

報 文

2023 年度 日本塑性加工学会賞授賞報告 JSTP Awards Winners for 2023

第 58 期理事会

学会賞授賞決定について

2023 年度日本塑性加工学会賞は、本学会規程に基づき、推薦委員会により、論文賞、学会大賞、学術賞、技術開発賞、功労賞、教育賞、新進賞、匠賞および学生奨励賞の 9 賞について、授賞候補の審査ならびに選考を行った。論文賞については論文賞推薦委員会が、その他の賞については学会賞推薦委員会がそれぞれの業績・候補者について総合的に検討・審査し、授賞候補者を決定した。選考結果は、それぞれの推薦委員会委員長より理事会に上申され、理事会にて各賞の授賞者を決定した。以下、本年度の学会賞授賞者を、その選考経過を含めて報告する（順序は論文賞にあつては会誌「塑性と加工」および「Materials Transactions」の掲載順、他の賞にあつては筆頭者五十音順）。



山根 康嗣君



下田 一宗君



黒田 浩一君



梶川 翔平君



久保木 孝君

論文賞

会誌「塑性と加工」および「Materials Transactions」に掲載された過去 2 年間の論文を対象に、投票による第 1 次選考、第 2 次選考を経て、以下の 3 編を選出し贈呈することになった。

高強度鋼板のプレス成形におけるしわの生成過程

(第 62 巻第 730 号)

日本製鉄(株)	田中 康治君
岐阜大学	王 志剛君
日本製鉄(株)	唐崎 裕章君
同上	菅原 稔君

傾斜圧延において介在物が内部割れに及ぼす影響

(第 62 巻第 720 号)

日本製鉄株	山根 康嗣君
同上	下田 一宗君
同上	黒田 浩一君
電気通信大学	梶川 翔平君
同上	久保木 孝君



田中 康治君



王 志剛君



唐崎 裕章君



菅原 稔君

回転摩擦接合による自動車エンジン部品の製法

(第 63 巻第 734 号)

日産自動車株 藤川真一郎君

同上 井川 博行君

National Manufacturing Institute Scotland

Chris Dungey 君



田中 康治君



小川 操君



西村 隆一君



藤川真一郎君



井川 博行君



Chris Dungey 君



伊藤 泰弘君



米林 亮君

学会大賞

塑性加工の分野における学問・技術に関する顕著な業績に贈られる賞で、以下の1グループに贈呈することになった。



名取 純希君



菅原 稔君

超高強度鋼板冷間成形技術の開発

日本製鉄株 田中 康治君

同上 小川 操君

同上 西村 隆一君

同上 伊藤 泰弘君

同上 米林 亮君

同上 名取 純希君

同上 菅原 稔君

学術賞

塑性加工の分野における学問・技術に関する優れた業績に贈られる賞で、以下の1名に贈呈することになった。

難加工性管材の局所加熱援用ダイレスフォーミングに関する研究

東京大学生産技術研究所 古島 剛君



古島 剛君

技術開発賞 一般企業

塑性加工の分野における独創性のある特定の技術または材料・機械・製品を開発した業績に贈られる賞で、以下の2グループに贈呈することになった。

進化型 CVT 金属ベルト用エレメントの新せん断加工法の開発

本田技研工業株 矢ヶ崎 徹君
 同上 隅田聡一郎君
 同上 藤原 和馬君
 富山大学 白鳥 智美君



矢ヶ崎 徹君



隅田聡一郎君



藤原 和馬君



白鳥 智美君

パウシンガー効果活用による自動車部品の寸法精度変動低減技術

JFE スチール株 飛田 隼佑君
 同上 新宮 豊久君
 元 JFE スチール株 山崎 雄司君
 JFE スチール株 平本 治郎君



飛田 隼佑君



新宮 豊久君



山崎 雄司君



平本 治郎君

技術開発賞 中小企業

塑性加工の分野における独創性のある特定の技術または材料・機械・製品を開発した業績に贈られる賞で、以下の1グループに贈呈することになった。

アモルファス箔積層モータコアのプレスせん断加工量産技術の開発

(株)山口製作所 山口 貴史君
 同上 上村 忠君
 同上 沢中 純一君
 新潟県工業技術総合研究所 中川 昌幸君
 同上 岡田 英樹君
 日本工業大学 古閑 伸裕君
 長岡技術科学大学 伊東 淳一君



