



第85回 金研夏期講習会



大阪府立大学
オリジナルグッズ



東北大学チョコレート
メリーチョコレートカンパニー
特別限定生産

みちのく湖畔公園（宮城県柴田郡川崎町）



この夏、ある新聞社が、企業の人事担当者を対象とした調査をもとに「人事が見る大学イメージランキング」を発表しました。採用した学生の「行動力」「対人力」「知力・学力」「独創性」の4側面から出身大学を評価した結果、関西の大学がトップとなり、上位20大学には関西や地方の大学が多数を占め、魅力的な学生が全国に分散していることが明らかになったそうです。東京の一極集中の弊害と地方回帰が唱えられて久しいですが、優秀な人材が全国どこにでもいるのは喜ばしいことです。これまでの教育論は、理想と現実のはざままで多様な考えが錯綜し「神々の争い」と言われてきましたが、地域性と学生個性の関連はあまり取沙汰されませんでした。中央からの指導を参考にしつつも、大学を始めとした学校が、地域の自治体や企業など様々な組織と連携し、地域に即したユニークな技術や知識を備えた人材を育てることが、ひいてはこの国の人材育成と発展につながると考えます。

CONTENTS 目次

1ページ

表紙メッセージ / 関西センター長 正橋直哉 教授

2ページ

最近の研究 /

「残留応力による品質管理」

環境・エネルギー材料分野

正橋 直哉 教授・水越 克彰 特任准教授

「共同研究の中での金属ガラス試作」

次世代機能材料分野

網谷 健児 特任准教授

3ページ

トピックス / 「鉄鋼材料におけるマイクロアロイング技術」

低炭素社会基盤構造材料分野

古原 忠 教授

4ページ

イベント案内 / ものづくり基礎講座(第44回技術セミナー)、

兵庫県立大学ナノ・マイクロ構造科学研究センター

設立5周年記念フォーラム

編集後記 / 環境・エネルギー材料分野 正橋 直哉 教授

残留応力による品質管理

環境・エネルギー材料分野
正橋直哉 教授・水越克彰 特任准教授

金属に加工を施すと金属内部に原子配列の乱れが生じ、その結果、歪みが蓄積します。歪みは加工だけでなく、応力が加わった状態で長時間使用しても蓄積し、人間のストレスと同様、許容量を超えるとクラックや剥離等の欠陥による損傷を誘起します。飛行機や自動車等の輸送体や橋梁や建物等の構造物に欠陥が発生すると大災害に繋がります。そこで、製造物の品質・安全・寿命を確保するため、残留歪みの把握が必要となります。残留歪みは「フックの法則」から残留応力に計算できます。本項では、この残留応力測定に多用されるX線回折法を紹介します。

金属に応力が加わると結晶格子が歪み、もとの格子面間隔より伸びたり縮んだりします。図1はX線ピークの模式図ですが、無歪み状態(a)から、格子の左右方向に引張力が働くと(b)、格子面間隔が小さくなり格子定数は低下します。逆に圧縮力が加わると(c)、格子面間隔が増加し格子定数は増加します。そして格子にランダムな力がかかると、(b)と(c)が共存し、ピーク位置は不変ですがピークの幅が広がります(d)。残留応力は(b)や(c)のように、応力がかかった時の格子定数変化から計算します。図2は、ベアリングのケーシングや等速ジョイントに使用する金属リングの製造法である転造加工の模式図です。転造加工はパイプ素材の外側から成型ロールが、内側から固定マンドレルが、素材に対し圧縮力を負荷してパイプの内外径を拡げる加工法です。歩留まりが高く素材に加工痕が残らないことに加え、メタルフロー形成により、旋削材に比べ機械的性質に優れた加工法です。

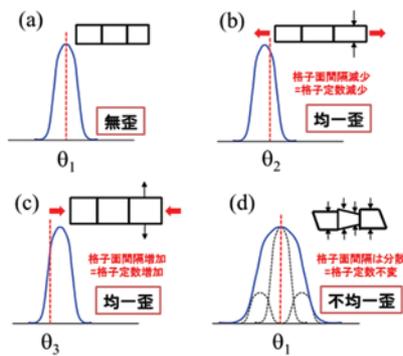


図1 無歪み(a)、引張力(b)、圧縮力(c)、ランダム力(d)が加わった時のX線ピーク形状と結晶格子の模式図:ピーク位置から格子定数を求め、関係式から格子面間隔を算出する($\theta_3 < \theta_1 < \theta_2$)

