1. はじめに

2023年度、本研究室では、主に以下の研究を行った。

1) 静電浮遊法におけるTi-6Al-4V中に添加したヘテロ 凝固核TiCの溶解挙動,2)各種浮遊法における対流およ び温度勾配下でのTi-6Al-4Vの凝固挙動,3)液体Al中の 不純物拡散係数測定における濃度条件の最適化,4)Soret 効果濃度誘起を用いた溶液の拡散係数測定における精度向 上,5)IF鋼におけるXRDを利用した転位密度解析の適 正化,6)CaOを用いたNi基合金におけるBi除去効果と 無害化効果の解明。以下に研究成果の一例を紹介する。

静電浮遊法における Ti-6Al-4V 中に添加したヘテロ凝 固核 TiCの溶解挙動

金属積層造形において、母相Ti-6Al-4V粉末にヘテロ凝 固核としてTiC粉末を添加し溶融凝固させることで、結晶 粒が微細化し強度が向上することが知られている。しかし 加熱中にTiCが溶解し、微細化の核として機能しない恐れ が示唆された。本技術の普及にはTiCの溶解速度論を解明 し、結晶粒微細化に適切な加熱量を明らかにすることが重 要である。そこで本研究では、対流や壁面等のTiC以外の 核生成要因を排除できる地上静電浮遊法(ESL)にて溶融 凝固実験を実施した。ESL実験の加熱条件がTiCの溶解挙 動に与える影響を示し、TiCの溶解速度式を明らかにする ことを目的とした。

Ti-6Al-4V粉末に対し、TiC粉末を 5 mass%添加した混 合粉末をSPS焼結した後、安定浮遊のためにアーク炉に て球形に成形し、ESLにて溶融凝固させた。融点 T_M 以上 の時間範囲で試料温度の二乗 T^2 を積分した、加熱積分値I(T, t)の異なる複数試料を取得した。実験後試料を研磨し、 断面のGrainマップを電子線後方散乱回折(EBSD)法で取 得した。次に試料断面をエッチング処理した後、走査電子 顕微鏡(SEM)と電子プローブ微小分析器(EPMA)で凝 固組織を観察し、母相に残存するTiC量を解析した。本研 究では、拡散界面モデルにより材料の組織形成を計算する フェーズフィールド(PF)法を用いて、液相Ti中に配置し た固相Cの溶解シミュレーションも実施した。

各加熱積分値に対する凝固組織と残存TiC量の相関よ り,加熱積分値が1.5×10⁸ K²·s未満の時,結晶粒は微細化 し,塊状炭化物が確認された。TiとCの組成比が約1:1 であることや,添加TiCと同様の形状をしていることか ら,残存TiCであると考えられる。加熱積分値の増加に 伴い残存TiC量は指数関数的に減少した。凝固時間に対 して固相率が指数関数的に増加するJohnson-Mehl-Avrami-Kolmogolov式の対称性が,TiCの溶解において成立してい るといえる。続いて拡散理論に基づいて溶解速度式を作成 した。球座標系におけるフィックの第二法則と質量保存則 を連立し,近似解を算出した。拡散係数を1×10⁻⁹から $1 \times 10^{-12} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ まで変化させ,溶解速度式をTiCの粒度 分布の各粒に適用した。粒度分布を体積積分することで,加熱積分値に対する残存TiC量を算出した。拡散係数が $1 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ の時ESL実験結果と概ね一致した。液相 (10^{-9}),固相(10^{-14}),粒界中(10^{-10})の拡散係数の平均の オーダーであることから,複数の拡散形態によりTiCの溶 解が起こっているとわかる。

以上より、TiC 5 mass%添加試料にて、ESL実験におけ る加熱積分値を1.5×10⁸ K²・s未満に抑制すると、TiCが残 存し結晶粒が微細化する。拡散理論から算出されたTiCの 溶解速度式を適用することで、加熱積分値に対する残存 TiC量を見積もることが可能であるといえる。

