

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：13903

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18822

研究課題名（和文）単結晶を用いたモデル化によるショットピーニングの学理究明

研究課題名（英文）Study on deformation mechanism of shot-peening by modeling with single crystals

研究代表者

佐藤 尚（Sato, Hisashi）

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：50402649

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、単結晶あるいは粗大な結晶粒を有する試料を用いて、「金属材料へのショットピーニング(SP)で生じる加工表面の結晶学的集合組織の形成過程」および「鉄合金へのSPに伴う加工表面近傍の相安定性変化の発現要因」を究明することを目的とした。その結果、金属材料へのSPによって、加工表面の結晶粒が微細化した後、加工表面に繊維集合組織が形成することが分かった。また、この集合組織はSPに伴う単軸圧縮変形とその時の安定結晶方位によって決定することも明らかとなった。さらに、鉄合金へのSPによって生じる加工表面近傍の相変態温度の低下は、SPで生じる静水圧圧縮残留応力に起因して発生することが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ショットピーニング(SP)に関する材料科学的知見は、従来、巨大ひずみ加工による結晶粒微細化のみであった。そのため、「SPで形成する結晶学的集合組織」や「圧縮残留応力の発生に伴う相安定性の変化」に関する学術的考察は皆無であった。本研究は、これらの現象を体系的に整理し、その発現要因を結晶学および材料組織学に基づいて究明している。本研究は、その点でSPの学術的素性を明らかにしている。さらに、本研究で得られた知見は、表面結晶方位分布の制御法や鉄合金の表面相変態温度の制御法としてのSPの新たな活用分野を展開しており、その点で社会的意義を有する。

研究成果の概要（英文）：“The formation process of crystallographic texture by shot-peening (SP) for metallic materials” and “the cause of the change in phase stability around the peened surface by SP for the Fe alloy” were investigated using the single crystal samples or the polycrystalline samples with coarse grains. It was found that SP for the metallic materials causes grain refinement around the peened surface, followed by the formation of the fiber texture on the peened surface. The type of this fiber texture can be explained by the uniaxial compressive deformation during the SP and the stable crystal orientation at that time. Furthermore, it was found that the decrease in the phase transformation temperature around the peened surface by SP for the Fe alloy is due to the hydrostatic compressive residual stress caused by SP.

研究分野：構造機能材料

キーワード：ショットピーニング 表層巨大ひずみ加工 集合組織 相変態 単結晶

### 1. 研究開始当初の背景

ショットピーニング(SP)は、無数の硬質粒子を金属表面に高速度で衝突させることで、材料表面に圧縮残留応力を付与し、材料の疲労強度、表面硬さおよび耐腐食性の改善を図る技術として工業的に広く用いられている。しかし、SPは、古くから学術研究や工業生産で利用されているにも関わらず、疲労強度改善などの”手段”としてのみ用いられてきた。そのため、SPで生じる加工組織の形成過程や圧縮残留応力に伴う相安定性の変化といった“SPの学理”は不明であった。

研究代表者らは、純鉄粉にボールミリングによる粉砕加工を施すことで、偏平状鉄粉の板面が{001}および{111}に揃った{001}+{111}二重繊維集合組織が得られることを見出した [1]。そこで、研究代表者らは、SPと粉砕の共通点を検討した結果、両者とも硬質粒子(球)を材料表面に打ちつけて加工を施す“衝撃を伴う巨大ひずみ加工”であることに気がつき、SPでも同様の繊維集合組織が得られることを考えた。その結果、純FeへのSPによって粉砕加工と同様の{001}+{111}二重繊維集合組織が得られることが明らかとなった。しかし、多結晶試料に生じる変形挙動が複雑であるため、SPに伴う塑性変形メカニズムの究明までは至らなかった。

