



TOHOKU
UNIVERSITY



Research

東北大学金属材料研究所 加工プロセス工学研究部門 千葉研究室

共用設備：電子ビーム積層造形装置

設置場所：金属材料研究所加工プロセス工学研究部門

東北大学金属材料研究所 研究部門

2012.5 現在

材料物性研究部

金属物性論研究部門

[Gerrit Ernst-Wilhelm Bauer 教授]

結晶物理学研究部門[新家光雄 教授(兼)]

磁気物理学研究部門[野尻浩之 教授]

量子表面界面科学研究部門[齊藤英治 教授]

低温物理学研究部門[小林典男 教授]

低温電子物性学研究部門[佐々木孝彦 教授]

量子ビーム金属物理学研究部門

[山田 教授(兼)]

材料設計研究部

結晶欠陥物性学研究部門[米永一郎 教授]

金属組織制御学研究部門[古原忠 教授]

計算材料学研究部門[高梨弘毅 教授(兼)]

材料照射工学研究部門[永井康介 教授]

原子力材料物性学研究部門[四竈樹男 教授]

原子力材料工学研究部門[阿部弘亨 教授]

電子材料物性学研究部門[松岡 隆志 教授]

物質創製研究部

ランダム構造物質学研究部門[杉山 和正 教授]

生体材料学研究部門[新家 光雄 教授]

超構造薄膜化学研究部門[新家 光雄 教授(兼)]

非平衡物質工学研究部門[加藤 秀実 准教授]

磁性材料学研究部門[高梨 弘毅 教授]

結晶材料化学研究部門[宇田 聡 教授]

水素機能材料工学研究部門[折茂 慎一 教授]

先端結晶工学研究部[吉川 彰 教授]

材料プロセス・評価研究部

複合機能材料学研究部門[後藤 孝 教授]

加工プロセス工学研究部門[千葉 晶彦 教授]※

放射線金属化学研究部門[四竈 樹男 教授(兼)]

分析科学研究部門[我妻 和明 教授]

先端分析研究部門[今野 豊彦 教授]

材料プロセス評価学研究部門[藤田 全基 准教授]