各種浮遊法における対流および温度勾配下でのTi-6AI-4Vの凝固挙動

鋳造や金属積層造形において,溶湯内の対流や温度勾 配が造形品の結晶粒分布および機械的性質に影響を与え る。よって,様々な環境における核生成や結晶成長挙動を 知り,ミクロ組織を制御する必要がある。そこで,擾乱 の少ない地上静電浮遊法(ESL)や,大きな試料内対流を 有する電磁浮遊法(EML),温度勾配を有するガス浮遊法 (ADL)で試料を溶融凝固させ,そのミクロ組織を比較す ることで,各環境での凝固挙動を解明できると着想した。 また,不均質核生成により結晶粒微細化を促進するヘテロ 凝固核を添加することで,限られた浮遊試料径においても ミクロ組織の顕著な違いを得られると考えた。以上より, 本研究ではESL,EML,ADLで凝固した金属試料のミク ロ組織観察を通して,試料内対流や温度勾配が凝固挙動に 与える影響の解明を目的とした。

試料は、金属積層造形等で汎用性の高いTi-6Al-4V粉末 と、そこにヘテロ凝固核TiCを2、および5 mass%添加し た混合粉末を用意し、それぞれ放電プラズマ焼結し作製し た。ESL, ADL 試料は浮遊を安定させるため、アーク溶融 にて球形に成形した。各浮遊法にて、試料を溶融凝固さ せ、試料の温度履歴から過冷度∆Tを取得した。ESLでは、 クーロン力により試料を浮遊させ、レーザーで3方向から 加熱した。EMLでは、ローレンツ力を利用して試料を浮 遊させ、上部からレーザーで加熱した。ADLでは、Arガ スジェットにより試料を浮遊させ、上部からレーザーで加 熱した。実験後、X線コンピュータ断層撮影(CT)解析に て試料内外の形状を取得した。また、機械研磨した試料断 面を光学顕微鏡で観察した。さらに、後方散乱電子回折 解析にて取得した断面の結晶方位マップから、旧β粒(初 晶粒)Grainマップを作成し、単位面積当たりの結晶粒数n を算出した。

2または5 mass%のTiC添加によりΔTが30 K以下に減 少し、結晶粒が微細化した。よって、いずれの浮遊法に おいても、TiCが核生成サイトとして機能すると言える。 ESL試料断面では、試料中心付近の旧β粒界に重なる位置 で、不定形の空隙が確認された。これらの空隙は凝固収縮 により生じたものだと考えられ、試料の最終凝固部は試 料中心付近であったと言える。ESLでは、真空雰囲気に 接して比較的低温である試料表面付近のTiC から核生成す る。よって、液滴外縁に生成した固相の殻が液相部分の冷 却を抑制しながら、内部に向けて等方的に結晶成長すると 考えられる。EMLでは、試料断面全体を通して柱状晶が 放射状に分布していた。また、光学顕微鏡観察において も、デンドライト組織が半径方向に成長した様子を確認し た。先行研究での数値シミュレーションによると、電磁力 の影響を受けた液滴にはRe≈7730の円を描くような対流 が存在すると報告されている。また、結晶は流れの下流側 で成長しにくく, 非対称な結晶が生成されることが報告さ れている。よって, 試料内対流の影響を強く受ける環境下 においては、対流が特定方向への結晶成長を促し、流れと 垂直方向に伸長した柱状晶を形成すると考えられる。TiC 5 mass%添加ADL試料の下部には比較的粗大な柱状晶が, 上部には微細な等軸晶が観察された。また、X線CT解析 より, 浮遊状態での試料上下表面の粒界にくぼみが観察さ れた。このことから、ADL 試料の最終凝固部は試料表面 であると考えられる。ADLでは、ガスジェットが当たる 試料下部とレーザー照射点である上部にかけて温度勾配 $G \approx 132$ K·mm⁻¹が存在すると報告されている。よって、 試料下部から上部に向けて一方向凝固する過程で, 凝固潜 熱により結晶成長が抑制されるとともに、固液界面での合 金元素の濃縮により組成的過冷却が増大する。その結果、 液相部分に残存していた多くのTiCから新たに核生成する と考えられる。このことから、温度勾配下では、低温部か ら高温部にかけて、結晶形状が柱状から等軸状に変化する と言える。

