D2EHPA^{a)}によるFe(III)の抽出速度に及ぼす リン酸アルキルの効果*

——金属抽出におけるリン酸アルキルの役割(第3報)——

芝 田 隼 次¹ 神 谷 卓 宏²
佐 野 誠³ 西 村 山 治¹

[UDC 661.63]

Effect of Alkyl Phosphoric Acid on Extraction Rate of Fe(III) with D2EHPA

—— Role of alkyl phosphoric acids on metal extraction (3rd Report) ——

by Junji SHIBATA¹, Takuhiro KAMITANI¹, Makoto SANO¹ and Sanji NISHIMURA¹

1. Faculty of Engineering, Kansai University, Suita-shi, Osaka 564

Extraction rate of Fe(III) with D2EHPA was investigated in the presence of alkyl phosphoric acids to elucidate the extraction mechanism and rate determining step. Butyl phosphoric acid and 2-ethyloctyl phosphoric acid were used for the investigation.

The extraction rate of Fe(III) is extremely accelerated by addition of alkyl phosphoric acids. In the presence of 2-ethyloctyl phosphoric acid, the rate equation is expressed as,

$$-d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}/dt = k_f^* [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} [\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}} [\text{H}^+]_{\text{aq}}^n \\ - k_b^* [\text{Fe}^{3+}]_{\text{org}} [\text{RH}]_{\text{org}}^{-1} [\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}^{-1} [\text{H}^+]_{\text{aq}}^2 \quad (-1 \leq n \leq 0),$$

where k_f^* and k_b^* are forward and backward rate constants, and $[\text{RH}]_{\text{org}}$ and $[\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}$ denote D2EHPA concentration and 2-ethyloctyl phosphoric acid concentration in the organic phase. Dependency of forward reaction on hydrogen ion concentration changes from -1 to 0, which is connected with the dissociation of mono-ester. The rate equation is interpreted by the idea that rate determining step is replacement reaction of water molecule in aquo Fe(III) ion with mono-ester molecule or ion. Value of k_f/k_f^0 , which is the rate constant in the presence of mono-esters divided by the rate constant in the absence of mono-esters, is a useful and quantitative measure to indicate the effect of mono-esters on the extraction.

KEY WORDS: D2EHPA, Fe(III), Extraction Rate, Alkyl Phosphoric Acid, Mechanism, Sulphate

1. 緒 言

Fe(III)やAl(III)やCr(III)などの3価の金属イオンは、2価の金属イオンに比べてイオン半径が小さく電荷が大きいために、金属イオンのまわりに水和水を強く引きつけている。このために、3価の金属イオンの溶媒抽出では、水和水と抽出剤分子との配位子交換速度が遅くて、これが律速段階となって総括抽出反応の速度が遅くなる^{1)~5)}。特に、水溶液への溶解量の少ない工業抽出剤を使用して酸性水溶液からFe(III)やAl(III)の抽出を行うときには、その抽出速度が極めて小さいことが報告されている^{6)~11)}。

水溶液中に目的の金属イオンと強い錯形成能をもつイオンや分子を添加したり^{12)~14)}、有機相中に目的の金属イオンと錯形成する界面活性の強い有機物を加えたりすると^{15)~17)}、抽出速度が改善されることがある。その機構は、これらのイオンや界面活性物質が金属イオンの水和水のいくつかを置換して、律速段階である第一水和水の置換を容易にするためと考えられている¹²⁾。

D2EHPAのような酸性リン酸ジアルキル中には、その製造段階で生じる相当するモノエステルが微量に存在していて、これが抽出速度を速くする作用をもつことが知られている²⁾。酸性リン酸アルキルは、モノエステルの方がジエステルよりも水溶液に対する溶解度が高く、界面活性が強い。このようなモノエステルの化学的性質が抽出反応に対して触媒的な作用をするように考えられる。

この研究では、D2EHPAによるFe(III)の抽出速度に及ぼすリン酸アルキルの効果を調べた。モノエステルには、リン酸ブチル(butyl phosphoric acid, 以下MBPAと略記する)とリン酸2-エチルオクチル(2-ethyloctyl phosphoric acid, 以下M2EOPAと略記する)を用いた。