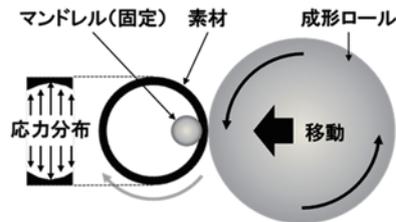


図2 転造加工模式図:回転する素材の外側から成形ロールが、内側から固定マンドレルが圧縮力を加えて金属リングを成型する

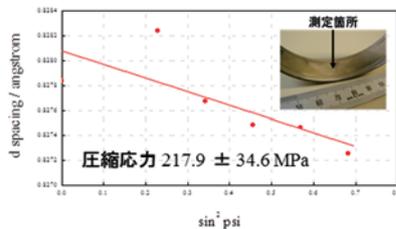


図3 転造加工により製造した金属リング内側(写真)中心部の残留応力測定結果:217.9MPaの圧縮残留応力を算出

図3は残留応力測定結果ですが、転造加工により製造した金属リング内側に217.9 MPaの圧縮残留応力があることが判りました。このように残留応力を数値化することで、製品管理が行い易くなるだけでなく、製品の経年劣化による寿命予測にも役立ちます。

(正橋直哉 教授)

共同研究の中での金属ガラス試作

次世代機能材料分野
網谷健児 特任准教授

金属部品を生産するためには、製錬・精製、鑄造、熱処理・加工といくつかのプロセスを経ますが、製錬こそ行なわないものの金属ガラスを用いた部材の作製も基本的には同様の工程をたどります。本News LetterのVol.3でご紹介したように、金属ガラスは種々の作製方法があり、研究室では試薬レベルの原料や種々の作製方法を選択できることから、部材の試作は比較的容易です。一方、実際のものづくりでの開発現場においては、部材の試作においても試薬級原料に比べて1~2桁も低価格の原料を用いることなどの制約のため種々の問題が生じてきます。典型的な問題としては、金属ガラスの鑄造において、低品質原料の不純物を起因とする不均一核生成です。金属ガラスでは、この不均一核生成により図1のような結晶が生じ、極端な脆化や成形不良の原因となります。

我々は、この点に関しても、共同研究開発の中で、それぞれの開発テーマに合せた解決を行なっております。当然、湯流れや部材形状の見直し等により鑄造で解決する方法も模索しますが、前工程の精製で解決することも検討することになります。例えば、合金のフラックス処理などの再溶解もその一つです。B₂O₃フラックス中での溶解はガラス形成に効果があることは論文等に開示されておりますが、学術的には扱わないような低品質の原料にも大きな効果があります。低品質原料から作製した合金を用い

て鑄造材に比較的大きな結晶が生じる場合でも、その合金をB₂O₃中で10分間再溶解することにより、同一鑄造条件でも結晶化を抑えることが可能になることもあります(図2)。このように、合金精製から始まるような多岐にわたる技術が内在している金属ガラスですが、我々は共同研究先のターゲットとする製品や各社が所有するプロセスに合せて、金属ガラスの部材作製に必要な要素技術を解決するよう共同研究を進めております。

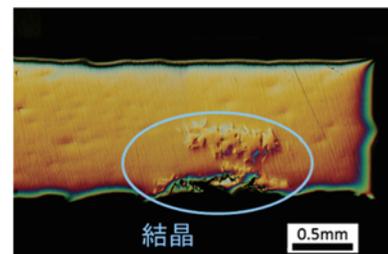


図1 試作したZr基金属ガラス部材で生じていた結晶化例。加工工程で破壊したため断面観察を行なったところ結晶化が確認された。

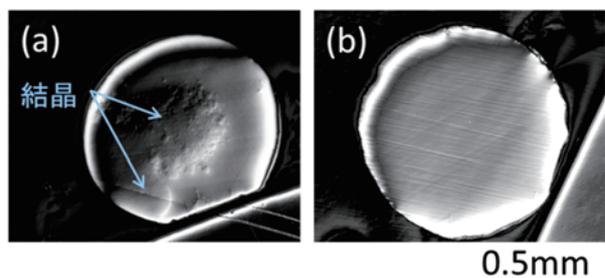


図2 溶融状態から2.5K/sで冷却を行なったPd基合金の断面。(a)未処理合金、(b)B₂O₃中10分間再溶解処理した合金

トピックス 鉄鋼材料におけるマイクロアロイング技術

鉄鋼材料では強度や靱性、耐食性、耐熱性等の必要特性を実現するために種々の合金元素を添加している。下の表は鉄鋼に含まれる合金元素の機能と添加／含有量である。多岐にわたる元素が様々なレベルで含有されているが、これらの合金元素の多くはレアメタルに属しており、今後の鉄鋼材料の研究開発において、省資源、低環境負荷、高リサイクル性等の観点から元素の機能を理解した上での高度利用が重要である。