山口 貴史君



上村 忠君



沢中 純一君



中川 昌幸君



岡田 英樹君



古閑 伸裕君



伊東 淳一君

技術開発賞 戦略分野

塑性加工の分野における独創性のある特定の技術または材料・機械・製品を開発した業績に贈られる賞で、以下の1グループに贈呈することになった。

クランク鍛造ラインにおける IoT を活用した粗材品質向上活動

日産自動車株(株) 中村 公香君
 同上 松苗 宏樹君
 同上 渡邊 敦夫君
 同上 石井賢一郎君



京都工芸繊維大学

Muhammad Aimanuddin Mohammad Amri 君
単結晶の弾性コンプライアンスの
方位依存性に関する MD 解析



大阪大学

榎本 光政君

予ひずみとひずみ経路に依存する
異方硬化挙動と降伏面の測定



群馬工業高等専門学校

山崎 太雅君

LMD 式金属 3D プリントによる
CFRTP 成形用金型の表面加工

学生奨励賞 高専・短大

塑性加工関連の研究に精勤し、所期の卒業成果を挙げ、将来が嘱望される学生会員に贈られる賞で、以下の1名に贈呈されることになった。



奈良工業高等専門学校

松本 尚樹君

有限要素法による粉体成形および
疲労き裂進展の解析に関する研究

受賞業績紹介

各受賞者の優れた業績の内容については、以下に示す業績紹介を参考にさせていただきたい。

《学会大賞受賞》

超高強度鋼板冷間成形技術の開発

田中 康治・小川 操・西村 隆一・伊藤 泰弘
米林 亮・名取 純希・菅原 稔

1. 開発の背景と狙い

CO₂ 排出量削減および衝突安全性向上のために自動用鋼板の高強度化が進み、引張強度が 980 MPa 以上の超高強度鋼板の適用が広がり、近年では 1470 MPa クラスの鋼板も開発されている。このような超高強度鋼板はプレス成形性が低く、絞り成形では複雑な形状に成形することが難しい。

絞り成形での破断は、多くの場合縦壁部が平面ひずみ変形して成形限界ひずみを超えることにより発生する。板材プレス成形における成形限界ひずみは変形形態によって異なり、平面ひずみ変形に比べ純せん断変形では 2~3 倍以上となり大きな変形が可能となる。本開発では「面内せん断変形」に着目し、それを活用するための新たなプレス工法の考案と量産適用のための技術開発を行った。

2. 面内せん断変形を活用するプレス工法の考案

超高強度鋼板の適用が困難な部品は、湾曲したプロフィールを持つ深絞り形状部品で、代表的なものとしてメンバー類に見られる湾曲ハット形状の部品とセンターピラー等に見られる端部が L 字状や T 字状の形状となった部品が挙げられる。それぞれの形状に対して面内せん断変形を活用するプレス工法開発を行った。

湾曲ハット形状部品に対しては、高荷重のパッドで天板部の材料移動としわを抑えながら、縦壁部を面内せん断変形させる「せん断成形工法」を考案した。また、L 字・T 字形状部品に対しては、天板部のしわを高荷重のパッドで抑制しながら曲げ成形し、L 字、T 字湾曲部稜線近傍を面内せん断変形させる「自由曲げ工法」を考案した。

3. 開発工法の量産適用技術開発

開発工法では、鋼板の内部は面内せん断変形を主として成形することができるが、エッジ部は原理上単軸引張変形となるため成形限界ひずみが低くなり、エッジ破断の抑制が課題となる。これに対し、成形シミュレーション上での最適化手法によるブランク形状設計によって、エッジ部に発生するひずみを広範囲に分散する「変形分散技術」を開発した。さらに、切断時の材料の挙動と端面品位の調査に基づいて最適な切断条件を見出し、成形限界ひずみを向上させる「ブランク切断技術」を確立した。

