

1 1 c . 溶接・接合技術

溶接・接合技術は、自動車・鉄道車両・造船、発電・化学プラント、橋梁・建築などの輸送機器やインフラを製作・補修をするための基盤技術として広く利用されている。これらの製品・構造物は物流やエネルギー供給などを担い、安心・安全な生活を支える上で不可欠である。いま地球環境や資源・エネルギーの問題が顕在化し、持続可能な社会の実現に向けて、これら製品・構造物の機能・性能が大きく見直され、適用する材料や構造が大きく変わりつつある。本ロードマップはこれらの動きに適切に対応できる溶接・接合技術の将来展開を示すものである。

（１）スマート溶接技術

これからおよそ 10 年間の溶接・接合技術の考えると、日本はもとより世界中が抱えている環境問題に対して、ものづくりの立場から可及的速やかに対応すべきであり、周辺技術の進歩を取り入れながら、既存の溶接技術をさらに高度化させる「スマート溶接技術」を発展させる必要がある。具体的には、フルデジタル溶接、インプロセス適応制御溶接、知能化ロボット溶接、リモートレーザー溶接等を多様な生産現場に応じて適用していくことで、高経年化プラントの補修・保全技術や自動車・車輛・航空機の高性能化に向けた異材接合技術、あるいは、低環境負荷を指向した表面機能化プロセスの展開等の実現を図る。

（２）ノベル・ジョイニング技術

溶接プロセスは材料局部に熱を集中させ、溶かしてつなぐ技術であり、溶接部は製品の一部となる。しかし、急速な加熱・冷却は溶接部の強度や耐食性などを劣化させ、同時に変形や残留応力発生の原因にもなる。この溶接プロセスに内包する不完全性は、世界的にも共通の認識がなされ、ISO 国際品質管理規格において「特殊工程」と位置づけられており、技術者・技能者の知識や技量、経験による施工管理に加えて、エックス線や超音波などによる非破壊検査を通して、継手部の信頼性を確保している。

そこで、溶接プロセスが内包する不完全性を科学的視点から明らかにし、体系化することで世界に先駆けて、我が国の溶接・接合技術を「特殊工程」から脱却させ、併せて、資源・エネルギー・環境に配慮したものづくり技術への展開を図る。具体的には、「エネルギー加工学」、「プラズマ熱流体学」、「ジョイニング・メタラジー」、「破壊評価学・変形制御工学」の 4 領域の体系化を重点項目とし、

「プラズマ・溶融池の熱流体特性の基礎的理解」、「溶接部の材料挙動とその場観察と材質予測シミュレーション」、「溶接部の破壊性能と変形特性のシミュレーションと制御」等へ発展させる。

その結果、「検査フリー・性能保障型の階層横断プロダクションシステム」や「リアルタイム環境・経年劣化診断・寿命予測技術」等への開発へ繋げる「ノベルジョイニング技術」を確立することができる。すなわち、製品の構造・機能・性能を踏まえた溶接設計を行うことができるようになり、併せて、生産現場で利用できる設備の種類・数量、技術者・技能者の質や人数に応じて、国内・海外を問わず、フレキシブルにものづくりを展開させることが可能となり、国際競争力のさらなる強化につながる。

（３）ジョイントフリー・インテグレーション技術

組立て型のものづくり手法の技術的問題をクリアするためには、究極の接合法として、接合部を感じさせない製品の構造および機能を一体化した完全接合を実現する「ジョイントフリー・インテグレーション技術」を目指すべきである。これを確立することによって、これまでの接合部の特性低下に起因した問題を解決することができ、耐震強化、省資源・省エネルギー、長寿命化が達成される。具体的には、接合中に最適な温度と歪みの導入による組織の最適化を行いながら接合を行う「インプロセス組織制御接合」、素材本来の特性を活かしたミニマム自由エネルギーに基づく「自己組織化接合」、さらには「低温焼結接合」「常温接合」「可逆接合」などの究極の接合を目指して行くべきである。

ジョイントフリー・インテグレーション技術

拡散接合

ハイテクろう付

超音波接合

摩擦攪拌プロセス(FSP)

インプロセス組織制御接合

低温焼結接合

自己組織化接合

量子ビーム接合

常温接合(無欠陥・無変形・無変質)