さらに、研究代表者らは、オーステナイト相( $\gamma$ )のみを持つFe-33%Ni合金およびマルテンサイト相( $\alpha'$ )を多く有するFe-33%Ni合金に対してショットピーニングを施したときの $\gamma$ 体積分率変化を調査した(図1)。その結果、前者の試料には加工誘起マルテンサイト変態が生じているが、後者の試料には加工誘起逆変態が生じていた。SPにて加工誘起マルテンサイト変態が生じることは良く知られているが、SPによって加工誘起逆変態が生じることは報告されていない。研究代表者らは、SPによる加工誘起逆変態の発現要因の一つとして、熱力学の観点から圧縮残留応力の付与に伴う相変態温度の低下を考えた。しかし、SPの現象が複雑であるため、その決定的な発現要因の究明には至っていない。

SPにて生じる塑性変形過程や特異な相変態の発現要因の究明が困難な理由の一つには、多結晶試料を用いていた点にある。そのため、単結晶を用いた試験を行うことで、現象を単純化することが可能であり、これらの特異現象の本質的な発現要因の究明を期待することができる。

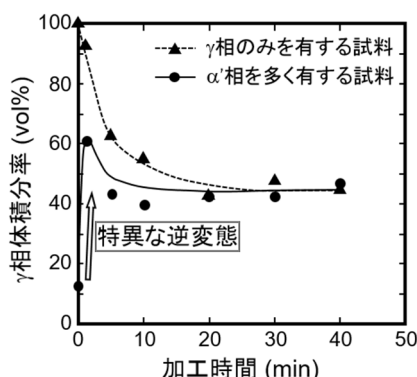


図1 Fe-33%Ni合金へのSPに伴う $\gamma$ 相体積分率の変化。 $\alpha'$ 相を多く有する試料では、SP開始直後に逆変態が生じている。

### 2. 研究の目的

本研究では、表層巨大ひずみ加工の一つであるSPに着目し、それによって生じる加工表面近傍の結晶学的集合組織の形成過程や相安定性の変化を究明することを目的とする。それを達成するため、単結晶あるいは粗大粒からなる試料を用いてSPで生じる現象を単純化する。その際、SPに伴う残留応力分布や微細組織の変化を詳細に調べ、SPによる“加工表面の結晶学的集合組織の形成過程”および“加工表面組織の相安定性変化の発現要因”を明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) SPによる加工表面の結晶学的集合組織の形成過程

本研究では、供試材として純Cu単結晶、純Fe圧延板、純Al圧延板およびAl-10mass%Mg合金圧延板を用いた。また、粗大な結晶粒を得るため、純Fe圧延板に対して熱処理に施した。

その後、作製した試料に対して種々の条件にてSPを施し、加工表面に対して深さ約10 $\mu$ mだけ機械研磨および腐食研磨を施し、組織観察および結晶方位解析に供した。なお、本研究では、組織観察を走査型電子顕微鏡(FE-SEM)および結晶方位解析を電子線後方散乱回折(EBSD)法にて行った。そして、得られた結果に基づいて、SPにて形成する結晶学的集合組織の形成過程について検討した。

(2) SP で生じる加工表面近傍の相安定性変化の発現要因究明

旧 $\gamma$ 結晶粒径が約 200  $\mu\text{m}$  である Fe-33 mass%Ni 合金にサブゼロ処理を施し、 $\alpha'$ 相を多く持つ Fe-33 mass%Ni 合金試料を作製する．それに対して投射圧力 0.2 MPa あるいは 0.6 MPa で 30 min の SP を施した後、任意の温度での熱処理と X 線回折法(XRD)による $\gamma$ 相体積分率の測定を繰り返すことで、加工表面の逆変態開始温度( $A_s$  点)を測定する．それによって、SP に伴う  $A_s$  点の変化を明らかにし、その発現要因を熱力学の観点から議論する．