また、開発工法ではしわ抑制のために非常に大きなパッド荷重が必要であり、量産金型設計にはその算定が必要となる。しわの発生および成長現象について実験と理論検討により明らかにし、「しわ抑制荷重の算出法」を考案した。

4. 開発技術の実用化および成果

開発工法により、難成形の自動車部品に 1470 MPa 材までの超高強度鋼板の適用が可能となった。本技術は 2012

年に量産部品の製造に初採用され、現在では年間250万台以上の国産自動車の部品製造に適用されている。車体軽量化と高強度化に寄与し、材料歩留まり向上と合わせてCO₂排出量削減42.6千ton/年に貢献している。

《学術賞受賞》

難加工性管材の局所加熱 援用ダイレスフォーミングに関する研究

古島 剛

1. 背景と研究概要

ダイレスフォーミングは、金型を使わずに塑性変形を促し、形状を制御する多品種少量生産や金型を使うのが困難な条件下や寸法にて加工をフレキシブルに行う革新的な加工方法である。本研究では、ダイレスフォーミングという加工法の変形メカニズムを明らかにしたうえで、難加工性材料の加工や、マイクロニードル等の非常に微小寸法の中空管材の加工、医療やライフサイエンス分野への中空管材の応用等の様々な用途への管材形状・寸法の加工に対応しうるフレキシブルなダイレスフォーミングの開発を行った。

2. 研究成果

2. 1 マグネシウム合金の薄肉細管化による生体吸収性ステントの創製

Mg合金は、生体吸収性ステントへの応用が期待されている。しかしながら延性に乏しくその薄肉細管化が非常に困難であった。本研究では、1回のダイレス引抜きで70%の大きな断面減少率と減肉率を与え、その直後に、断面減少率で数パーセントのダイス引抜きを行う複合加工プロセスによって、寸法精度と表面性状を改善できることを示した。これらのプロセスによって最終的に外径2mm、肉厚0.2mmと実際の生体吸収性ステントに応用可能なMg薄肉管の創製に成功した。

2. 2 ジルコニアセラミックスの超高温ダイレスフォーミング

ジルコニアセラミックスは、固体酸化燃料電池の電極として管形状部品が要求されており、また超高温で超塑性が発現することが知られている。しかしながら、金型の耐久性の面で実用的とは言えなかった。そこでダイレスフォーミングの金型を使わないという特徴と超高温の環境下での加工によって1700℃の超高温環境下をダイレスフォーミングにおいて実現した結果、1回の加工で71.5%の断面減少率を達成でき、微細化を実現することができた。

2. 3 ライフサイエンス分野に貢献する金属中空マイクロニードルの創製

近年、ライブセルアトラス(LCA)において、細胞1個を操作するツールとして極細先端径を有するマイクロニードルが望まれている。しかしながら、ガラス製マイクロニードルは、強度と脆性の観点から先端径数十ミクロンの実現は困難であった。本研究では、強度と延性に優れた金属製マイクロニードルの創製にダイレスフォーミングを応用した方法を開発し、根本は1mmの径でありながら、先端径が50μmの金属製マイクロニードルを創製した。またマイクロニードル途中のテーパ構造はダイレスフォーミングにおける速度パスで制御できることを明らかにした。

《技術開発賞 一般企業》

進化型CVT金属ベルト用 エレメントの新せん断加工法の開発

矢ヶ崎 徹・隅田 聡一朗
藤原 和馬・白鳥 智美

1. 開発の背景

自動車のさらなるCO₂排出量削減のためには、高い動力伝達効率に進化した金属ベルトが必要であった。そこで従来困難であったエレメントとリングとの間の滑り速度および垂直荷重の低減により伝達効率の向上を目指すことにした。しかし、この進化型金属ベルトのエレメント製造には高精度なせん断加工技術を確立する必要があった。

