performance than pure Ti. However, Pd is a noble metal and very expensive. Thus, attempts have been made to employ Ti alloys with improved resistance to crevice corrosion by adding molybdenum (Mo) in this work.

#### Monitoring by microelectrodes

In order to understand the mechanism of crevice corrosion of Ti at high temperature and chloride ion concentrations, microelectrodes were newly developed. The pH and chloride ion concentration inside the crevice were able to be monitored by using tungsten oxides (WOx) microelectrode and Ag/AgCl,

respectively.

#### Crevice corrosion behavior

Crevice corrosion of pure Ti and 15mass% Mo-bearing Ti alloys in 20% NaCl were investigated at 100 °C with microelectrodes. The crevice current and crevice potentials were monitored in Fig.1. Although the crevice current and potentials were extremely changed after 4 days in pure Ti, there was no apparent change in 15%Mo-alloy. At the same time, marginal decrease of pH and increase of Cl<sup>-</sup> ion activity inside the crevice were observed for pure Ti, on the other side, there was little change in alloy as shown in Fig2. Based on the results, it has been documented that 15%Mo-Ti alloy has no susceptibility to crevice corrosion in 20% NaCl at 100 °C where pure Ti cannot be used. Hence, it is found that Mo is an effective alloying element which enhances the crevice corrosion resistance of Ti.

Further work in this research will be focused on the investigation of the improvement mechanism of Mo-Ti alloy in the crevice by using the electrochemical impedance measurements.

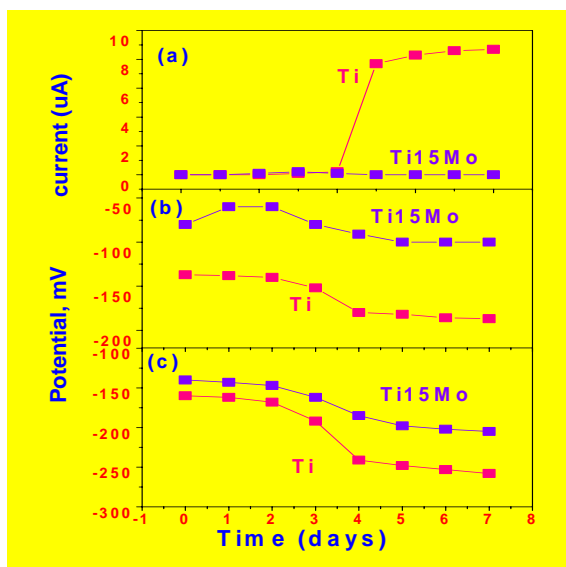


Fig.1 Plot of (a) crevice current, (b) potential outside and (c) potential inside of the crevice as a function of time.

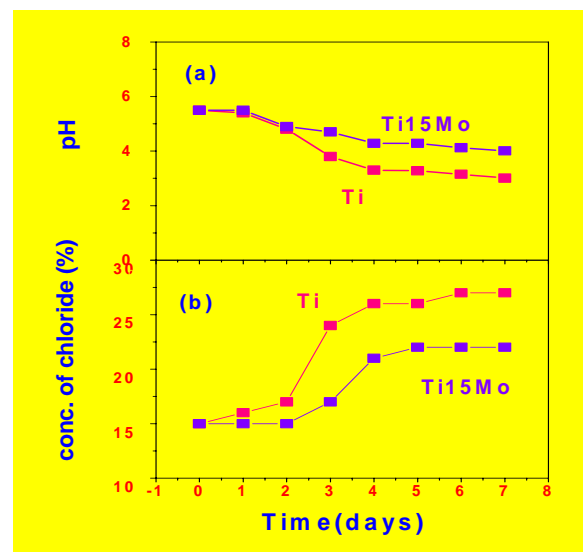


Fig.2 Change in (a) pH and (b) chloride ion concentration inside of the crevice as a function of time.