以上より, ESLでは, 表面付近のTiCから核生成後, 内 部に向かって等方的に結晶成長する。一方, EMLのよう に試料内対流が大きい環境下では, 結晶は流れと垂直方向 に向かって柱状晶を形成する。また, ADLのように大き な温度勾配がある環境下では, 低温部から高温部に向かっ て結晶成長し, 特にTiC 5 mass%添加時は柱状晶から等軸 晶へ遷移する。

4. 液体AI中の不純物拡散係数測定における濃度条件の 最適化

液体金属の不純物拡散係数は凝固プロセスを解明する上 で重要な物性値である。先行研究ではシアーセル法を用い て溶媒Sn中の不純物拡散係数を測定し、予測式が提案さ れている。しかし、この予測式が液体構造の異なる他の溶 媒元素において成立するか不明である。そこで液体構造の 異なる溶媒Al中における溶質Snの不純物拡散係数測定を 行った。液体Alを溶媒としたとき、次のような2つの課 題がある。測定試料の理想溶体とみなすために、拡散係数 の測定を低Sn濃度条件で行う必要がある。しかし、低濃 度にすることで実験装置のわずかな温度差によって対流が 生じてしまう恐れがある。さらに、低濃度条件では純A1 中に混入するわずかなSn(*c*_{bg})によって拡散係数の不確か さが増加する恐れがある。そこで本研究では、以上2点の 要因が不純物拡散係数の測定精度に与える影響、及び高精 度測定に必要な初期Sn濃度の閾値を明らかにすることを 目的とした。

シアーセル法を用いて実験を行った。合金試料はAl-3 at.%Snとなるよう秤量し, (i) 4つのキャピラリーで異な る初期Sn濃度Gとなるように作製した試料と(ii)Gが一定 とように作製した試料を作製した。作製した合金試料を装 置下部に配置し、試料密度が重力方向に常に単調増加する 安定密度配置とすることで、自然対流を抑制した。初め に試料が分離した状態で973 Kまで加熱・均質化し、中間 セル (No.2) を挿入することで、4 組のキャピラリーを同 時に拡散させた。拡散開始から (i) t_{dff}=21600 s, (ii) t_{dff}= 14400 s後, キャピラリーをそれぞれ20個のディスクに分 離・冷却した。それぞれの試料を混酸で溶解し、ICP発 光分光分析装置 (ICP-OES) でSn濃度を分析した。また、 COMSOL Multiphysics[®]を用いて流体解析を行うことで実 験中の対流挙動を検証した。拡散実験中の濃度・速度分布 を可視化するために, Fickの法則, Navier-Stokes方程式, 連続方程式、エネルギー保存則を用いて計算した。

取得した濃度分布を誤差関数にフィッティングし,拡 散係数 D_{SnAl} を算出した。(i)の時, D_{SnAl} は c_0 が小さい試 料ほど,大きな値を示した。(ii)の時, D_{SnAl} は(6.27 ± 0.04)×10⁻⁹ m²s⁻¹で,相対標準偏差は0.6%となり,再現 性の高い結果となった。流体解析の結果,見かけの拡散係 数が再現性実験での測定値の±10%以内となった。そのた め, D_{SnAl} に影響を与えるほどの対流挙動は確認できなかっ た。一方で c_{bg} を変えてフィッティングを行った結果, c_0 が 低い時, c_{bg} が変動により D_{SnAl} の不確かさが増加した。バッ クグラウンド比 $c_{\text{bg}}/c_0 < 0.003$ で D_{SnAl} が再現性実験での測定 値の±10%以内となった。