2. 開発技術の概要

自動車部品の中で約400個の部品が直列で動力伝達する部品は金属ベルトのエレメント以外にはなく、これまで高精度なせん断加工技術を必要としていた。

従来製法のファインブランキングは1923年に発明され、世界で広く受け入れられているせん断加工技術ではあるが、本開発ではそのせん断加工技術をさらに高精度化する必要があった。

従来製法での課題を解決した独自製法は下記である。

- 独自製法1：スリット溝材・せん断加工
- 独自製法2：段付メインパンチによるせん断加工
- 独自製法3：ファンネルフロー型せん断加工

3. 開発技術の特色

- 独自製法1：スリット溝材・せん断加工

従来の製法ではロッキング部はカウンタパンチによる成形で行われていたため、せん断加工初期の材料のひげによりプレスRが大きくなりロッキング距離の短縮は困難であった。

そこでプレスRを小さくすることができればロッキング距離が短縮できると考え、せん断加工初期の材料のひげが発生しないように溝付き材を使用した。

- 独自製法2：段付メインパンチによるせん断加工

ロッキング距離短縮の影響を受けて、従来の製法では板厚差精度規定を満たすことが困難になった。

そこで、各部の板厚差精度確保のために段付きメインパンチと背面溝付材を使用した。

背面溝付材の溝により成形時の余肉の逃げ部が構成でき、メインパンチの段差量により板厚差の制御が可能になった。

- 独自製法3：ファンネルフロー型せん断加工

従来のダイのチャンファ角により材料をスムーズに流すという考え方を直視し、材料の流動をEBSDのKAM値により把握し、ダイのチャンファ角により材料流動角を変えられることを見出した。材料の流動角よりもダイのチャンファ角を小さくすることで材料表面でのダイとの摩擦流動を減少させ、加工初期のダメージを低減することで材料内部の塑性流動によってせん断加工させることが可能になった。さらにダイチャンファ形状は積分型延性破壊条件式を用いた有限要素解析からダメージ値を把握することによって設計することが可能になった。

4. 実用化

- 3つの独自製法を適用した「進化型CVT金属ベルト」

は下記で実用化した。

- ・適用車種：タイ国第2期エコカーモデル
- ・生産時期：2019年11月から生産開始，生産中
- ・生産数：10万本/年間

●独自製法3のファンネルフロー型せん断加工は，現在本田技研工業の生産する内製金属ベルト CVT エLEMENTの打ち抜き加工に適用し，年間125万本の生産中。

《技術開発賞 一般企業》

バウシंगाー効果活用による 自動車部品の寸法精度変動低減技術

飛田 隼佑・新宮 豊久
山崎 雄司・平本 治郎

1. 自動車プレス部品の寸法精度変動課題

自動車骨格部品への高強度鋼板適用時におけるプレス成形課題の一つに，スプリングバックによる寸法精度不良がある。これは，材料強度の上昇に伴いプレス成形下死点の応力が大きくなるためスプリングバック量が大きくなり，要求精度から外れるという課題である。

この寸法精度不良課題に加えて，高強度鋼板は材料量産時の材料強度変動が大きくなるため，プレス成形下死点で大きな応力が発生する場合，自動車部品量産時の下死点の応力変動も大きくなり，寸法精度変動が大きくなるという課題も発生する。高強度鋼板適用時の寸法精度変動課題は従来から問題視されていたが，近年のカーボンニュートラルという観点から，燃費改善を目的とした自動車車体のさらなる軽量化検討が進んでおり，これに伴う高強度鋼板の1470 MPa化により材料強度変動がさらに大きくなり，寸法精度変動課題がさらに顕著になってきた。

従来，寸法精度不良の対策技術は数多く提案されているが，上記のような製品の寸法公差に対する寸法精度変動にも着目した対策技術は少なく，高強度鋼板をさらに広く適用するには寸法精度変動対策技術が必要不可欠であった。

