

<記事>気相制御研究分野 (1999.1-1999.12) (研究活動報告)

著者	板垣 乙未生, 日野 光久, 大塚 誠, Wedel B., Font J. M., Mendoza D. G., 文 南日, Zakeri A., Wedel C., 前田 吉彦, 武谷 要, 鈴木 政也, 徳本 哲朗, 小林 忠之, 清水 保史, 千葉 広樹, Henao H. M., 磯川 真治, 大井 淳, 竹田 由彦
雑誌名	東北大学素材工学研究所彙報 = Bulletin of the Institute for Advanced Materials Processing, Tohoku University
巻	55
号	1/2
ページ	120-121
発行年	2000-03-10
URL	http://hdl.handle.net/10097/34283

【研究活動報告】 気相制御研究分野 (1999. 1~1999. 12)

教授：板垣乙未生

助 教 授：日野光久

助 手：大塚 誠

PDF研究員：B. Wedel

研究留学生：J. M. Font, D. G. Mendoza

大学院生：文 南日, A. Zakeri, C. Wedel, 前田吉彦, 武谷 要,
鈴木政也, 徳本哲朗, 小林忠之, 清水保史, 千葉広樹,
H. M. Henao, 磯川真治, 大井 淳, 竹田由彦

本研究分野では、レアメタル合金および非鉄ベースメタルの気相制御を中心とした高温プロセスに関する研究を行っている。1999年の研究活動の概要を以下に紹介する。

1. スパッタリング法により作製された Ni_2MnGa 合金薄膜の特性評価

Ni_2MnGa 合金は強磁性と形状記憶特性の2つの機能を有する多機能材料であり、薄膜化によりバルク材での欠点とされる脆性の改善が期待され、マイクロマシン用のアクチュエータへの応用が考えられる。そこで、 Ni_2MnGa 合金薄膜をスパッタリング法により成膜条件（基板材料、ターゲットの化学組成、高周波電力および基板温度）を変化させて作製し、合金薄膜の化学組成、組織、構造について調査し、形状記憶特性や磁気的特性などについても評価した。合金薄膜は、高周波電力の増加に伴い、ニッケルおよびマンガン濃度は単調に減少し、ガリウムは増加し、一方、基板温度の変化に伴う化学組成への影響は見られなかった。合金薄膜の組織は、柱状組織を持つ結晶質となり、基板温度の上昇に伴い柱状晶の間隔は広がった。X線回折図形は、ホイスラー型構造を有する Ni_2MnGa 合金に対応した。基板から剥離後、熱処理を施した合金薄膜において、マルテンサイト変態に起因する相変態が確認され、その変態点は、ニッケル含有量の増加に伴い上昇し、バルク材と類似の傾向を示した。この合金薄膜は、加熱過程において逆マルテンサイト変態に伴う急激な磁化の上昇がみられ、低温相では結晶磁気異方性が確認され、薄膜特有の形状磁気異方性が観察された。

2. スパッタリング法により作製された LaNi_5 水素吸蔵合金薄膜の機械的性質

水素吸蔵合金の薄膜化により、システムの小型・軽量化が可能となり、形状の自由度を生かして、水素透過膜電極、水素の分離・精製膜および各種センサーなどへの応用が期待される。しかしながら、 LaNi_5 合金は水素の吸収・放出の繰り返しによって微粉化することが問題になっており、バルク材ではビッカース硬度の小さいものほど微粉化が抑制され、繰り返し寿命が長くなると報告されている。そこで、スパッタリングにより高周波電力および基板温度などの成膜条件を変化させて LaNi_5 合金薄膜を作製し、薄膜の機械的特性と組織、組成との関係について系統的に調査した。ナノインデンテーション法による押し込み硬さ試験の結果、薄膜の押し込み硬さは組織に大きく影響することが分った。組織が同じ場合には、高周波電力および基板温度が高いほど押し込み硬さは増加した。