・研究部門

・附属研究施設・共同研究センター

・研究センター

・研究支援組織

・関連組織

※千葉研は、教職員・院生で40人を超える

予算:62億円、人員550人

加工プロセス工学研究部門 研究室 紹介

金属系先端材料科学から“ものづくり”まで直結した研究開発

新規な高機能構造材料

ターゲット

エネルギー製造用材料, 省エネルギー材料, 環境負荷軽減材料, 生体材料

塑性加工・熱処理プロセス

冷間・熱間鍛造加工, 超塑性加工
圧延加工, 伸線加工, ホットプレス

最新鋭の加工プロセッシング

電子ビーム積層造形法, プラズマ焼結法
プラズマ回転電極法

最新の分析解析技術, Phase-Field法

マクロ・ミクロ・ナノ組織変化を系統的に調査・解析
組織と特性との関係の体系化

先進材料の特性発現のメカニズムを材料科学的に解明

個々の材料に対して最も優れた特性を引き出す
組織形成のための加工プロセスの確立, 新材料の創製に関する研究

千葉研究室：研究MAP

3本柱

Co-Cr合金

Ti合金

耐熱合金

材料強度学
金属組織学
粉末冶金学
塑性加工学

(組織制御とFEM解析による鍛造方法最適化法)
インテリジェント鍛造法開発

フェイズフィールド法

凝固シミュレーション
EBM法

生体，一般

航空機，自動車

航空機，耐熱部材

<新分野>

EBMメタラジの開拓

→ AI合金，高融点金属への応用
生体，一般，航空機，自動車

現象，メカニズムが明確化

応用にフィードバック

一般工業用材料への応用

鉄鋼，Mg合金，Cu合金

一般・自動車

<研究コンセプト>

- ・ものづくりに直結する研究
- ・新規プロセス，新規材料の開発・提案

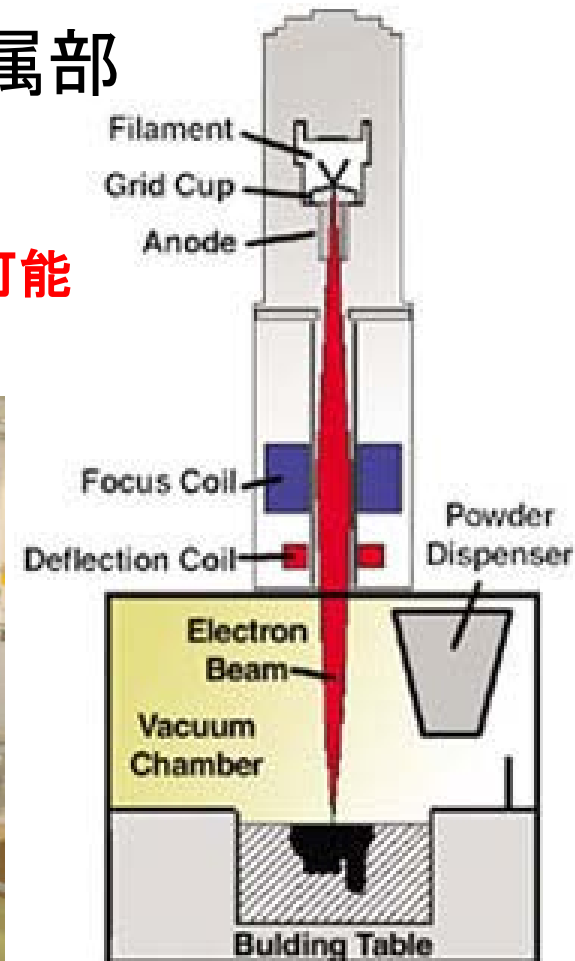
基礎研究

電子ビーム積層造形技術の紹介

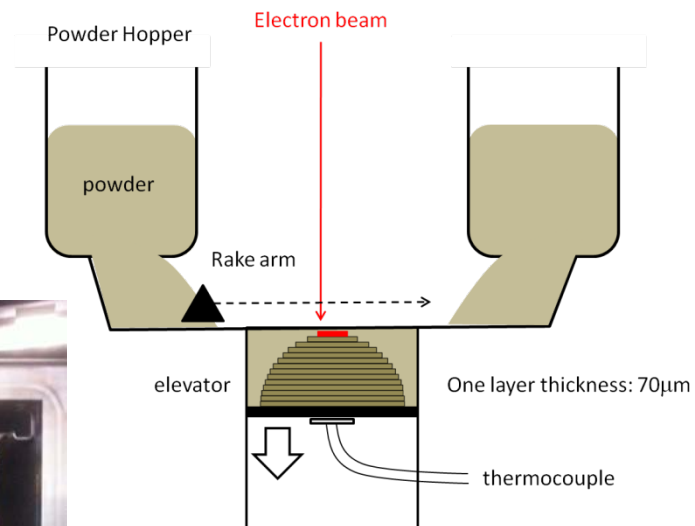
Electron Beam Melting (EBM)