流体解析の結果,拡散係数に影響を与えるほどの対流 は確認できなかった。 c_0 が低い時, c_{bg} の変動により D_{SnAl} の 不確かさが増加した。バックグラウンド比 $c_{bg}/c_0 < 0.003$ で バックグラウンドの影響を抑えた拡散係数測定が可能であ ると明らかにした。

5. Soret効果濃度誘起を用いた溶液の拡散係数測定にお ける精度向上

液体の拡散係数測定は,物質の輸送現象を理解する上で 重要である。従来の拡散実験は,繰り返し同一試料を用い ることができず,非効率的であった。そのため,Soret効 果による微小な濃度誘起を用い,その後等温拡散過程を光 学装置で非接触分析する,同一試料での繰り返し測定法が 提案された。しかし,光学的ノイズを含む極微少な濃度変 化を考慮し,いかに高精度・高確度に拡散係数測定を行う かが課題である。本研究の目的は,Soret効果を利用した 拡散係数測定において,精度向上手法及びその要因究明で ある。

本研究において,過去に "Soret-Facet Mission" で得ら れた干渉縞画像を解析した。この実験では試料溶液 salol-2.58mol% tert-butyl alcoholをガラス容器に充填した後,鉛 直方向に対して付与温度差 ΔT_{app} (= 6, 10, 20, 30 K) を与 え保持することで,Soret効果により濃度勾配を誘起させ た。その後,温度付与を解除し,均質温度における干渉縞 を 2 波長干渉計で取得した。

観測視野の各 (X, Y) 座標における干渉縞強度時間変化 Iを取得した。次に,各Iを輝度法により位相解析し位相 変化量 $\Delta \phi$ を取得した。温度定常後の位相変化量 $\Delta \phi$ を位 相 – 濃度関係式に代入し濃度変化量 ΔC に変換した。 ΔC に 有限差分化拡散方程式を適用することで,見かけの拡散係 数D'を取得しヒストグラム化した。ここで, $\Delta x : x$ 方向の 空間差分, Δt :時間tの時間差分である。ヒストグラムの 指定した範囲における平均値を拡散係数の代表値Dとし た。

濃度変化量 ΔC と時間tの関係において,解析結果と理論 曲線を比較すると傾向は概ね一致しており,時間の経過と 共に ΔC は減少した。空間差分 $\Delta x = 1$ pixel,時間差分 $\Delta t =$ 66 sの時の見かけの拡散係数D'の分布より,時間が経過し てもD'の明確な相関性は発現しなかった。これは、 Δx が 微小であると解析点と隣接する画素における濃度変化量 ΔC に差異が生まれないことが原因である。そのため、十 分な大きさの Δx を指定する必要がある。

空間差分Δxと拡散係数Dの関係より, DはΔxが大きく なるにつれて増加し, 約200 pixelsで最大となり, その後 減少する傾向を示した。Δxが小さいとき, 気泡や粉塵な どのノイズが相対的に大きく影響するため拡散係数の算出 精度は低下する。またΔxを大きくするとノイズの影響を 低下させることは可能だが, 解析点数が減少し十分な解析 精度が担保できない。そのため, 特定のΔxにピークを有 する挙動を示した。

次に、空間差分 Δx を増加させた際に最大となる拡散係 数に対して、ヒストグラムを作成し標準偏差 σ を求めた。 標準偏差 σ と付与温度差 ΔT_{app} の関係にて、標準偏差 σ は概 ね一定であったことから、本研究では実験条件によらず精 度の高い解析が行なえた。

拡散係数は、気泡や粉塵によるノイズ及び解析点数によ り算出精度が変化する。ノイズの影響を低減でき十分な解 析点数を担保できる空間差分Δxを有限差分化拡散方程式 に代入することで、より精度の高い拡散係数が算出可能で あることが明らかとなった。