この中で、マイクロアロイ元素は、微量添加によって鉄鋼の特性の飛躍的に向上させることができる元素である。これらの元素の役割には、粒界・界面偏析による相変態や再結晶の抑制と析出物の生成の2つの側面がある。例えば、Bは約10ppmの微量添加で優れた特性改善の効果的な元素である。

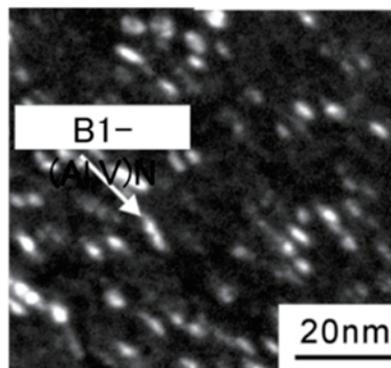
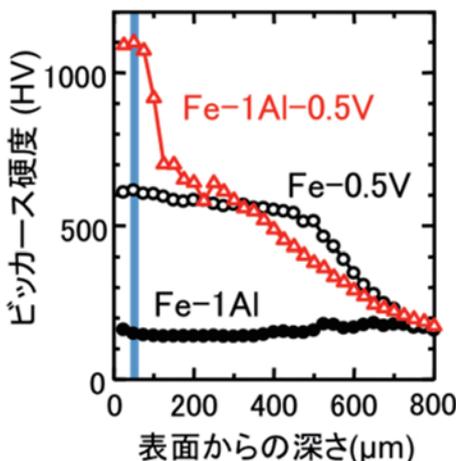
粒界や表面、転位に偏析して焼入れ性を向上させ、粒界強化により材料脆化を抑制するなど、高強度鋼の開発において多くの利点がある。その反面、存在状態の検出／同定に未だ問題を抱えており、元素添加の効果として未だ不明な点が多い。Bの偏析・析出と微細組織との関係解明はさらなる有効利用を考える上で重要である。

強炭窒化物生成元素であるTi, Nb, Vは、オーステナイトやフェライト中の炭素、窒素と結合して微細析出するため、組織微細化や析出強化に広く用いられている。微細析出する主な理由

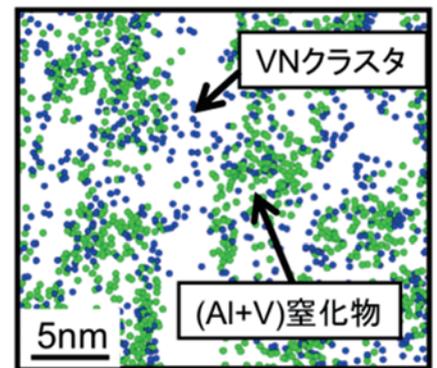
は、析出駆動力が大きいこと、炭窒化物がフェライトに対して整合析出することが挙げられる。クランクシャフトやコンロッドなどに用いられる非調質機械構造用中炭素鋼では、V添加によってフェライト・パーライト変態時に粒径数nmのV(C,N)の相界面で微細析出することで高い強度が得られる。同様の現象は低炭素熱延鋼板の高強度化でも用いられる。

析出物微細化にはマイクロアロイ元素の複合添加が効果的である。下図は、窒化物生成元素dであるAlとVを複合添加したフェライト合金を窒化により表面硬化させた場合の硬化挙動と窒化物の析出組織を示したものである。硬度プロファイルでは、単独添加の場合の硬化挙動の重ね合わせでは説明できない大きな表面硬化が起こっている。TEM観察により複合添加材の、B1型構造の合金窒化物の析出が微細化しており、3DAP解析結果ではAlおよびVが同じ領域に濃化していることがわかる。硬化の促進要因、Vと窒素のナノクラスタリングが合金窒化物の生成サイトとして働くことである。他の元素の組み合わせでも表面硬化のシナジー効果が現れ、Al, Cr, Moを添加したSACM645でも複合窒化物の生成が報告されている。今後鉄鋼の強度設計におけるマイクロアロイング技術のさらなる深化には、特性の理解に直接関わるナノスケールでの元素の局在状態の同定が必要である。

元素	機能(利点, 欠点)	添加量(原子分率)
H, O, S	脆化(不純物)	$10^{-6} \sim 10^{-5}$
P	脆化(不純物), 固溶強化	$10^{-6} \sim 10^{-4}$
B	高靱性化 焼入れ性向上(拡散変態の抑制)	$10^{-6} \sim 10^{-5}$
C	強化(固溶, 析出), 焼入れ性向上	$10^{-5} \sim 10^{-2}$
N	強化(固溶, 析出), 耐食性向上, 焼入れ性向上	$10^{-5} \sim 10^{-3}$
Mn, Si, Cr	焼入れ性向上, 固溶強化, 析出強化(鉄炭化物の微細化)	$10^{-3} \sim 10^{-2}$
Mo, V, Nb, Ti	析出強化, 固溶強化, 焼入れ性向上	$10^{-4} \sim 10^{-3}$
Ni, Cu	靱性向上, 焼入れ性向上	$10^{-3} \sim 10^{-2}$



TEM暗視野(Fe-1Al-0.5V)



三次元アトムプローブで測定した元素マップ(Fe-1Al-0.5V)

低炭素社会基盤構造材料分野 古原 忠 教授



イベント案内

Close up!