2. 抽出速度の解析法

Fe(III)の抽出速度が水相中のFe(III)濃度の1乗に比例すると仮定して、正逆の両反応を考慮すると、つぎの式が得られる。

$$-d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}/dt = k_f C_t - k_b R_t \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 C_t および R_t はある時間後の水相中および有機相中のFe(III)濃度であり、 k_f および k_b は正反応および逆反応のみかけの速度定数である。平衡に到達する前の正味のFe(III)濃度 $[\text{Fe}^{3+}]$ を、次式のように、初濃度と平衡時の濃度 C_0 、 R_0 および C_e 、 R_e を用いて表した。上と同様に、 C は水相中の R は有機相中のFe(III)濃度を意味する。

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} = C_t - C_e = R_e - R_t \quad \dots\dots\dots (2)$$

* 1991年5月24日受付 10月11日受理

1. 正会員 工博 関西大学教授 工学部化学工学科

2. 関西大学大学院学生(現 香椎化学工業(株)研究開発部)

3. 正会員 関西大学助手 工学部化学工学科

キーワード: D2EHPA, Fe(III), 抽出速度, リン酸アルキル, 抽出機構, 硫酸塩

a) Di-2-ethylhexyl phosphoric acidの略称である。

平衡状態では、 $-d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}/dt = 0$ であるからつぎの関係が得られる。

$$k_f C_e = k_b R_e \quad \dots\dots\dots (3)$$

また、式(2)を変形して次式が得られる。

$$C_t = C_e + [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}, \quad R_t = R_e - [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式(4)を用いて式(1)を書き換えると、

$$\begin{aligned} -d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}/dt &= k_f (C_e + [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}) - k_b (R_e - [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}) \\ &= k_f [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} + k_b [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} \quad \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

この研究では、初期有機相中のFe(III)濃度は0、すなわち $R_0 = 0$ であるので、 $R_e = C_0 - C_e$ となる。従って、式(5)はさらにつぎのように変形される。

$$\begin{aligned} -d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}/dt &= k_f [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} + k_b C_e [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} \\ / (C_0 - C_e) &= k_f [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} \{ C_0 / (C_0 - C_e) \} \quad \dots\dots (6) \end{aligned}$$

これを变形して、

$$\begin{aligned} -\{ (C_0 - C_e) / C_0 \} \int_{C_0 - C_e}^{C_t - C_e} d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} / [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} \\ = \int_0^t k_f dt \quad \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

$$\{ (C_0 - C_e) / C_0 \} \ln \{ (C_0 - C_e) / (C_t - C_e) \} = k_f t \quad \dots (8)$$

k_f を k_b に置き換えると、

$$(C_e / C_0) \ln \{ (C_0 - C_e) / (C_t - C_e) \} = k_b t \quad \dots\dots\dots (9)$$

みかけの速度定数 k_f および k_b が有機相中のD2EHPA濃度、モノエステル濃度および水相中の水素イオン濃度に依存して、これらの濃度の何乗かに比例するとすれば、式(1)はつぎようになる。

$$\begin{aligned} -d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}/dt &= k_f^* [\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}} [\text{HR}]_{\text{org}}^l [\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}^m [\text{H}^+]_{\text{aq}}^n \\ &\quad - k_b^* [\text{Fe}^{3+}]_{\text{org}} [\text{HR}]_{\text{org}}^p [\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}^q [\text{H}^+]_{\text{aq}}^r \quad \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

ここで、 k_f^* および k_b^* は真の速度定数で、みかけの速度定数は以下になる。

$$k_f = k_f^* [\text{HR}]_{\text{org}}^l [\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}^m [\text{H}^+]_{\text{aq}}^n \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$k_b = k_b^* [\text{HR}]_{\text{org}}^p [\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}^q [\text{H}^+]_{\text{aq}}^r \quad \dots\dots\dots (12)$$