### 3. TOPICS

#### 鋼中不純物利用プロセスの構築を目指して

- りんによる鑄造 粒微細化と、銅・硫黄系微細析出物の利用 -

冶金グループ 小林 能直



#### 緒言

資源循環型社会構築が望まれている昨今、リサイクル鉄からの高品質鋼創製技術の提案を目指して、リサイクル鉄の超鉄鋼化研究を推進してきた。これまでのスクラップ鉄中不純物の推移に関する調査からも、今後、銅などを中心に不純物問題が顕在化することが確実視されており、これまで除去が困難であった銅はもちろん、除去されてきたりんや硫黄などの不純物をも有効活用することに着眼している。これまで、不純物含有鋼に薄スラブ連鑄、ストリップキャストイングなどの急速凝固・冷却プロセスを適用し、組織形成、析出物挙動などの調査を行い、不純物利用の可能性について検討した。

#### りん添加・固相急冷による鑄造 粒微細化

0.1%P含有鋼を100mm厚スラブに鑄込むと、りんの偏析により、 $A_3$ 点が低下し、相が低温まで残留して、鑄造 粒の成長が抑制され、従来連続鑄造の場合の約1/2となることがわかった。一方、固相域での冷却速度が大きくなると、領域での成長が抑制され、図1に示すように、鑄造 粒は小さくなる。2mm厚のストリップ鑄片、100mm厚の薄スラブ鑄片の結果は、冷却速度( $T$ )の逆数と 粒の二乗成長量( $d^2 - d_0^2$ )の対数間に、周辺の冷却速度域も含んだ直線関係があり、古典的粒成長モデルで整理できることがわかった。りん濃度0.1%、0.2%時の微細化効果は、図中に 粒急成開始温度( $T_{rg}$ )低下及び粒界面エネルギー( )低下として組み入れることにより説明でき、鑄造 粒径は、固相冷却速度とりん添加効果の

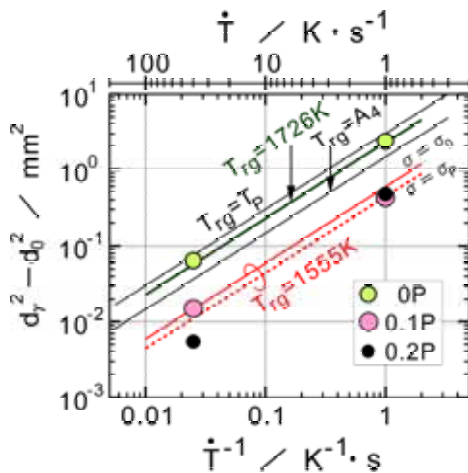


図1 2mm厚ストリップ鑄片(左3点)、100mm厚薄スラブ鑄片(右3点)の実験値を示す。りん添加により、粒成長開始温度 $T_{rg}$ は約170K、粒界面エネルギーは約0.75倍に低下し、粒成長を抑制している。

#### 二大パラメーターにより予測可能となった。

#### 固相急冷による微細 $Cu_2S$ の析出

現存最急冷プロセスであるストリップキャストイングにより鑄込んだりん、銅、硫黄含有鋼中には、平均粒径15nmの超微細化合物 $Cu_2S$ が析出し、これが析出強化による強度向上に大きく寄与することが分かった。図2に凝固・冷却過程における硫化物( $MnS$ 、 $Cu_2S$ )の生成量の予測を示す。固相冷却速度が大きいと、領域での $MnS$ の生成が抑制されること、りんが共存すると $A_3$ 点が上昇し、硫化物の析出が領域まで持ち来され、同化合物の微細析出に有利なことが分かった。

#### 固相急冷による不純物利用プロセスの提案

不純物を有効利用するための適用冷却速度に関して検討を行うと、鑄造組織の微細化においては、例えば300  $\mu m$ (従来連続鑄造では約3mm)まで 粒径を減少するには、約30K/s・りん共存時には約5K/sで達成可能、微細化合物析出においては、例えば硫化物中微細 $Cu_2S$ 析出割合を66%まで上げるには(従来連続鑄造では粗大 $MnS$ が析出)、約120K/s・りん共存時には約70K/s、でそれぞれ達成可能と見積もられた。すなわち、固相冷却速度を数十K/sまで上げることにより、従来プロセスでは大きな問題であった不純物を、鑄造組織微細化、微細化合物析出という形で有効活用できることが分かり、鋼中不純物利用プロセスの指針を得ることができた。