4. 研究成果

(1) SP による加工表面の結晶学的集合組織の形成過程

純 Cu 単結晶を用いた SP による結晶学的集合組織の形成過程の究明

本研究では、表面に $\{001\}$ 面、 $\{110\}$ 面あるいは $\{111\}$ 面を有する純 Cu 単結晶に対して種々の条件で SP を施し、加工表面に形成する結晶学的集合組織について調査した．図 2(a), (b)および(c)は、それぞれ加工前の表面に $\{001\}$ 面、 $\{110\}$ 面および $\{111\}$ 面を持つ純 Cu 単結晶試料に SP を施した後の加工表面における逆極点図(IPF)マップである．SP の条件は、投射圧力 0.2 MPa および投射時間 60 s とした．これらの図から分かるように、すべての試料において、SP による結晶粒微細化が生じていた．図 3 は、これらの SP 後の試料における加工表面の(001), (110)および(111)極点図である．これらの極点図から、すべての試料において、Cu の $\langle 011 \rangle$ 方向と加工面法線方向が平行になった $\{110\}$ 繊維集合組織が形成していた．すなわち、純 Cu への SP で得られる結晶学的集合組織は、初期の結晶面方位に関わらず $\{110\}$ 繊維集合組織となることを意味する．この $\{110\}$ 繊維集合組織は、純 Cu 多結晶への SP で得られる集合組織と同じである [2]．また、結果を示していないが、この純 Cu 単結晶に形成する $\{110\}$ 繊維集合組織は、SP による結晶粒微細化が生じた後に形成していた．これらの実験結果に基づいて純 Cu への SP で形成する $\{110\}$ 繊維集合組織の形成過程を検討した結果、以下のように結論づけた．

- (1) 純 Cu への SP に伴って結晶粒が微細化する．
- (2) 結晶粒が微細化した後、周囲の結晶粒に拘束された状態で SP による単軸圧縮変形が発生し、安定方位である $\{110\}$ 面が加工表面に配向分布する．これは、fcc 金属の単軸圧縮変形において $\{110\}$ 面が最も Taylor 因子が高くなるためである．

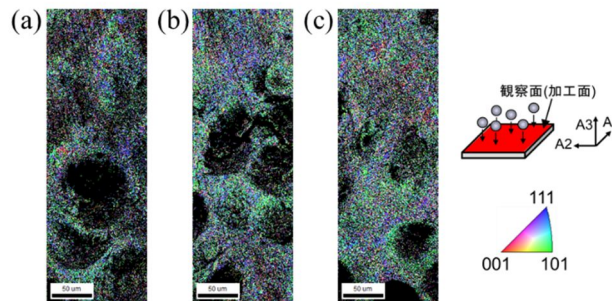


図 2 SP を施した純 Cu 単結晶における加工表面の IPF マップ:

(a) 初期結晶面方位:  $\{001\}$ , (b) 初期結晶面方位:  $\{110\}$ , (c) 初期結晶面方位:  $\{111\}$  .

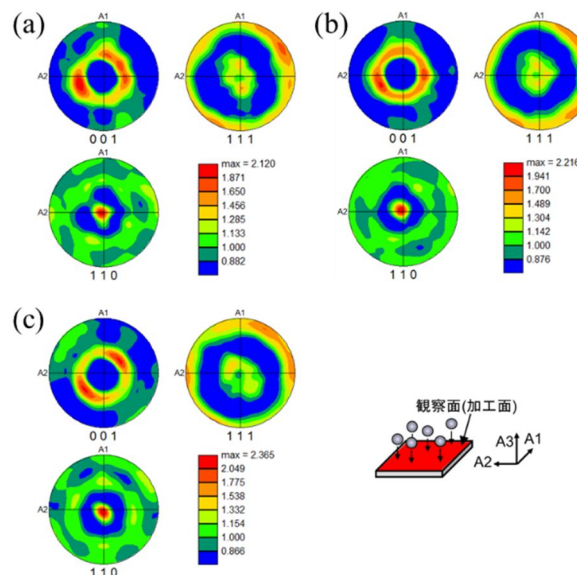


図 3 SP を施した純 Cu 単結晶における加工表面の(001), (110)および(111)極点図:

(a) 初期結晶面方位:  $\{001\}$ , (b) 初期結晶面方位:  $\{110\}$ , (c) 初期結晶面方位:  $\{111\}$  .