2. 開発技術の概要

上記の寸法精度変動課題に対して，高強度鋼板の応力反転時に発生するバウシंगाー効果を活用した工法（ストレスリバース[®]工法）を開発した。バウシंगाー効果は，応力反転時に降伏応力が低下する現象である。本開発技術はプレス最終工程の下死点における応力の絶対値と，材料強度変動要因の応力差を同時に低減する工法である。

本技術の対象とするスプリングバックは側面視湾曲部品で発生するキャンバーバックである。本工法は2工程からなり，1工程目は長手方向曲率半径を2工程目より小さい曲率半径で成形し，2工程目はリストライクする。本開発技術は2工程目プレス成形下死点でパンチ底とフランジの応力が適度に反転するように1，2工程目を設計する技術である。異なる強度の材料で成形した場合，2工程目において応力を反転させ，各材料で発生する応力が一致するように1工程目の形状を設計すると，寸法精度変動は低減する。また，2工程目でバウシंगाー効果が発現するため，パンチ底とフランジに発生する応力の絶対値は，1回成形もしくは従来の金型見込みより小さくなり，スプリングバック量も低減する。以上のメカニズムにより，本開発技術

によれば，スプリングバック量とスプリングバックの寸法精度変動を同時に低減することが可能となる。

3. 開発技術の量産採用実績

本開発技術は2021年発売車種の骨格部品へのプレス量産技術として採用された。この部品は1470 MPa冷延材を適用しており，寸法精度不良および寸法精度変動が大きな課題となっていたが，本開発工法適用によりこれらの課題が改善され，高強度鋼板の適用拡大と自動車部品の安定生産にも寄与している。

《技術開発賞 中小企業》

アモルファス箔積層モータコアの プレスせん断加工量産技術の開発

山口 貴史・上村 忠・沢中 純一・中川 昌幸
岡田 英樹・古閑 伸裕・伊東 淳一

1. 開発の狙いと背景

現在，電力使用量の約60%を占めているモータにおいて，世界的にカーボンニュートラルの要求が高まる中，コア材料として用いられるケイ素鋼板では効率化の手段がほぼ飽和しており大幅な改善が難しい。そこで磁気特性に優れているアモルファス箔をモータコアに採用すべく，アモルファス箔の高精度せん断加工量産化，型内積層の技術確立を目指し，研究開発を行った。

2. 開発の方向性

現在入手可能な代表的なアモルファス合金は(株)プロテリアル製 metglas（鉄系のアモルファス箔 t25 μm）である。t25 μm アモルファス箔の打ち抜きには極小クリアランスが必要となる。またアモルファスはダボのような塑性加工では割れるため，量産工程としては型内での接着積層法が適している。

3. 開発技術の概要

(1)極小クリアランスのための高精度金型の開発

アモルファス箔の打ち抜きにおける金型クリアランスと切り口面性状との関係から，クリアランスを2~3 μmに超高精度化することが有効であることが分かった。

金型の超高精度化のためには，高精度な加工機や精密測定器の導入は勿論のこと，金型製作，精密測定の実環境温度管理がさらに重要となる。そこで，三次元測定器の設置室（精密測定室）と電気加工機設置室（金型加工室）ではDX化を推進し，IoTデバイス（MESH）やRaspberry Piを活用したデータ収集，クラウドサービスであるAmbientを利用したデータ蓄積・解析を行い，環境温度分布改善および恒温化に取り組むなど，地道な取り組みの積み重ねにより，アモルファス箔打ち抜き加工の高度化を実現した。

(2)型内コア接着積層法の開発

モータ性能向上と量産性の観点で，接着剤として考慮すべきポイントは，①占積率を高めるために層間接着厚さを極薄にする②モータの発熱に対する耐熱性③短い硬化時間の3点になる。これらに関連する物性値測定を行い，接着剤を選定した。