電子ビーム積層造形(EBM)とは、電子ビームにより高速で金属粉末を溶解し、凝固させて金属部品を作製する技術。

金型を使用しないで複雑形状の(内部構造を有する)造形が可能



Arcam製EBM -A2Xの外観



チャンバー内部の概略図



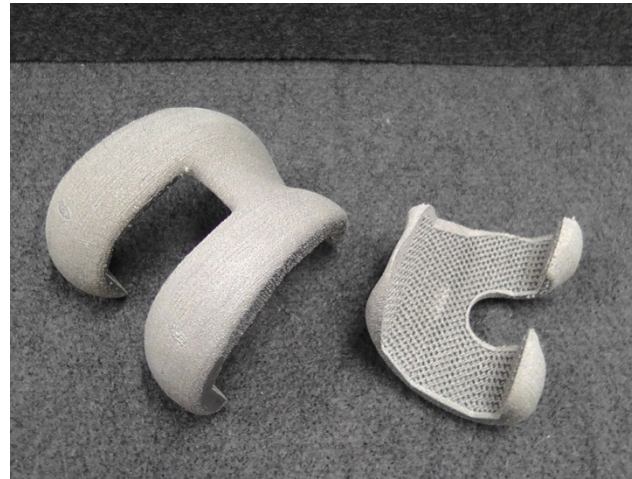
チャンバー内部

EBM 造形品例

CoCrMo合金製人工股関節



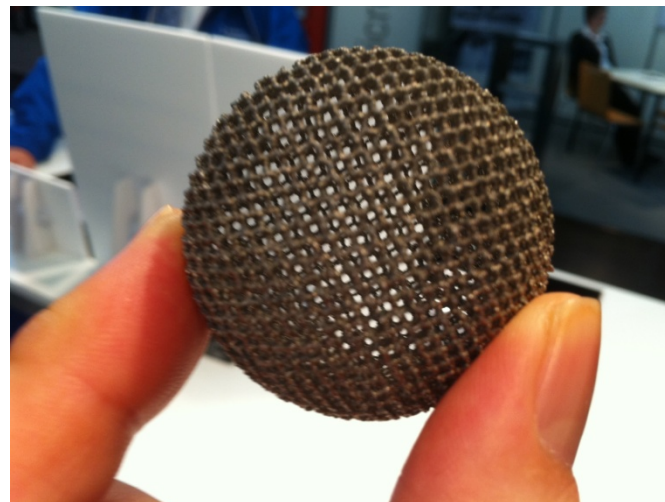
CoCrMo合金製人工膝関節



CoCrMo合金製鎖帷子

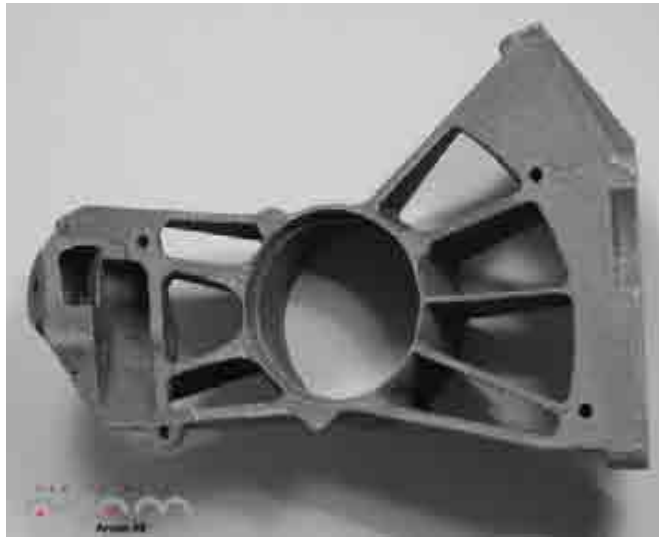


チタン合金製 (Ti-6Al-4V合金メッシュボール)



EBM 造形品

自動車部品



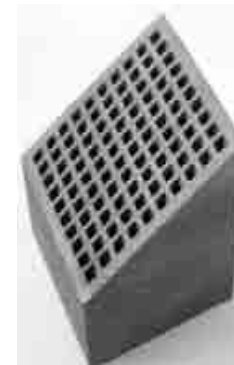
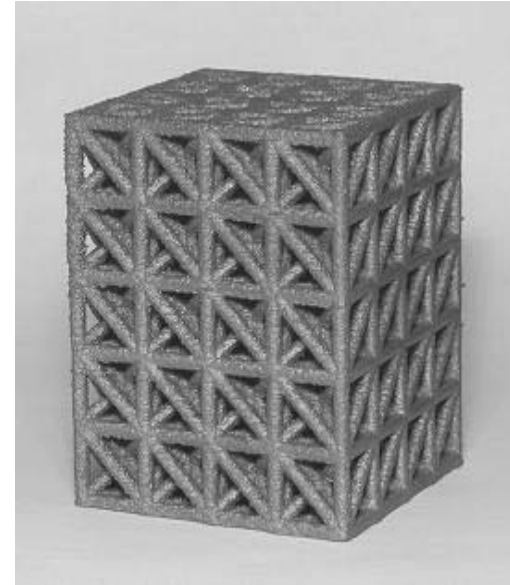
EBM 造形品

航空・宇宙関連部品



格子・セル構造(超ハニカム)