## 粗大な結晶粒を持つ純 Fe 試料への SP に伴う結晶学的集合組織の形成過程

本研究では、純 Fe 圧延板への熱処理によって、結晶粒径が 223  $\mu\text{m}$  である粗大粒を有する純 Fe 試料を作製した。その後、SP 前後における結晶方位分布の変化を同一視野観察にて調べた。その結果、SP 前の結晶面方位に関わらず、すべての SP 後の試料加工表面には Fe の $\langle 001 \rangle$ 方向と $\langle 111 \rangle$ 方向が加工面法線方向に平行になった $\{001\} + \{111\}$ 二重繊維集合組織が観察された。すなわち、純 Fe への SP で形成する結晶学的集合組織は SP 前の結晶面方位に依存しない。さらに、SP の投射時間に伴う結晶学的集合組織の変化を調べた結果、純 Cu 単結晶への SP と同様に、結晶粒微細化が完了した後に $\{001\} + \{111\}$ 二重繊維集合組織が形成し始めることも明らかとなった。ゆえに、この結果からも、SP で形成する繊維集合組織は、周囲の結晶粒に拘束された状態で SP による単軸圧縮変形が生じることで形成することがいえる。

## Al 合金への SP で形成する結晶学的集合組織に及ぼす積層欠陥エネルギーの影響

Al-Mg 合金は、Mg 濃度が高くなるにつれて積層欠陥エネルギー(SFE)が低くなることが知られている。本研究では、純 Al および Al-10 mass%Mg 合金への SP にて形成する結晶学的集合組織を調査し、SFE が純 Al および Al 合金への SP で形成する結晶学的集合組織に及ぼす影響について検討した。

本研究で用いた純 Al 圧延板および Al-10 mass%Mg 合金圧延板は、典型的な圧延集合組織を有していた。これらの圧延板に対して投射圧 0.2 MPa および投射時間 14 min の条件で SP を施した。図 4(a)および(b)は、それぞれ SP を施した純 Al および Al-10 mass%Mg 合金の極点図である。図 4(a)から分かるように、純 Al の SP 加工表面では、Al の $\langle 001 \rangle$ 方向と $\langle 111 \rangle$ 方向が加工面法線方向に平行となる $\{001\} + \{111\}$ 二重繊維集合組織が形成していた。一方、SFE が小さい Al-10 mass%Mg 合金に SP を施すと、 $\langle 011 \rangle$ 方向と加工面法線方向が平行となる $\{110\}$ 繊維集合組織が得られた(図 4 (b))。過去の研究において、Al-10 mass%Mg 合金と同程度の SFE を持つ純 Cu に SP を施すと、今回の Al-10 mass%Mg 合金の結果と同様に $\{110\}$ 繊維集合組織が得られることが分かっている[2]。さらに、Jamaati と Toroghinejad は、重ね合わせ圧延(ARB)にて形成する結晶学的集合組織が SFE に依存することを見出している[3]。よって、SP を施した純アルミニウムと Al-10 mass%Mg 合金の結晶学的集合組織の違いは、SFE の違いに起因するといえる。