■ものづくり基礎講座（第44回 技術セミナー）「金属の魅力をみなおそう 第二弾 プロセス・技術編 第五回 粉末冶金」（10月9日(金)）

粉末冶金は金属の粉を固めて焼結し部品を製造する技術で、素材原料やその配合比率を変えることで多様な特性を持つ部品製造に実用されています。今回は粉末冶金の基礎に続き、原料である金属粉の製法や特性、そして超硬合金の開発動向について企業の方からご講演を頂きます。皆様奮ってご参加ください。

日時：2015年10月9日(金) 14:00～16:10

場所：MOBIO(クリエイション・コア東大阪)南館3階クリエイターズプラザ技術交流室A

講演I 「粉末冶金の基礎」	東北大学金属材料研究所関西センター	正橋直哉
講演II 「金属粉の製法とその特性」	福田金属箔粉工業株式会社 研究開発部	新見義朗
講演III 「精密金型に応用される超硬合金の開発動向」	富士ダイス株式会社 技術開発本部開発センター	鈴木 大

■兵庫県立大学ナノ・マイクロ構造科学研究センター設立5周年記念フォーラム（12月14日(月)）

兵庫県立大学では、ナノ・マイクロレベルの超微細加工技術の高度化と、それら加工技術に適した新材料の創製および応用用途開発を実施するため、平成23年に「ナノ・マイクロ構造科学研究センター」を設立しております。兵庫県立大の各専攻分野の枠組みを超えた組織である当センターは、本関西センターとも強力な連携関係を築き研究開発活動を実施して参りました。この度、設立から5周年の節目を迎えたことを記念して以下の通り標記のフォーラムを開催いたしますので、ご参集の程、よろしくお願い申し上げます。

日時：2015年12月14日(月)13:00～17:00

場所：姫路・西はりま地場産業センター(じばさんビル)9F会議室（兵庫県姫路市南駅前町123）

編集後記

寝苦しい夜に悩まれた夏が終わり、天高く馬肥ゆる秋となりました。今年は、大阪の夏の暑さを恨むのにも飽き、幾つかの暑さ対策を試みました。まず、自宅の窓とドアを開けて窓際に風鈴をつるしました。外からの風が通り抜けると風鈴が鳴り、家の中の空気の循環を体感できるせいか心もち涼しい気分になりましたが、風と共に部屋に入った蚊には悩まされました。次に窓ガラスに霧吹きで水を吹き付けました。気化熱を奪うことで周囲の温度を下げることを期待しましたが、正直言って、効果のほどは今一つでした。そして知人からの紹介でそばがらの枕を購入しました。そばがらは熱を蓄えないために頭を冷やす効果があり、肌触りがよいせいか安眠をもたらしてくれました。どれも酷暑に対するささやかな抵抗でしたが、暑さに対して「攻め」の姿勢を見せることができたと自己満足しています。

良い仕事をするには、健康が不可欠です。夏に消耗した体を労わり、実り多い秋を迎えたいと思います。

環境・エネルギー材料分野

正橋直哉 教授



「コキア」花言葉：恵まれた生活



Kansai Center

東北大学 金属材料研究所
附属研究施設関西センター

KANSAI CENTER for Industrial Materials Research,
Institute for Materials Research, Tohoku Univ.

編集・発行

<http://www.kansaicenter.imr.tohoku.ac.jp/>
Email : kcoffice@imr.tohoku.ac.jp

大阪オフィス

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-2
大阪府立大学 地域連携研究機構8F
TEL 072-254-6372 FAX 072-254-6375

兵庫オフィス

〒671-2280 兵庫県姫路市書写2167兵庫県立大学
インキュベーションセンター2F
TEL 079-260-7209 FAX 079-260-7210

仙台オフィス

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1
TEL 022-215-2124 FAX 022-215-2126

MOBIO(クリエイション・コア東大阪)

〒577-0011 東大阪市荒本北1-4-1(南館2F-2207室)
TEL 06-6748-1023 FAX 06-6745-2385