濃度依存指数は分離法に従って、みかけの速度定数の各濃度依存性を調べることによって実験的に決定できる。

3. 試薬および実験方法

実験に使用したFe(III)の硫酸塩水溶液は試薬特級 $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ をイオン交換後蒸留した水に溶解して作成した。金属塩の濃度は $3 \times 10^{-3} \text{ kmol/m}^3$ であった。水溶液のイオン強度は、 Na_2SO_4 を用いて3となるようにした。

D2EHPAのケロシン希釈液を抽出剤に用いた。D2EHPAは、大八化学工業(株)製のDP-8Rを精製して得たものである。すなわち、D2EHPAを含むケロシン相からエチレングリコールでモノエステル成分を洗浄除去して精製した。有機相には、抽出時の乳化を防ぐために改質剤としてp-ニルフェノールを15vol%加えた。また、抽出速度に及ぼすモノエステルの効果を調べるために、有機相にMBPAやM2EOPAを添加した。これらのモノエステルは、大八化学工業(株)製AP-4およびAP-10を前報¹⁸⁾で述べた方法によって精製して得たものである。MBPAとM2EOPAの構造と化学的性質は前報¹⁸⁾に記載されている。

実験の方法は以下の通りである。上記のようにして作成し、あらかじめ25℃の液温にしておいた水相と有機相の15cm³を内容積50cm³の遠心分離管にすばやく入れ、25℃に保った恒温槽中で7s⁻¹の振動数で所定時間振盪した。所定時間振盪後、ただちに両相を2,500rpmで遠心分離して、水相のpHならびにFe(III)濃度を

Fig. 1 Effect of MBPA on the rate of Fe(III) extraction with 0.1 kmol/m³ D2EHPA at pH 0.9 and 298K.

Fig. 2 Effect of M2EOPA on the rate of Fe(III) extraction with 0.1 kmol/m³ D2EHPA at pH 0.9 and 298K.

それぞれpHメータと原子吸光分析装置で測定した。有機相中のFe(III)濃度は、Fe(III)の初濃度から平衡濃度を差し引くことにより求めた。

4. 実験結果と考察

0.1 kmol/m³ D2EHPAによるFe(III)の抽出速度に及ぼすMBPAおよびM2EOPAの添加の効果を調べ、その結果を図1と図2に示した。MBPAまたはM2EOPAを添加しないときには、Fe(III)の抽出速度は極めて遅く、平衡値に到達するのにおよそ120分を要する。モノエステルを添加した場合には、Fe(III)の抽出速度は著しく速くなり、モノエステルの添加量が増加するにつれて平衡到達時間はよりいっそう短縮されることがわかる。2つのモノエステルの効果を比べると、MBPAの方がM2EOPAよりも抽出速度を速める効果が高いようである。前報¹⁸⁾で述べたように、MBPAは水溶液側への分配が大きくて、有機相中のMBPAの濃度を正しく評価できないので、以下の解析ではM2EOPAを添加した系だけを取り扱うことにする。

0.1 kmol/m³ D2EHPAと0.005 kmol/m³ M2EOPAのケロシン希釈液を用いて、種々のpHの水溶液からFe(III)の抽出を調べ、その結果を式(8)および(9)に従って整理した。得られた結果は図3と図4に示されている。図3のプロットは、いずれも原点を通る直線となり、Fe(III)の正抽出速度が水溶液中のFe(III)濃度の1次に

Fig. 3 First order rate expression for the forward reaction as a function of time at different pH (80.1 kmol/m³ D2EHPA, 0.005 kmol/m³ M2EOPA and 15 vol% p-nonylphenol in kerosene, 298K).

Fig. 4 First order rate expression for the backward reaction as a function of time at different pH (0.1 kmol/m³ D2EHPA, 0.005 kmol/m³ M2EOPA and 15 vol% p-nonylphenol in kerosene, 298K).