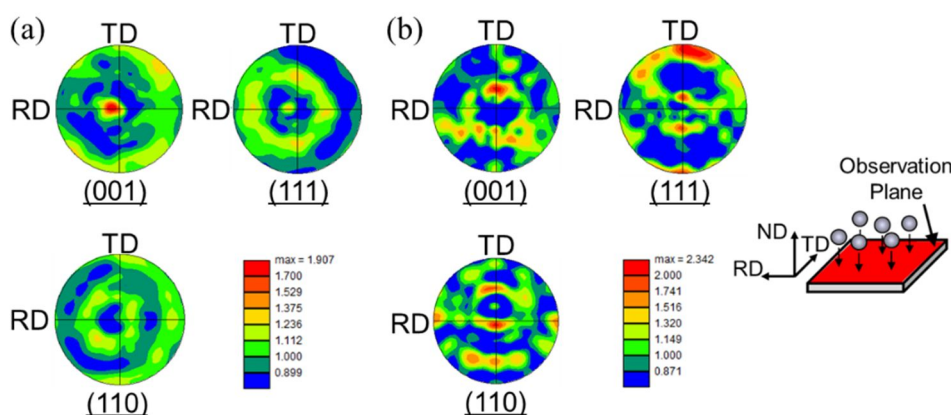


図 4 SP を施した(a)純 Al および(b)Al-10 mass%Mg 合金の加工表面における(001)、(110)および(111)極点図。

## (2) SP で生じる加工表面近傍の相安定性変化の発現要因究明

### Fe-33 mass%Ni 合金への SP に伴う $A_s$ 点の変化

図 5 は、SP を施した Fe-33%Ni 合金の熱処理温度と熱処理後の $\gamma$ 体積分率を示している。SP を施していない Fe-33%Ni 合金の  $A_s$  点は 200 であった。図 5 から分かるように、投射圧力 0.6 MPa で SP を施した試料の $\gamma$ 体積分率は 150 ~ 160 で増加し始めており、この温度域に  $A_s$  点が存在する。一方、投射圧力 0.2 MPa で SP を施した試料では 180 ~ 190 で $\gamma$ 体積分率が増加した。一般的に、投射圧力が高くなると、加工表面近傍に生じる圧縮残留応力は大きくなる。よって、Fe-33%Ni 合金は SP にて導入される圧縮残留応力が高くなるほど  $A_s$  点が低くなる。過去の研究において、静水圧圧縮応力が印加されると Fe-Ni 合金のマルテンサイト変態開始温度や  $T_0$  点が低下することが報告されている[4]。そのため、SP に伴う相変態温度の低下は、SP にて生じた圧縮残留応力に起因することがいえる。

しかしながら、SP で生じる圧縮残留応力の測定は一般的に XRD にて行われている。そのため、その圧縮残留応力の応力成分は不明である。本研究では、次節にて、SP を施した純 Cu 単結晶を用いて、SP で生じる圧縮残留応力の応力成分を測定した。

純 Cu 単結晶への SP で生じた加工表面近傍の残留応力分布の可視化

本研究では、表面に{110}面を有する純 Cu 単結晶に対して、投射圧 0.2 MPa で 15 s の SP を施し、表面加工層直下における残留応力の応力成分を EBSD-Wilkinson 法にて測定した。その結果、表面加工層直下における垂直応力成分は、せん断応力成分に比べて大きいことが明らかとなった。すなわち、SP で生じる圧縮残留応力成分は静水圧応力成分が大きいといえる。

