平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「管状複雑形状部品の金型プレス加工技術開発」

成果報告書

平成21年3月31日

委託者 関東経済産業局 委託先 国立大学法人静岡大学

| 第1章 | 研究開発の概要 | |
|-------|-------------------------------|----|
| 1 — 1 | 研究開発の背景・研究目的及び目標 | 2 |
| 1 – 2 | 研究体制 (研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者) | 2 |
| 1 — 3 | 成果概要 | 3 |
| 1 — 4 | 当該プロジェクト連絡窓口 | 4 |
| | | |
| 第2章 | 本論 | |
| 2 — 1 | 管素材の金型曲げ成形とせん断技術開発 | 7 |
| 2-2 | アルミ合金製可とう性パイプの成形技術開発 | 11 |
| 2-3 | 超高張力鋼板の複雑形状高精度成形技開発 | 22 |
| 2-4 | 3D-CAD/CAM/CAE/CAT による開発支援 | 38 |
| | | |

最終章 全体総括

40

| プロジェクト名 | 管状複雑形状部品の金型プレス加工 | 技術開発(18131 | 809081) |
|---------|----------------------|------------|----------------------------------|
| 研究背景 | 【研究背景】 | | |
| 研究目的 | 一見好調そうに見える輸送用機器 | 産業であるが、 | 日本における自動車の生 |
| 及び目標 | 産・販売は 1996 年をピークに頭打: | ちである。他方、 | 燃料の制約と燃費の高騰 |
| | や、安全・安心に対応するための先 | 進的な技術と日本 | におけるものづくりを構 |
| | 築するためには、これを支える基盤 | 技術を一段と高度 | モ化しなければならない。 |
| | 川下製造業(自動車)においては、地球 | 環境や燃費向上落 | 対応の為の軽量化、衝突安 |
| | 全性の向上、ニーズ多様化対応、短納 | 期化、低コスト化等 | 穿が必要である。 |
| | | | |
| | 【研究目的及び目標】 | | |
| | 金属プレス加工技術の開発を通じ | 、軽量化、高強度 | 化、複雑形状化、環境対 |
| | 応等を図るための先進的取り組みと | して、本研究では | 、管・板状難加工材への金 |
| | 属プレス加工による中空化の為の極小 | R曲げ、拡・縮管等 | 停の異形成形技術、超高張 |
| | カ鋼板等の高精度プレス加工と管・板料 | 犬部品の接合技術 | 開発を実施した。 |
| 研究体制 | | | |
| | | 西禾红 | 副級任研究代書者(ci) |
| | | ●安武 | 副芯招研先代表有(SL) 國本工業株式会社 |
| | | | 常務取締役 松尾正次 |
| | | | |
| | | | |
| | | | 副総括研究代表者(SL) |
| | | 再委託 | やまと興業株式会社 |
| | | | パイプ部 部長 川合崇夫 |
| | | | |
| | | | |
| | | 再委託 | 副総括研究代表者(SL) |
| | | | 株式会社ベルソニカ |
| | | | 専務取締役 伊藤明夫 |
| | 総括研究代表者(PL) | | |
| | 国立大学法人静岡大学工学部 | - | |
| | 教授 中村保 | 再委託 | 株式会社オーミ |
| | | | 製造部長 大平晃裕 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | エンシュウ株式会社 |
| | | | 「 九 関 連 部 部 長 師 不 里 啓 1 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | 副総括研究代表者(SL) |
| | | | ビンハナムヘ 肝凹ヘチ イノベーション共同研究セ |
| | | | |
| | | | 客員教授 中村穰治 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |





図2 9山ベローズ成形装置

| パイプ径 | φ 8.0 | φ 8.0 | φ 8.0 | φ 8.0 |
|------------------|-------------|---------|---------|---------|
| 肉厚 | t=1.0 | t=1.0 | t=1.3 | t=1.5 |
| ベローズ山数 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| 断面写真 | { : } | | | AUUUU |
| 最大山径 | φ 12.65 | φ 13.72 | φ 13.22 | φ 14.60 |
| 最小山径 | φ 12.01 | φ 12.74 | φ 12.49 | φ 13.98 |
| 最大肉厚 | 1.266 | 1.258 | 1.603 | 1.735 |
| 最小肉厚 | 0.930 | 0.928 | 1.251 | 1.170 |
| 直管パイプの共振点 | 424.9Hz | 472.9Hz | 471.2HZ | 464.0 |
| ベローズの共振点 | 259.1Hz | 327.4Hz | 369.2Hz | 317.0 |
| 直管パイプとの 柔軟性比較 | -39.0% | -30.7% | -21.6% | -31.6% |