比例することがわかる。図4のプロットは、やはり原点を通る直線関係を満足しており、このことはFe(Ⅲ)の逆抽出速度が有機相中のFe(Ⅲ)濃度の1次に比例することを意味する。pHが変化すると図の傾きに相当するみかけの速度定数は変化するので、抽出反応速度は水素イオン濃度に依存する。

図3および図4の直線の傾きから得たみかけの正逆速度定数を、pHの関数として表現し、これを図5に表した。正反応のみかけの速度はpH 0.2以下の酸性領域で水素イオン濃度の0乗に、pH 1.5以上で水素イオン濃度の-1乗に比例する。逆反応のみかけの速度定数の水素イオン濃度依存性はほぼ2次に等しい。正反応速度の水素イオン濃度依存性がpHによって異なるのは、後に述べる

Fig. 5 Dependence of k_f and k_b on pH (0.1 kmol/m³ D2EHPA, 0.005 kmol/m³ M2EOPA and 15 vol% p-nonylphenol in kerosene, 298K).

Fig. 6 Dependence of k_f and k_b on the concentration of D2EHPA (0.05 ~ 0.2 kmol/m³ D2EHPA, 0.005 kmol/m³ M2EOPA and 15 vol% p-nonylphenol in kerosene, 298K).

ようにM2EOPAの解離と関係しているようである。M2EOPAの解離定数の推定値は、前報¹³⁾で測定されており、 $pK_a=2.3$ である。

Fe(Ⅲ)の抽出速度に関するD2EHPA およびモノエステル濃度の依存性は、他の条件を一定に保ちつつD2EHPA濃度またはモノエステル濃度を変化させて、Fe(Ⅲ)の抽出速度を調べることにより知ることができる。図6は、M2EOPA濃度を0.005 kmol/m³、pHを0.90の一定に保った条件のもとで、D2EHPA濃度を0.04 ~ 0.2 kmol/m³に変えてFe(Ⅲ)の抽出速度を調べ、その結果をみかけの速度定数とD2EHPA濃度の関係として示したものである。調べた濃度範囲では、正抽出反応はD2EHPA濃度に依存せず、逆反応はD2EHPA濃度の-1乗に比例することがわかる。D2EHPA濃度を0.1 kmol/m³、pHを0.9の一定とした条件で、M2

Fig. 7 Dependence of k_f and k_b at pH 0.9 on the concentration of M2EOPA (0.1 kmol/m³ D2EHPA, 0.001 ~ 0.01 kmol/m³ M2EOPA and 15 vol% p-nonylphenol in keorsene, 298K).

EOPAの濃度を 10^{-3} ~ 10^{-2} kmol/m³に変化させてFe(III)の抽出速度を調べた結果は、みかけの速度定数とM2EOPA濃度の関係として図7に表されている。図から、正逆両反応に対するM2EOPA濃度の依存性は、それぞれ1次および-1次であることがわかる。

以上の検討結果から、D2EHPAにM2EOPAを添加したときのFe(III)の抽出速度はつぎのように表すことができる。

$$\begin{aligned} -d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}/dt &= k_f^*[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}[\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}[\text{H}^+]_{\text{aq}}^n \\ &\quad - k_b^*[\text{Fe}^{3+}]_{\text{org}}[\text{HR}]_{\text{org}}^{-1}[\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}^{-1}[\text{H}^+]_{\text{aq}}^2 \end{aligned} \quad (-1 \leq n \leq 0) \quad (13)$$

正反応はD2EHPAの濃度に依存しないので、上式で正反応の水素イオン濃度依存性がpHによって-1から0に変化するのは、M2EOPAの解離によるものと推察できる。

M2EOPAは界面活性が強いので¹⁸⁾、つぎのように界面反応モデルに基づいて抽出速度機構を考えた。M2EOPAの解離定数は $K_a=10^{-2.3}$ であり¹⁸⁾、同時に強い界面活性を示すので、界面に吸着しているM2EOPAの化学種は水溶液のpHによって H_2A であったり、 HA^- であったりする。M2EOPAの界面での吸着を次式で表すことにする。

ここで、添え字adは界面に存在する化学種を表し、 K_{ad} は界面吸着平衡定数を表している。Fe(III)は6水和イオンとして存在していると考えられている。この水和Fe(III)イオンの水分子と $\text{H}_2\text{A}_{\text{ad}}$ または HA_{ad}^- が界面で配位子置換する反応が律速段階であると考えれば、つぎの2つの素反応を書くことができる。

上の2つの素反応のどちらかがpH条件によって支配的になると考えると、正抽出反応についてつぎの式が誘導できる。

$$-d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}/dt$$

Table 1 Effect of mono-esters on the rate of Fe(III) extraction with 0.1 kmol/m³ D2EHPA at pH 0.9.