よって、前項にて得られた SP による Fe-33 mass%Ni 合金の相変態温度変化は、SP にて生じた静水圧圧縮応力に起因することが明らかとなった。

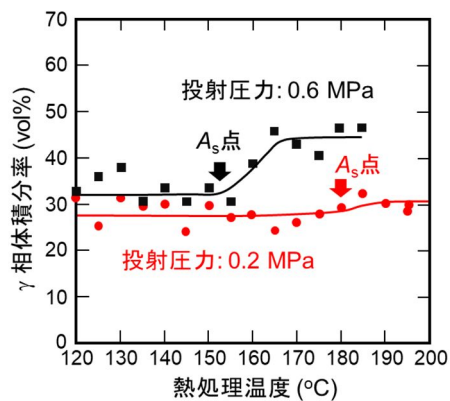


図 5 SP を施した Fe-33%Ni 合金の熱処理温度と熱処理後のγ体積分率との関係。

#### 参考文献

- [1] S. Motozuka, T. Ikeda, T. Miyagawa, H. Sato and M. Morinaga: Powder Technol., **321** (2017), pp. 9-12.
- [2] H. Sato, Y. Ito, G. Kalita and Y. Watanabe: Phys. Status Solidi, **259** (2022), pp. 2100550 (10 pages).
- [3] R. Jamaati, M. R. Toroghinejad: Mater. Sci. Eng. A, **598** (2014), pp. 263-276.
- [4] J. R. Patel, M. Cohen: Acta Metall., **1** (1953), pp. 531-538.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hisashi Sato, Mami Mihara-Narita, Yoshimi Watanabe, Satoshi Motozuka	4. 巻 1106
2. 論文標題 Crystallographic Textures of Al and Al-Mg Alloy Formed by Shot-Peening	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 41 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/p-0M1w3U	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤尚, 岩坂彩子	4. 巻 69
2. 論文標題 電子線後方散乱回折法による微小金属試験片の 材料組織評価技術	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 材料試験技術	6. 最初と最後の頁 52 ~ 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hisashi Sato, Takayuki Nishiura, Tomokazu Moritani, Yoshimi Watanabe	4. 巻 462
2. 論文標題 Atypical phase transformation behavior of Fe-33%Ni alloys induced by shot peening	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Surface and Coatings Technology	6. 最初と最後の頁 129470 ~ 129470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.surfcoat.2023.129470	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuji Nakagawara, Hisashi Sato, Tomokazu Moritani, Yoshimi Watanabe	4. 巻 259
2. 論文標題 Effects of strain induced cyclic transformation on the microstructure of the peened surface of SUS 304 austenitic stainless steel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physica Status Solidi (b)	6. 最初と最後の頁 2100603 ~ 2100603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.202100603	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hisashi Sato, Yuya Ito, Golap Kalita, Yoshimi Watanabe	4. 巻 259
2. 論文標題 Crystallographic texture and applications of pure Cu formed by shot peening	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 physica status solidi (b)	6. 最初と最後の頁 2100550 ~ 2100550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pssb.202100550	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 佐藤尚
2. 発表標題 金属材料の組織解析 ~ 試料作製から観察まで ~
3. 学会等名 アルミニウム合金のひずみ速度感受性モデル化研究部会 第6回部会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤尚, 伊藤祐哉, 渡辺義見
2. 発表標題 ショットピーニングを施した純Cuの加工表層における結晶学的集合組織の傾斜分布
3. 学会等名 第32回傾斜機能材料国内シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森下泰智, 佐藤尚, 森谷智一, 渡辺義見, 本塚智
2. 発表標題 ショットピーニングを施した純鉄の再結晶集合組織に及ぼす板厚の影響
3. 学会等名 日本金属学会 第173回講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 樹神海斗, 佐藤尚, 森谷智一, 渡辺義見
2. 発表標題 ショットピーニングを施した純鉄圧延板における再結晶挙動のその場加熱観察
3. 学会等名 材料フォーラムTOKAI
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森下泰智, 佐藤尚, 森谷智一, 渡辺義見
2. 発表標題 純鉄圧延板へのショットピーニングに伴う加工変質層の組織形成過程
3. 学会等名 材料フォーラムTOKAI
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤尚, 成田麻未, 渡辺義見, 本塚智
2. 発表標題 アルミニウム合金へのショットピーニングで形成する集合組織に及ぼす積層欠陥エネルギーの影響
3. 学会等名 軽金属学会第145回秋期大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hisashi Sato, Makoto Kikkou, Yoshimi Watanabe
2. 発表標題 Local Strain Distribution and Microstructure around Al <sub>3</sub> Ti Platelet Particle in Al-Al <sub>3</sub> Ti Composite
3. 学会等名 The 11th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 佐藤尚, 渡辺義見
2. 発表標題 Al-Al3Ti結晶粒微細化剤におけるAl3Tiヘテロ凝固核の電子線後方散乱回折法を用いた相界面組織評価