6. IF鋼におけるXRDを利用した転位密度解析の適正化

金属材料に与えた塑性ひずみを保持することで材料の応 力が経過時間とともに低下する応力緩和現象は,塑性変形 時における深絞り性の向上やスプリングバック量の減少に 効果的である。その際転位密度がひずみ保持時間依存で発 達していくモデルが提案されているが、実際の組織とモデ ルとの対応は不十分である点が課題である。そのため本研 究では転位密度と応力緩和挙動にどのような相関性がある かに着目し、炭素含有量が微量なIF鋼を研究対象にした。 転位密度測定では主にX線回折 (XRD) によるプロファイ ル解析が用いられているが、予備実験において測定毎の算 出誤差が約50%と大きく、また算出した転位密度が負の値 になってしまった。ゆえにIF鋼の転位密度と応力緩和依 存性を吟味するためにはプロファイルに対する平滑化処理 や回折面の選択方法等、解析方法を適正化させる必要が あると着想した。本研究では、引張変形させたIF鋼の転 位密度をXRDによって引張後経過時間毎に算出し、プロ ファイル処理法や解析時の回折面選択法を変化させること で転位密度を高精度に算出する手法の適正化を目的とし た万能試験機を用いてIF鋼のJIS5 号試験片に対し引張試 験を行った。5 mm・min⁻¹の速さでクロスヘッドを移動 し、試験片に貼られた標線シールの移動量をビデオ式非 接触伸び計で読み取ることで公称ひずみを算出した。公 称ひずみが21%に達するまで引張し、達したと同時に除荷 した。除荷後、試験片中央部をファインカッターによっ て20 mm×20 mmの大きさに切り出しXRD実験の測定試 料とした。XRD実験では、試料をXRD装置内部のステー ジ上に設置し位置調整を行った。調整後,走査範囲2θ= 40-140 deg, 走査速度0.2 deg·min⁻¹でX線を走査し引張IF 鋼のプロファイルを取得した。XRD実験によって得られ た引張IF鋼プロファイルの生データに対しKa2ピーク除 去. バックグラウンド (BG) 処理を施した。転位密度は処 理をしたプロファイルの各ピークにおける半値幅を修正 Williamson-Hall法 (mWH法),及び修正Warren-Averbach 法 (mWA法) に適用することで算出した。

平滑化無しでは転位密度の標準偏差が小さい傾向にあ り、回折強度の低い(220)を解析に入れない場合は算出し た転位密度が負の値にならずに得られた。これは平滑化を すると過度にピークが補正され回折ベクトルが変化してし まうことが考えられるほか、低強度の回折面を解析に含む と測定毎の強度誤差が大きくなってしまうことで半値幅誤 差が大きくなることが考えられる。回折面選択の適正化に よる転位密度算出精度向上を検討するため、引張後12072 hから12096 hまで3連続で測定し、回折強度の低い(220) の有無を比べたときの転位密度算出誤差結果を求めた。そ の結果、転位密度の最大値と最小値の差を平均値で除し て求めた算出誤差は、(220)を除くことにより28.2%から 6.8%に改善した。

引張IF鋼の転位密度解析において,プロファイル処理 時は平滑化処理をせずにKa2線ピーク除去,BG処理を行 い,低強度の回折面を転位密度解析から省くことで転位密 度算出誤差が低減し,転位密度算出が適正化できることを 明らかにした。

CaOを用いたNi基合金におけるBi除去効果と無害化 効果の解明

近年,使用済みNi基合金の直接完全リサイクル技術が 研究されている。その際、合金中の不純物元素の制御が 求められている。中でも、Biが5ppm混入してしまうと、 Ni基合金のクリープ特性が80%低下すると報告されてい る。蒸発によるBiの除去がよく知られているが、蒸発に より除去できない極微量の残存Biを他の方法で除去する 必要がある。Ca-CaF2によりNi基合金NCF-1中のBiと, CaO-CaF2によりFe中のBiが除去可能であることが報告 されたが、CaF2は環境に悪影響があり、利用が制限され ている。また、Ni基合金においてCaOるつぼ溶解による SとSbの除去効果が確認されており、 偏析抑制による合金 の耐酸化性向上に繋がることが明らかになった。しかし, 同じ低融点元素Biへの効果は不明であり、Biの除去に加 えてBiの固定化による合金耐酸化性の向上という無害化 が期待される。以上から、CaOによるBiの除去効果とBi を含む合金の無害化効果の解明を目的とした。