負のポアッソン比を持つ構造体



EBM :レーザーへの優位性

	電子ビーム積層造形		レーザー積層造形
装置名	ARCAM社:EBM A2		EOS社:EOSINT M 280
熱源	電子ビーム (Wフィラメント)		Yb-fibre レーザー
造形可能サイズ (WxDxH)	200x200x350		250x250x325
最大出力 ¹	3500 W	高出力	400 W
ビーム径	0.2-1.0 mm		0.1-0.5 mm
最大スキャン速度 ²	8000 m/s	高速造形	7 m/s
造形速度 ²	15-22 mm ³ /s		2-8 mm ³ /s
造形雰囲気 ³	高真空(10^{-5} mbar)後 Heガス導入(10^{-3} mbar)	真空造形	(Ar or N ₂)ガス置換
予備加熱温度 ⁴	(0.5-0.8) T _m (T _m :融点(K))	予備加熱	~90 °C

[EBMを用いた優位点]

1. 高出力:高融点合金にも適応可能であり, 溶け残りの心配がない(密度100%).
2. 高速造形:造形時間および工程時間の短縮.
3. 高真空中での造形:造形過程での酸化が少なく, 高強度の製品が造形可能
(活性な金属材料でも造形が可能).
1. 予備加熱プロセス:造形による残留熱ひずみの緩和で薄物製品の造形が可能.
最小限のサポートで材料の節約および工程時間の短縮.

EBM積層造形後の金属組織の主な特徴

- ・粉末粒径に依存するが、数10 μ mの厚さの層領域を**急速加熱・急速凝固**させるため、造形物全体に**微細な析出物の分散**が可能。
- ・**一方向凝固組織**が得られる。造形条件（電子ビームスキャン法、粉末粒径、予備加熱など）の最適化により**単結晶**が得られる可能性がある。
- ・凝固組織のみで鍛造組織と同等の力学特性を示す（合金により様々）



EBMメタラジー



IMR

TOHOKU UNIVERSITY

Institute for Materials Research, Tohoku University

千葉研究室：設備 2012.7現在

合金試料作製

アルゴンアーク溶解炉

高周波真空誘導溶解炉

光学式浮遊帯域溶解炉

プラズマ回転電極粉末作製装置

恒温鍛造(ホットプレス)装置

遊星ボールミリング装置

SPS粉末焼結炉(共通)

電子ビーム(EBM)積層造形装置

試験片加工

ワイヤ放電加工機(2台)

5軸マシニングセンター(DMG)

イオンミリング

ディンプルグラインダー

クリスタルカッター

熱処理・塑性加工

異周速ロール圧延機

2段・4段圧延機(共通)

300トン油圧サーボプレス機

スウェージ加工機

熱間線引き加工機(水冷可)

ハンマ鍛造機(1/4トン)

マッフル炉(大気炉)

超高温真空熱処理炉

温度制御型赤外線イメージ炉

長尺(2.5m)真空熱処理炉

水素還元熱処理炉

示差走査熱量測定装置

弾性率測定機(1300℃)

腐食試験機

粉末粒度分布計

評価機器

X線回折装置

ラウエX線回折装置

FE-SEM/EBSD組織観察・解析装置

共焦点レーザー顕微鏡

光学顕微鏡

エリクセン試験機

マイクロビッカース硬度計

ピンオンディスク摩耗試験機(2台)

ISO準拠人工股関節摩耗シミュレーター

接触型粗さ試験機

3次元形状測定器

超高温雰囲気可変疲労試験機(2台)

超高温雰囲気可変引張・圧縮試験機

高温引張り試験機(大気炉)

熱サイクル疲労試験機

高サイクル疲労試験機

小野式高温回転曲げ疲労試験機

クリープラブチャー試験機(2台)

熱間加工再現試験機(Thermec-masterZ)