3. 学会等名 日本金属学会 春期(第174回)講演大会, 材料機能特性のアーキテクチャー構築シンポジウムV(招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 佐藤尚, 岩坂彩子
2. 発表標題 電子線後方散乱回折法による微小金属試験片の材料組織評価技術
3. 学会等名 第298回材料試験技術シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 佐藤尚
2. 発表標題 ショットピーニングを活用した金属材料の表面結晶方位分布制御
3. 学会等名 日本熱処理技術協会 第97回(2024年春季)講演大会(招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Kaito Kotama, Hisashi Sato, Yoshimi Watanabe, Satoshi Motozuka
2. 発表標題 In-situ observation of recrystallization behavior of shot-peened pure iron by using electron backscattered diffraction
3. 学会等名 20th International Conference on Texture of Materials (ICOTOM 20)(国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Hisashi Sato, Fumiya Ogura, Hidetoshi Miyazaki, Yoshimi Watanabe
2. 発表標題 Crystallographic texture of pure Cu single crystal sheets formed by shot-peening
3. 学会等名 20th International Conference on Texture of Materials (ICOTOM 20) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Hisashi Sato, Mami Mihara-Narita, Yoshimi Watanabe, Satoshi Motozuka
2. 発表標題 Crystallographic Textures of Al and Al-Mg Alloy Formed by Shot-Peening
3. 学会等名 International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials, Processing, Fabrication, Properties, Applications (Thermec 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hisashi Sato, Hiroyuki Hayashi, Motoko Yamada, Yoshimi Watanabe
2. 発表標題 Temperature Dependence for Formation Behavior of Nanocrystallized Layer in Pure Cu by Sliding Wear
3. 学会等名 24th International Conference on Wear of Materials (Wear of Materials 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤尚, 本塚智, 渡辺義見
2. 発表標題 ショットピーニングと熱処理を施した純Feの結晶学的集合組織と磁気特性
3. 学会等名 日本鉄鋼協会 2023年春季(第185回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松田優矢, 佐藤尚, 森谷智一, 渡辺義見, 本塚智
2. 発表標題 異なる初期結晶粒径を有する純Feへのショットピーニングにて形成する結晶学的集合組織
3. 学会等名 日本鉄鋼協会・日本金属学会東海支部 第32回 材料フォーラムTOKAI
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻井彩香, 佐藤尚
2. 発表標題 ショットピーニングにて形成するFe-33%Ni合金およびFe-28%Ni-20%Co合金の加工表面組織の相安定性評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会・日本金属学会東海支部 第32回 材料フォーラムTOKAI
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松田優矢, 佐藤尚, 森谷智一, 渡辺義見, 本塚智
2. 発表標題 ショットピーニングを施した純Feの結晶学的集合組織に及ぼす初期結晶粒径の影響
3. 学会等名 日本鉄鋼学会 2022年秋季(第184回) 講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤尚, 伊藤祐哉, 森谷智一, 渡辺義見
2. 発表標題 ショットピーニングを施した純Cuの集合組織に及ぼす焼鈍処理の影響
3. 学会等名 日本金属学会 2022年秋期(第171回) 講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤尚, 伊藤祐哉, 成田麻未, 森谷智一, 渡辺義見
2. 発表標題 純Cuへのショットピーニングに伴う集合組織形成過程
3. 学会等名 日本金属学会 2022年春期 (第170回) 講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hisashi Sato, Takuto Tominaga, Tomokazu Moritani, Yoshimi Watanabe
2. 発表標題 Effects of volume change by phase transformation on reverse transformation induced by shot-peening for Fe alloys
3. 学会等名 International Conference on Martensitic Transformation (ICOMAT2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤祐哉, 佐藤尚, 成田麻未, 森谷智一, 渡辺義見
2. 発表標題 純Cuへのショットピーニングに伴う結晶学的集合組織の形成過程
3. 学会等名 材料フォーラムTOKAI (オンライン開催)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuya Ito, Hisashi Sato, Mami Mihara-Narita, Tomokazu Moritani and Yoshimi Watanabe
2. 発表標題 Formation process of crystallographic texture in pure Cu deformed by shot-peening
3. 学会等名 The 6th International Conference on Advanced Functional Materials (ICAFM 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	宮崎 秀俊  (Miyazaki Hidetoshi)  (10548960)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授   (13903)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------