Mono-ester	Concn. (kmol/m ³)	k_f	k_f/k_f^*
Butyl Phosphoric Acid	0.001	0.041	2.4
	0.003	0.110	6.5
	0.005	0.183	10.9
	0.01	0.532	31.7
	0.02	1.823	108.6
2-Ethylhexyl Phosphoric Acid	0.001	0.028	1.6
	0.003	0.097	5.8
	0.005	0.164	9.7
	0.01	0.315	18.7

k_f^* indicates the forward rate constant in the absence of mono-ester ($k_f^* = 0.0168$).

$$= k_f^*[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}[\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}K_{\text{ad}}(1 + K_{\text{HA}}/[\text{H}^+]_{\text{aq}}) \quad (16)$$

ここで、 K_{HA} はM2EOPAの解離定数である。このような考え方に立てば、実験的に得た式(13)の速度式を合理的に説明することができる。

Fe(III)の抽出速度に及ぼすM2EOPAおよびMBPAの添加の効果を定量的に比較することを試みた。すなわち、D2EHPA濃度0.1 kmol/m³、pH 0.9の一定条件で、M2EOPAおよびMBPAの添加量を変えてFe(III)の抽出速度を調べ、この条件でのみかけの速度定数を求めた。表1に、その結果が示されている。それぞれのみかけの速度定数 k_f を、同じ条件のもとでモノエステルを加えずにD2EHPAだけでFe(III)の抽出を行って得たみかけの速度定数 k_f^0 で割ると、この値 k_f/k_f^0 はモノエステルの添加によってFe(III)の抽出速度が何倍速くなるかを表す尺度となる。この値は表1の右端に示されている。MBPAやM2EOPAの添加はFe(III)の抽出速度を著しく増加させることが、定量的に再び確認できる。MBPAは疎水基部分が短すぎて界面活性を示さない。M2EOPAは強い界面活性を示し、イオン化するとさらに高い界面活性を示す。MBPAは水溶液中に分配して、式(14)および(15)のような律速反応が水溶液中で起こって、その結果Fe(III)の抽出速度を速くすると推察される。M2EOPAの場合には、その強い界面活性のために油相界面に高い濃度で吸着し、界面で式(14)および(15)の律速反応が起こって、Fe(III)の抽出速度が速くなるものと考えられる。

5. 結 言

この研究では、D2EHPAによるFe(III)の抽出速度に及ぼすリン酸アルキルの効果を調べ、モノエステルの存在下での抽出速度を解析して、抽出速度式および律速反応を明らかにしようとした。モノエステルには、リン酸2-エチルオクチルとリン酸ブチルを用いた。

モノエステルを添加することにより、Fe(III)の抽出速度は著しく速くなることが明らかにされた。水に対する溶解度の小さいM2EOPAを用いて、Fe(III)の抽出速度を検討した結果、Fe(III)の抽出速度はつぎのように表すことができた。

$$\begin{aligned} -d[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}/dt &= k_f^*[\text{Fe}^{3+}]_{\text{aq}}[\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}[\text{H}^+]_{\text{aq}}^n \\ &\quad - k_b^*[\text{Fe}^{3+}]_{\text{org}}[\text{HR}]_{\text{org}}^{-1}[\text{H}_2\text{A}]_{\text{org}}^{-1}[\text{H}^+]_{\text{aq}}^2 \end{aligned} \quad (-1 \leq n \leq 0)$$

正反応の速度が水素イオン濃度について-1次から0次の依存性を示すことは、M2EOPAのイオン化と関係する。正反応速度並びに上記の理由は、6水和Fe(III)イオン中の水分子のM2EOPA分子またはイオンとの配位子置換が律速であると考えたと説明す

ることができる。モノエステルを添加したときのみかけの速度定数 k_f をモノエステルを添加しないときのみかけの速度定数 k_f^0 で割った値で、Fe(III)の抽出速度に及ぼすモノエステルの添加効果を定量的に表した。この結果から、M2EOPAの場合には油水界面で律速反応が進行し、MBPA では水溶液中で律速反応が進行することが考察された。