石英管中を0.1 kPaまで減圧した後に、50 kPaのAr雰囲 気とし, 500 gのNi-9.8 wt.%Al合金を高周波誘導加熱装置 で加熱した。1873 Kまで加熱した後, 0.05g(合金に対し て100 ppm)の純BiをNiチューブに入れた状態で溶湯中に 投入した。Biの均一化を60s行い、緻密質CaO丸棒を溶 湯の中に浸漬させた。浸漬後の保持時間は60,300,600 s とした。また、CaO丸棒未浸漬実験として、Biの均一化 後に丸棒未浸漬で保持した。その際,保持時間は0,60, 300, 600 sとした。さらに、同じ手順で1000 ppmのBiを 入れてCaO丸棒を150 s浸漬させたものと、CaO浸漬なし かつ保持時間 0 sの実験をそれぞれ行った。実験後に、凝 固した合金から5mmの立方体を切り出し、1373.15K, 3600 sの酸化実験を繰り返し、質量変化を測った。分析 について,発光分光分析装置(ICP-OES)で合金中のNi とAl, 誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) でBiの残 存濃度をそれぞれ分析した。また、電子プローブマイク ロアナライザー (EPMA) 分析とX線光電子分光法 (XPS) でCaO丸棒におけるBiの存在箇所と生成した化合物を確

認した。さらに、エネルギー分散型X線分光法(EDS)で 試料中のBiとCaの存在箇所を特定した上で、集束イオン ビーム(FIB)加工を施した。最後に、加工済みの試料を 透過電子顕微鏡(TEM)でナノビーム電子回折(NBED) 像を取得し、生成した化合物の有無と種類を確認した。

ICP-MSの元素分析結果によると、丸棒の浸漬にも関わらず100 ppmのBiを投入した後に、Biの濃度は600 sの間に約5 ppm減少した。また、丸棒浸漬の有無による差を比較したところ、有意な差は見られなかった。

EPMAおよびXPSの解析において、100 ppmのBiを投 入した溶湯に浸漬させたCaO丸棒から, Biは検出されな かった。その一方, 1000 ppmのBiを投入した溶湯上に吊 り下げた丸棒において、Biは検出された。以上から、吊 り下げた丸棒についたBiが蒸発したものと考えられる。 また, CaOによるBi除去量は1×10⁻³ ppm以下の可能性 があるため、検出されなかったと考えられる。繰り返し酸 化試験結果から、浸漬の保持時間が長いほど、蒸発でBi 濃度が減少したことから、Bi濃度が減少するにつれ、合 金の耐酸化性が向上することがわかった。また、CaOの 浸漬によって、合金の耐酸化性が向上した。EDSにて得 られた合金の元素マップによると、Bi, Ca, Oは同じ場 所にあることがわかる。さらに、TEM分析により得られ たNBED像を用い、電子回折のデータを算出した。また、 過去のデータを比較したところ、Ca₉Bi₁₀O₂₄だと推定でき る。以上から、合金中のCa, Bi, OはCa₉Bi₁₀O₂₄を生成す ることにより合金の耐酸化性を向上させたと考えられる。

CaOを用いたNi基合金におけるBiの除去効果と無害化 効果について、以下を明らかにした。(i)Bi除去効果にお いては、CaOによるBiの除去量は 1×10^{-3} ppm以下の可 能性があるため、検出されなかったと考えられる。(ii)Bi 濃度は高いほどNi基合金の耐酸化性が悪化することが確 認された。また、Biを含む合金へのCaO浸漬により耐酸 化性を向上させることができることも確認された。これ は、合金中のCa,Bi,OがCa₉Bi₁₀O₂₄を生成するためと考 えられる。 著書・論文