IMR 2012

加工プロセス工学研究部門

DEFORMATION PROCESSING



教授
千葉 晶彦
Prof.
Akihiko CHIBA



准教授
小泉 雄一郎
Assoc. Prof.
Yuichiro KOIZUMI



助教
松本 洋明
Assist. Prof.
Hiroaki MATSUMOTO

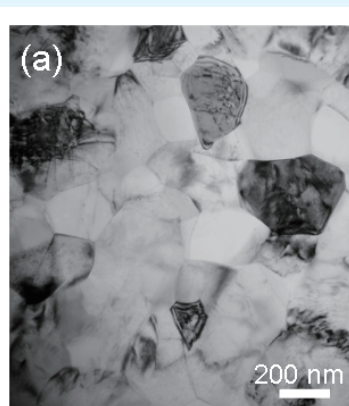


助教
李 云平
Assist. Prof.
Yunping LI

塑性加工プロセスによる高機能構造材料研究開発の新展開

エネルギー製造用材料、省エネルギー材料、環境負荷低減材料、生体材料などの新規な高機能構造材料の研究開発が人類社会の持続的発展のために必要不可欠です。当研究室では、冷間・熱間鍛造加工、超塑性加工、圧延加工、スエージ加工、伸線加工、ホットプレスなどの塑性加工・熱処理によって材料内部に形成されるマクロ、ミクロおよびナノ組織変化を系統的に調査・解析し、組織と特性との関係の体系化を目指しています。最適な組織制御を実現するために熱間鍛造条件の定量評価が重要です。当部門では動的材料モデルに基づき、各種実用合金の Processing Map を高精度に作成する方法について研究を行っています。また、前記加工法に加えて、電子ビーム (EBM) 積層造形法、プラズマ焼結法、プラズマ回転電極法など種々の最新鋭の加工プロセスを利用することにより、航空・宇宙用エンジン材料、自動車用軽量高強度・耐熱材料、高融点材料、及び長寿命人工関節・メタリックステントなどの金属系生体材料の開発を行っています。最新の分析解析技術や Phase-Field 法などのシミュレーション技術を駆使して、これら先進材料の特性発現のメカニズムを材料科学的に解明するとともに、得られた結果に基づいて個々の材料に対して最も優れた特性を引き出す組織形成のための加工プロセスの確立と、新材料の創製に関する研究を行っています。

In order to maintain the sustainable development of the society for human being, it is of crucial importance to develop the new types of highly-functional structural materials such as energy-generating and -saving materials, environment load-reducing materials, and biomaterials. In our laboratory, we are aiming at systematizing the relationship between microstructures and properties of the materials through the systematic examination and analyses for macro-, micro- and nano-structures evolved during the plastic deformation concomitant with heat-treatment, i.e., the cold- and hot-forging, rolling, swaging, wire-drawing, and hot-pressing. Simultaneously, with the electron beam melting (EBM), the plasma sintering, and plasma rotating electrode processing, as well as the above-mentioned material processing, wear researching and developing the heat-resisting materials for aerospace applications, light-weighted and high strengthening materials for automobile applications, and biomaterials for artificial hip and knee joints with prolonged longevity, as well as metallic stent. By employing the state-of-the-art equipments and the Phase-Field simulation for characterization, fundamental studies based on the obtained results are carried out to reveal mechanisms of occurrence of some specific properties for such advanced materials and to establish the processing and the synthesis for producing the most favorable microstructures to realize the best performance of the materials.



Condition	Photograph	Elongation
Initial specimen		
973K, $1 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$		250%
973K, $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$		400%
973K, $1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$		550%
1023K, $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$		620%
923K, $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$		250%

左の図は“ α' プロセッシング”で得られたTi-6Al-4V合金の超微細粒(平均結晶粒径200nm). 組織は準安定 α 単相組織である. 右の図は左図に示される超微細組織を有するTi-6Al-4V合金の超塑性伸びを示している. 低温(923K)で高速(10^{-3} s^{-1})のひずみ速度において250%以上の超塑性伸びを示すことを世界で初めて実証した。

Ultra-fine grained microstructure (average grain size of 200nm) of Ti-6Al-4V alloy obtained by “ α' processing”(left). Microstructure consists of meta-stable α single phase. Results of tensile tests for the ultra-fine grained Ti-6Al-4V alloy (right). It is revealed for the first time that the superplasticity in the ultra-fine grained Ti-6Al-4V alloy appears at low temperature (923K) at high strain rate (10^{-3} s^{-1})