3. スパッタリング法により作製されたイットリウム薄膜とアルミナ基板との拡散反応

ジェット機などのタービンブレードの熱効率を良くするために、より高温で使用できる耐熱材

料の開発研究が盛んに行われている。その一例として、ニッケル基耐熱合金の使用温度を高めるために、耐熱セラミックスのコーティングが試みられている。ニッケル基合金と耐熱セラミックスとの間には、拡散抑制のためのアルミナ層と高温耐食性および熱膨張緩和のための結合層が存在している。そこで、ニッケル基合金と耐熱セラミックスとの接合時に問題となる接合界面付近での拡散現象および反応現象についての研究を進めている。結合層に含まれるイットリウムをアルミナ基板上にスパッタリングにより成膜した後、種々の温度に保持し、その時の各層の熱安定性や界面付近での拡散現象および反応機構を調査した。

4. 還元拡散法による Zr-Ni-Mn 系水素吸蔵合金粉末の直接製造

次世代のニッケル-水素電池材料として重要視されている Zr-Ni-Mn 3 元系合金に関して、副相をほとんど含まず格子定数の大きい $ZrNi_{1.3}Mn_{1.1}$ 合金組成が優れた水素吸蔵特性を示すことが明らかとなった。そこで、合金粉末製造の省エネルギープロセスとして還元拡散法に着目し、金属ニッケル粉の存在下で ZrO_2 粉末および MnO_2 粉末を金属カルシウムにより還元し、反応拡散に基づいて $ZrNi_{1.3}Mn_{1.1}$ 合金粉末を作製する実験を行った。水素吸蔵量やプラトー圧などに関して良好な値を得るためには、粒子組成の制御が重要であることが分かった。

5. 亜鉛の環境調和プロセスに関する研究

CO_2 の排出を伴わない新しい亜鉛の高温生産プロセスとして、硫化精鉛の反応媒体、熱媒体に溶銅、溶融 Cu_2S を用いる方法を取り上げ、プロセスの物質収支、熱収支について検討した。反応炉の過熱を避けるため、重量にして装入鉛石の 60 倍程度もの多量の Cu_2S を循環させる必要がある。このような多量の高温融体を循環させる技術と所要エネルギーの評価が本プロセスの要諦となる。また、吹錬ガスとして酸素富化空気を用いることにより所要エネルギーが大幅に低減できること、亜鉛を含む高温ガス中にはその再酸化の原因となる CO_2 や SO_2 がいないため亜鉛蒸気から直接的に精製亜鉛を得る可能性があることなどを明らかにした。

6. 溶融スラグ中重金属の揮発挙動

非鉄金属の生産プロセスや廃棄物の焼却炉などから排出されるスラグ中の重金属を制御することは重要な課題であり、その基礎的研究として溶融スラグ中の重金属酸化物の揮発挙動および蒸気圧について調べた。スラグ融体中にキャリアガスをバブリングする縦型の流動法装置を開発し、 $CaO-FeO_x$ 、 $CaO-FeO_x-SiO_2$ 、 FeO_x-SiO_2 系などの各種スラグ中における鉛、砒素、アンチモンなどの重金属酸化物の蒸気圧を $1250-1300^\circ C$ で測定し、スラグ中重金属濃度やスラグの塩基度と蒸気圧との関係を明らかにした。また、これらの重金属酸化物のスラグ中におけるラウール基準の活量係数を導出した。

7. 高亜硫酸ガス分圧下におけるスラグーマット間の平衡

銅およびニッケルマットの純酸素ないしは酸素富化空気による溶錬の基本として、 0.1 気圧以上の高亜硫酸ガス分圧下における $Cu_2S-Ni_3S_2-FeS$ 系マットと FeO_x-SiO_2 、 FeO_x-CaO 、 FeO_x-SiO_2-CaO 系などの各種スラグ間における微量元素の分配係数をイオウ分圧および酸素分圧を制御した条件で測定した。マット品位を一定とした場合、銀、銅などの有価金属の分配係数は亜硫酸ガス分圧に依存しないが、鉛、砒素、アンチモン、ビスマスなどの重金属の分配係数は亜硫酸ガス分圧の増加と共に増大するので、酸素を用いたマット溶錬はこれらの有害元素のスラグ化除去に有利である。