試料を提供していただいた大八化学工業(株)に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 田中元治：溶媒抽出の化学，共立出版(1977)，56
- 2) 井上勝利・中塩文行：化学工学 第44巻，第5号，301，(1980)
- 3) Kletenik, Yu. B. and Navrotskaya, V. A. : Russ. J. Inorg. Chem., 12, 1648, (1967)
- 4) Kletenik, Yu. B. and Navrotskaya, V. A. : Russ. J. Phys. Chem., 46, 355, (1972)
- 5) 中塩文行・近藤和生・井上勝利：化学工学 第42巻，第4号，182，(1978)
- 6) Roddy, J. W., Coleman, C. F. and Arai, S. : J. Inorg. Nucl. Chem., 33, 1099, (1971)
- 7) Coleman, C. F. and Roddy, J. W. : Solvent Extraction Reviews, Vol. 1, Marcel Dekker, New York 63, (1971)
- 8) Chiarizia, R. and Danesi, P. R. : J. Inorg. Nucl. Chem., 39, 525, (1977)
- 9) Sato, T., Yoshino, T., Nakamura, T. and Kudo, T. : J. Inorg. Nucl. Chem., 41, 731, (1979)
- 10) Sato, T., Yoshino, T., Nakamura, T. and Kudo, T. : J. Inorg. Nucl. Chem., 40, 1571, (1978)
- 11) Sato, T., Nakamura, T. and Ikeno, M. : Hydrometallurgy, 15, 209 (1985)
- 12) Subbaraman, P. R., Cordes, Sr. M. and Freiser, H. : Anal. Chem., 41 No.13, 1878, (1969)
- 13) Adin, A. and Newman, L. : J. Inorg. Nucl. Chem., 32, 3321, (1970)
- 14) Ellender, P. S. and Lawson, G. J. : J. Appl. Chem. Biotechnol., 28, 435, (1978)
- 15) Flett, D. S., Okuhara, D. N. and Spink, D. R. : J. Inorg. Nucl. Chem., 35, 2471, (1973)
- 16) Miller, J. D. and Atwood, R. L. : J. Inorg. Nucl. Chem., 37, 2539, (1975)
- 17) Flett, D. S., Cox, M. and Heels, J. D. : J. Inorg. Nucl. Chem., 37, 2533, (1975)
- 18) 芝田隼次・神谷卓宏・佐野 誠・西村山治：資源・素材学会誌，107 [No.13]，999~1003，(1991)

ニュース

EUROMAT 91 の論文集刊行

当学会の MATERIALS PROCESSING に関係深い，材料に関する論文集が発表されました。昨年英国の材料学会(旧金属学会)が欧州材料学会連盟(FEMS)に代って，主催された EUROMAT 91 の論文集が刊行されました。なお，各論文のタイトルは本会にありますので，お申し出下さい。

EUROMAT 91

In order to meet this need for information by materials scientists and technologists throughout the world, The Institute of Materials, in its capacity as a learned and professional society, has just published **EUROMAT 91 - Proceedings of the 2nd European Conference on Advanced Materials and Processes**.

EUROMAT 91 was organised by The Institute of Metals (now The Institute of Materials) on behalf of The Federation of European Materials Societies (FEMS) and was one of the major European Materials events of 1991, with over one hundred papers given by prominent European researchers covering the most topical themes in Advanced Materials, including:

- * Advanced Processing
- * Advanced Structural Materials
- * Electronic and Magnetic Materials
- * High Technology Applications
- * Chemistry and Physics of Materials
- * Innovative Analysis Techniques

The 3 Volumes of Proceedings:

Volume 1
Advanced Processing

Volume 2
Advanced Structural Materials

Volume 3
Advanced Devices and Techniques

Other Publications:
-Surface Engineering and Heat Treatment:
Past, Present and Future, by P.H.Morton
-Glasses and their Applications
By H.Rawson

Published by

The Institute of Materials
1 Carlton House Terrace, London SW1Y 5DB