可逆接合

接合部を感じさせない
製品の構造・機能と
一体化した完全接合

耐震強化、耐照射脆化、省資源・省エネルギー、長寿命化

ノベル・ジョイニング技術

プラズマ・溶融池の熱流体特性の基礎的理解

溶接部の材料挙動のその場観察と材質予測シミュレーション

溶接部破壊性能と変形特性のシミュレーションと制御

-検査フリー・性能保証型の階層横断プロダクションシステム

-リアルタイム環境・経年劣化診断・寿命予測技術

スマート溶接技術

フルデジタル溶接

インプロセス適応制御溶接

知能化ロボット溶接

リモートレーザ溶接

-高経年化プラントの補修・保全技術

-自動車・車輦・航空機の高性能化に向けた異材接合技術

-低環境負荷を指向した表面機能化プロセスの展開

2010年

2020年

2030年

2040年

1 1 d. 塑性加工技術

日本塑性加工学会では、平成 16 年度に、産官学の有識者から構成される「材料加工戦略会議」を組織し、長期的展望に立脚した「塑性加工イノベーションロードマップ」について議論し、昨年度完成させた。今回の提出資料は、「塑性加工イノベーションロードマップ」の簡約版である。その概要を以下に説明する。

まず日本の現状における 3 制約条件を、次のようにまとめた：

「エネルギー制約・資源小国」「環境制約」「人口制約・高齢化」

第 3 期科学技術基本計画にある個別政策目標と対応させて、学会が総力を結集して解決すべき目標をつぎの 4 項目に集約した。

- (1) 地球温暖化の克服
- (2) 病気の克服
- (3) 環境と調和する循環型社会の構築
- (4) ものづくりナンバーワン国家の実現

4 つの目標に対して、6 つの研究・開発課題 (TP) を設定した：

- TP1. 摩擦抵抗を 1 / 10 に低減する材料・表面・加工技術
- TP2. 加工エネルギーを 1 / 10 に低減する加工技術
- TP3. 素材を 100 %有効に活用する加工技術
- TP4. 比剛性を 10 倍に向上する加工技術
- TP5. 素材原料の 100 倍の付加価値が国内に落ちる加工技術
- TP6. インフルエンザ等伝染病の早期発見および治療に有効な医療用マイクロデバイス

さらに、9 つの体的な技術開発テーマを設定した。

- (1) 地球、環境、資源問題を解決する機能表面の開発
- (2) 省資源、省エネルギー、低炭素社会を実現する環境適応型加工技術
- (3) 医療用デバイスのマイクロフォーミング
- (4) プレス加工薄板新素材供給のための高精度冷間圧延加工技術
- (5) 社会の革新と持続的発展のための超軽量構造体加工技術

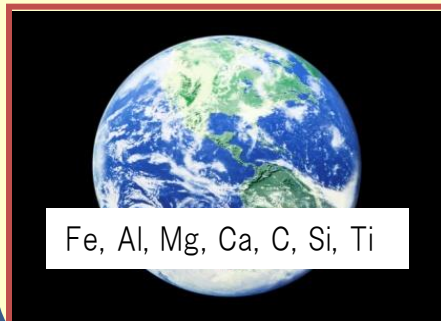
- (6) 総合的ものづくり可視化
- (7) 5 高（高効率，高密度，高自由度，高精密，高軽量部品）成形
- (8) 航空機用超大型鍛造品
- (9) 省エネ・省資源のための革新的鍛造

「塑性加工イノベーションロードマップ」は、材料戦略委員会発の「グリーンマテリアルビジョン」に含まれている。さらに、日本工学会 130 年記念報告書の塑性加工学会担当部分に利用された。後者には、過去 30 年間の塑性加工イノベーションの図も掲載されている。

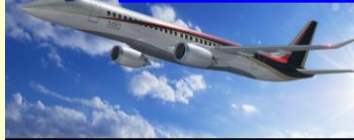
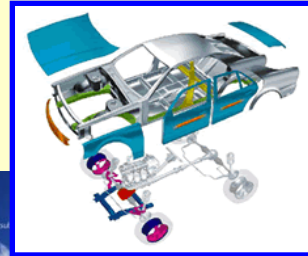
11-27. 材料工学の科学・夢ロードマップ ～塑性加工イノベーション・ロードマップ①～（日本塑性加工学会）