また独自のスタンピング式接着剤塗布方法を考案し特許出願をするとともに，この手法を組み込んだ接着積層工程を開発した。

(3)アモルファスコア SRM (スイッチトリラクタンスモータ) の試作と高効率化の評価

上記工程で製作したアモルファスコアを組み込んだ SRM の効率化は、ケイ素鋼板コア SRM に対し、50% 負荷において 8.9 p.t. 向上した。さらに負荷 10% から 100% までの領域で 90% 前後であり、最大効率は 90.9% を達成した。以上より、プレス打ち抜きと積層接着によるアモルファスコアの優位性を実際のモータを用いて実証した。

4. 開発の成果

現状では、大量生産の確立を目指すとともに電源用トランスにアモルファスコアを採用して効率化を狙う試作も始めており、潜在的なアモルファスの活用ニーズの発掘と市場開拓を旨として鋭意開発を継続している。

《技術開発賞 戦略分野》

クランク鍛造ラインにおける IoT を活用した粗材品質向上活動

中村 公香・松苗 宏樹
渡邊 敦夫・石井 賢一郎

1. 開発の狙いと背景

自動車用強度部品に鍛造工法が広く活用され、自動車エンジンの強度部品として、クランクシャフトに熱間鍛造工法が適用されている。

クランクシャフトは、その複雑形状と要求品質から、難易度の高い品質不良対策、製造コスト低減に取り組み、最適な製造条件を決定している。しかし、鍛造工程における品質不良はゼロとはならないため、最終出荷段階の製品検査工程を設けているのが現状となっている。一方、近年では、IoT (Internet of Things) を製造現場へ適用することにより、より多くのデータを収集し、品質向上に活用できるようになっている。本件は、クランクシャフトを製造している熱間鍛造 8000 トンプレスラインに、生産時のさまざまなデータ収集を目的としたセンシング機器を設置し、ビッグデータ解析により、クランクシャフトの品質向上に

取り組んだ。

2. 開発技術の概要

クランクシャフトは鋼材を 1200 °C に加熱後、8000 トンプレスにより、4 工程の金型で製品形状を成形する。その後、コイニング工程で軸の曲がりを補正し、制御冷却装置で狙いの硬さを保証している。このラインの各箇所、粗材 1 本に対し、鋼材加熱温度、金型温度、鋼材置き位置、成形荷重、プレスシャットハイト、離型剤塗布時間・温度・濃度等の全 29 種 74 個のデータを収集する IoT 機器を設置し、連続鍛造時のデータを収集した。対象の品質不具合は不良率で最も多い欠肉不良を対象とし、FTA (Fault Tree Analysis) の結果から欠肉に関連する要因データを取得の対象とした。欠肉不良は、制御冷却装置の出口に、粗材の画像を取得する装置を設置し、欠肉の有無と量を全数自動判別できるようにした。製造時のデータはリアルタイムでネットワークを通してサーバーに蓄積し、製造時の要因系データ群と欠肉不良の結果系データ群を紐づけ、ビッグデータ解析を実施した。

ビッグデータ解析を実施した結果、欠肉不具合に強く影響を及ぼす要因として、潤滑剤の塗布時間が検出できた。潤滑剤の塗布時間、つまり潤滑剤の塗布量がばらつくと、金型上で潤滑剤が乾かない、もしくは潤滑剤が足りないため、欠肉不良に影響すると推定した。

金型へ潤滑剤を塗布しているノズル構造に問題があると推測し、現状のノズルの潤滑剤塗布量を調査したところ、ばらつきが大きくノズルの構造に問題があると特定し、ノズルの設計を見直し、新構造ノズルを開発した。

この新しいノズルで鍛造生産を実施することで、欠肉不具合は大幅に改善し、欠肉不良をゼロにすることができた。

3. 開発の成果

欠肉に影響を及ぼす要因系データと結果系データを収集できるシステムを構築し、ビッグデータ解析と組み合わせることで、欠肉不良をゼロにすることができた。今後は、別の鍛造部品や鍛造ラインに本手法を展開し、原価低減効果を増やしていく。