鈴木進補 ポーラス金属の産業規格 ぷらすとす,74 (2024),66-71 M. Shiinoki, A. Hirata, S. Suzuki Molecular Dynamics Simulation of Diffusion Behavior in Liquid Sn and Pb Metallurgical and Materials Transactions B, 55 (2024), 278-286 H. Maezawa, C. Tabata, Y. Takata, J. Uzuhashi, T. Ohkubo, T. Yokokawa, H. Harada, K. Kawagishi, S. Suzuki Improvement of Oxidation Resistance for Ni-Base Single Crystal Superalloy TMS-238 by Suppression of Sb Segregation at Oxide/ Substrate Interface Using CaO Metallurgical and Materials Transactions B, 55 (2024), 183-194 C. Tabata, T. Osada, T. Yokokawa, A. Ikeda, K. Kawagishi, S. Suzuki Effect of Solution Heat-Treatment on the Oxidation Resistance of Ni-Base Single-Crystal Superalloy Metallurgical and Materials Transactions A, 12 (2023), 4825-4833 T. Ogura, Y. Wakai, S. Nakano, N. Sato, S. Kajino, S. Suzuki Transition mechanism of melt depth in vacuum during laser powder bed fusion using in-situ X-ray and thermal imaging Progress in Additive Manufacturing, 8 (2023), 1687-1699 S. Takamatsu, T. Arai, A. Sayama, S. Suzuki Characteristics of Pore Morphology in Aluminum Alloy Foams Fabricated by Semi-Solid Route among Multiple Experimental Runs Metals 13 (2023), 1654: 1-16 C. Tabata, K. Kawagishi, T. Yokokawa, J. Uzuhashi, T. Ohkubo, H. Harada, S. Suzuki Effect of Ca Addition on the Oxidation Resistance of Ni-Al Alloy Metallurgical and Materials Transactions A, 54 (2023), 1937-1945 D. Ichikawa, M. Sawada, S. Suzuki The Compression Angle Dependence of the Strength of Porous Metals with Regularly Aligned Directional Pores Materials Transactions, 64 (2023), 2471-2480 M. Sawada, S. Suzuki Prediction of Macroscopic Deformation Bands in Porous Metals with Unidirectional Through-Pores Advanced Engineering Materials, (2023) online available, DOI: 10.1002/adem.202301001. C. Hanada, H. Aoki, Y. Ueda, K. Kadoi, Y. Mabuchi, K. Yoneda, M. Yamada, H. Sato, Y. Watanabe, Y. Harada, S. Ozawa, S. Nakano, C. Koyama, H. Oda, T. Ishikawa, Y. Watanabe, T. Shimaoka, and S. Suzuki Suppression of Bubble Formation in Levitated Molten Samples of Ti6Al4V with TiC for Hetero-3D at the International Space Station (ISS) Int. J. Microgravity Sci. Appl., 40 (2023) 400301. Y. Kobayashi, M. Shiinoki, S. Kato, T. Masaki, S. Suzuki Elimination of Systematic Error in Diffusion Measurement Using In-situ X-ray Fluorescence Analysis for Liquid Alloys Int. J. Microgravity Sci. Appl., 40 (2023) 400403. 講演・発表 Pore morphology of aluminum alloy foam changing with fabrication conditions of semi-solid route 第144回春期大会, 2023/5/13 軽金属学会 Conditions for Suppressing Convection in Impurity Diffusion Measurement of Sn in Liquid Al Using Shear Cell Technique

The 19th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids (DSL2023) 2023/6/27

Accuracy Evaluation of Analytical Method for Repeatable Diffusion Coefficient Measurements in Solution Using Soret Effect The 19th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids (DSL2023) 2023/6/27

Relationship between Fabrication Conditions of Semi-solid Route and Morphology of Aluminum Alloy Foam MetFoam 2023, 2023/7/6

Optimization of pore arrangement to prevent the formation of deformation bands in porous metals with unidirectional pores MetFoam 2023, 2023/7/7