新経済成長戦略(2008)の2つの基本戦略 『資源生産性の抜本的向上』 『製品サービスの高付加価値化』
日本に課された3制約 **エネルギー制約・資源小国／環境制約／人口制約・高齢化**

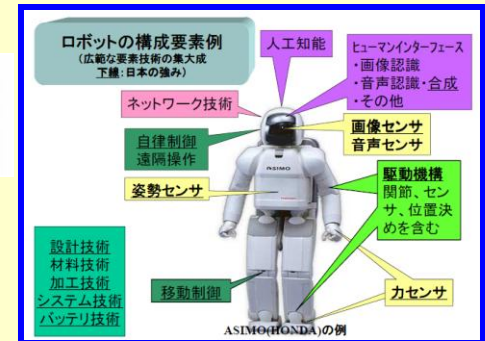
エネルギー制約対応製造 【ミニム元素素形材】



環境制約対応製造 【超軽量構造移動体】



人口制約対応製造 【精密軽量駆動部材】



塑性加工イノベーションの目標

3制約を乗り越え**脱資源持続発展国家**を実現するための
ものづくりパラダイムシフト

塑性加工の削らず早く精度良い・環境に優しい・省元素難加工材料でも加工できる特徴に磨きをかけ**社会発展・経済成長に貢献**

材料

塑性加工

素形材・部材

6個の出口 9件の研究開発目標

- TP1-1 地球、環境、資源問題を解決する機能表面の開発
- TP2-1 省資源、省エネルギー、低炭素社会を実現する環境適応型加工技術
- TP3-1 プレス加工薄板新素材供給のための高精度冷間圧延加工技術
- TP4-1 社会の革新と持続的発展のための超軽量構造体加工技術

- TP5-1 総合的なものづくり可視化
- 2 5高(高効率, 高密度, 高自由度, 高精密, 高軽量部品)成形
- 3 航空機用超大型鍛造品
- 4 省エネ・省資源のための革新的鍛造
- TP6-1 医療用デバイスのマイクロフォーミング

11-28. 材料工学の科学・夢ロードマップ ～塑性加工イノベーション・ロードマップ②～（日本塑性加工学会）

目標 研究・開発課題

技術開発テーマ

地球温暖化の克服

摩擦抵抗を1/10にする
機能表面の開発

加工エネルギーを
1/100に低減する
環境適応型加工技術

超微細構造表面
の自由創成技術

超低摩擦係数
鋼板の開発

摩擦係数制御
可能な潤滑

自律的に表面粗さ
を変化できる金型

量的／質的变化等に
柔軟に対応できる熱処
理技術の開発

成形性に優れた軽量
化用材料の開発

高度知能化プレス成形
システム

病気の克服

病気の早期発見・治療
のための 次世代マイクロ
機能デバイス成形加工
生産システムの構築

MEMS構造設計
技術

マイクロデバイス材
料とその成形技術

高精度加工機械製造・加
工プロセス

マイクロアッセンブ
リー技術

環境と調和 する循環型 社会の構築

素材を100%有効活用
する 高精度冷間圧延
加工技術

比剛性を10倍に向上
する 超軽量構造体加
工技術

サーボプレスの高度
化と利用技術の開発

アルミ・マグネ・チ
タンに最適なプレ
ス技術開発

マルチスケール材料モデリングを
用いたプレス加工用高成形性軽
量金属材料の開発手法の確立

超大型(5万トン以上)プレスによる航空機
用チタン系高合金薄物部品の一体鍛造

超軽量構造高速輸送機器の実現
による過疎過密の平準化

ものづくりナ ンバーワン 国家の実現

100倍の付加価値を実
現する
ものづくり可視化技術

5高(高効率, 高密度, 高
自由度, 高精密, 高軽量
部品)成形

シミュレーション技術と知
能金型技術を融合させた
プレス加工の知能化

金型内の材料変形・
温度変化のリアルタイ
ム計測

材料内部の
応力計測技術

残留応力
ゼロ鋼板

成形シミュレーションソフ
トの高精度化と活用

高強度材(高張力鋼板
など)の精密成形技術

高精度・高機能な多軸成
形機と複動成形技術

2010

2020

2030 195