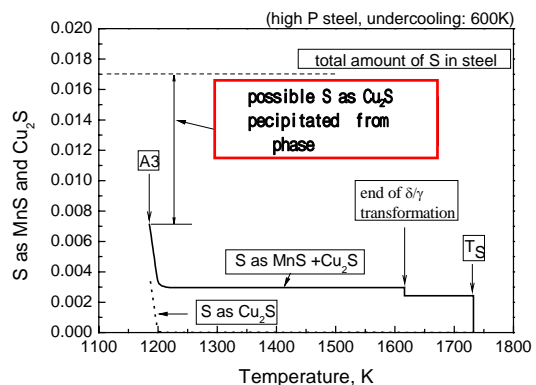


図2 実線で $MnS+Cu_2S$ の生成量、点線で $Cu_2S$ の生成量を示す。加冷度が大きいため、実線、点線とも立ち上がりが大きく低温域にシフトし、りん含有により $A_3$ 点も上昇しているため、領域での $Cu_2S$ 析出量が多くなっている。

## 4. センター便り

### 平成16年度ミレニアムワークショップ開催報告

ミレニアム関連プロジェクト - リサイクル鉄の超鉄鋼化研究 - では、「自動車および家電に関するリサイクル材料技術」研究評価調査委員会を発足し、「スクラップ経由の不純物を許容して、なお現状以上の性能を持つ自動車用鋼材とその創製・加工・成形技術を開発する」ことを目指し、産学界の有識者によるピアレビューと研究推進のための委員会を開催しています。その活動の一環として、毎年ワークショップを開催して、プロジェクト研究の進捗状況を報告するとともに、外部から講師をお招きして関連した話題提供をいただき、リサイクル鉄製造技術に関する諸課題や、広く材料技術に関する研究戦略、新たな考えの提示などについて広く議論しています。

今年度は、「製鋼プロセス技術の現状と課題 - リサイクル鉄利用プロセス技術の新たな展開・提案を目指して」ワークショップとして、2004年12月10日に物質・材料研究機構千現地区第1会議室にて、内外から幅広くご参加・ご協力をいただいて、開催いたしました。今回は、早稲田大学の伊藤公久先生をお迎えして、「製鋼プロセス研究の現状と課題」についてご講演いただくとともに、NIMSからは、「凝固・冷却プロセスにおける不純物利用に関する研究成果及びスクラップ鉄中不純物の調査」について報告いたしました。多くの参加者の皆様から不純物利用プロセス実現に向けての、貴重な学術的、技術的助言をいただきました。

伊藤先生のご講演では、現在の製鋼技術は既存のプロセスの制約条件の中での技術革新に力が注がれており、主な課題の一つとして、環境負荷低減

(フッ化カルシウムを利用しない脱りん、脱硫など)の研究が着目されていることや、今後求められる基礎学理(特に、界面の取り扱い)などを中心にお話され、今後残された問題は、介入物制御と凝固組織制御であるとされました。また、「ナノ領域における新しい学理構築の重要性」を強調されました。

NIMSからの研究成果として小林から、不純物りんの偏析などを利用した鑄造組織の微細化、そして急凝固プロセスを利用した不純物鋼からの微細Cu<sub>2</sub>Sの析出について報告し、「固相急冷利用による不純物を活用したプロセス設計」の可能性について提案いたしました。また、調査研究の一環として、花村から市中スクラップ鉄中不純物の挙動について報告し、今後銅の蓄積が共通の問題になることを再確認いたしました。総合討論では、表面問題、コスト問題など、今後実用化を念頭に置いた場合に着眼すべき課題について、貴重なご意見をいただきました。

これまで、例年の開催により、和鉄と呼ばれる「古き良き鉄」から最先端の半導体技術まで、一方でリサイクル技術と環境問題、また鉄鋼産業における課題からエンドユーザーにおける製品への適用時の課題など、多様な角度からお話をいただきながら、リサイクル鉄の超鉄鋼化研究を推進してきたわけですが、これまでに得た多くの知見を生かし、「資源循環型社会の実現」に向けて、さらなる発展を目指したいと考えております。

(冶金グループ 小林 能直)



3月の出来事・行事		今後の予定	
H17.3.28	世界鉄鋼技術首脳国際シンポジウム (東京 経団連会館)	H17.4.6-9	第18回国際鍛造会議 (ウェスティン名古屋キャッスル)
H17.3.29-31	(社)日本金属学会春期講演大会 (社)日本鉄鋼協会春季講演大会 (横浜国立大学)	H17.5.29-6.3	Solid Phase Transformation in Inorganic Materials (PTM '05) (Phenix, Arizona, U.S.A.)