PreFerred Potential による液体 Sn における自己拡散と液体構造の再現 第51回可視化情報シンポジウム, 2023/8/9

plasticity finite element method 5 th AMMM 2023, 2023/9/2
ナノインデンテーションを用いたS界面偏析量の異なるNi-Al単結晶合金における界面強度評価 日本金属学会研究会 "微小領域の力学特性評価とマルチスケールモデリング" 第五回研究会, 2023/8/27
Ni基単結晶超合金TMS-238における溶体化熱処理による均質化の推定 日本金属学会 2023年秋期(第173回)講演大会, 2023/9/22
PreFerred Potentialを用いた分子動力学計算による液体金属の自己拡散係数の算出 材研フェスタ, 2023/10/5
X線透過法を用いたLaser Powder Bed Fusion における金属粉末の溶融挙動解析 材研フェスタ, 2023/10/5
初晶粒子を球状化した Al-Si 合金の初晶粒径とセミソリッド状態保持の影響 軽金属学会 関東支部 第9回若手研究者ポスター発表会, 2023/10/21
シアーセル法と分子動力学計算による液体Pb中の自己および不純物拡散係数 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会,2023/10/25
Soret-Facet ISS 実験で得られた干渉縞の解析手法改善とソーレ係数の温度依存性 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会, 2023/10/25
<i>Hetero-3D</i> でのISS-ELFの高速度カメラを用いたTi6Al4Vの結晶成長速度解析 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会, 2023/10/25
静電浮遊実験における Ti6Al4V の結晶粒微細化シミュレーション 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会, 2023/10/25
静電浮遊炉実験したTi6Al4V 試料内結晶粒の 3 次元構造解析 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会, 2023/10/25
<i>Hetero-3D</i> の静電浮遊実験における Ti6Al4V 中に添加した TiC の溶解現象 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会, 2023/10/26
静電浮遊,電磁浮遊,ガス浮遊におけるヘテロ凝固核TiC添加Ti6Al4Vの結晶粒微細化 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会,2023/10/26
地上での液体金属拡散実験で対流を抑制する <i>Ra</i> 数の条件 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会, 2023/10/26
In-situ濃度観測点増加に伴う液体金属の拡散係数測定法の解析精度 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会, 2023/10/27
<i>Hetero-3D</i> ミッションにおける TiC を添加した Ti 合金試料の ISS-ELF による溶融凝固実験 日本マイクログラビティ応用学会 第35回学術講演会, 2023/10/27
セミソリッド発泡法で雰囲気の酸素濃度を変化させて作製した発泡アルミニウム合金 軽金属学会,2023/10/31
X線透過法を用いたLaser Powder Bed Fusion における純チタン粉末の溶融挙動解析 軽金属学会 第145回秋季大会, 2023/11/12
Solidification Behavior of Ti6Al4V with Heterogeneous Nucleation Site Particles TiC in Different Levitation Methods American Society for Gravitational and Space Research, 2023/11/17
Dissolution Behavior of TiC Heterogeneous Nucleation Site Particles in Ti6Al4V in Electrostatic Levitation Experiments in <i>Hetero-3D</i> American Society for Gravitational and Space Research, 2023/11/17
結晶塑性有限要素法による金属マイクロチューブの空引きにおける内面の表面粗さ推移の模擬 第74回塑性加工連合講演会,2023/11/17
XRDを利用した塑性変形後のIF鋼における転位密度解析の適正化 第74回塑性加工連合講演会, 2023/11/17
チクソキャストおよびレオキャストを用いたセミソリッド状態における Al-Si 合金の球状初晶粒径制御 第74回塑性加工連合講演会,2023/11/18

Effect of solution heat-treatment on the oxidation resistance of Ni-based single crystal superalloy TMS-238 International Gas Turbin Congress 2023, 2023/11/28

方向性気孔を持つポーラス金属の圧縮におけるセル壁同時破断を抑制する気孔配列の解明 日本塑性加工学会 新進部会 若手学生研究交流会, 2024/1/19

MetFoam 2023報告 日本塑性加工学会 ポーラス材料分科会 2023年度研究討論会 2024/2/22(招待)