図3 3山および9山各種管厚さベローズの成形品







第2章 本論-(1)

2-1 管素材の金型曲げ成形とせん断技術開発

國本工業 (株)

| 年度 | 課題 | 成果と目標達成度 |
|------|--------------------------------|--|
| 19年度 | 1. 曲げ成形機の成形条件の確立 | 1.2箇所曲げ成形条件をほぼ確立 目標達成度:100% |
| 19年度 | 2. 異形管製品端面せん断機の 成形条件の確立 | 2. 異形管のせん断条件をほぼ確立 目標達成度: 100% |
| 20年度 | 管状製品の曲げ・せん断・拡管・ 縮管成形システムの確立 | 1. チューブフォーミングシステムの製作 2. 管状部品の実生産実績有り 目標達成度: 120% |

1. 従来技術との比較による本研究開発の課題と効果

管素材からの部品の成形は、曲げ、縮管、拡管、せん断等の組合わせからなるが、従来は、ベン ダーを用いた曲げ成形、専用の成形機を用いた縮管成形、拡管成形、およびせん断加工等の成形要 素をバッチ処理的に実施していたため、材料の歩留まりが悪く、工数が多く、生産リードタイムが 長く、コストが高い等の課題があった。

本研究開発では、國本工業(㈱で開発されたプレス金型を用いた曲げ成形技術、変形度の極めて高い縮管・拡管技術、および異形状管の端末せん断加工および側壁せん断加工技術を基盤として、それらの成形条件を確立することにより、全自動チューブフォーミングシステムを企画・設計・製作して、そのシステムを用いて、自動車用の複雑管形状製品を生産することに成功した。



7

2. 曲げ成形条件の確立



高性能管曲げ成形機

条件

| SUS4 | 29 |
|------|----------------------------|
| Φ38 | t2.0 |
| R55 | |
| 52° | |
| | SUS4 Φ 38 R55 52° |

| 試験機 | サポイン高性能ベ | ンダー機 |
|------|-------------|------------|
| 曲げ速度 | 0 度から20度 | 600deg/min |
| | 20 度から 52 度 | 600deg/min |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 肉厚減少率 | 20.0% | 18.5% | 25.0% | 23.5% | 20.5% |
| | | | | | |
| 偏平率 | 5.23% | 5.23% | 6.32% | 6.05% | 7.63% |
| | | | | | |
| シワ高さ | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.1 |
| | | | | | |

結果

第1ベンドの条件で同等の曲げ精度が得られたものと判断した。 第2工程も性能的に可能であると思われる。

3. 管せん断加工に於ける課題の検証



上記グラフより、金型をスライドさせる機構が付いていても、金型に着いているガイドにより、金型がずれて不具合を起こすことは 無いと判明した。新・旧設備によるグラフのズレは、単純に金型の一般的なバラツキの範囲内と言える。シングレカットは、ダブレカットに比べ 1動作当たりの負荷が高いため、磨耗が早い



《1)加工時間の検証》

4. チューブフォーミングシステムの企画・設計・製作

全自動で、管素材からプレス金型を用いて、曲げ成形、縮管・拡管、異形状管の端末せん断、側 壁せん断を連続して順送りする全自動チューブフォーミングシステムを企画・設計・製作した。そ のシステムを用いて、自動車用の複雑管形状製品の生産を開始している。

○チューブフォーミングシステムによる自動車部品の生産実績(2008年7月から)

- ・自動車部品の生産実績: 20,000~65,000本/月
- ・少人化: 10 名予定→4 名に削減
- ・材料歩留まり: 90%以上
- 不良率:
 1%以下
- 稼動率: 90%以上
- ・サイクルタイム: 20S 以下



チューブフォーミングシステム

| 2 – 2 | アルミ合金製可とう性パイプの成形技術開発 |
|-------|----------------------|
|-------|----------------------|

| 課題 | 成果と目標達成度 |
|-------------------------|-----------------------|
| | 1. アルミニウム合金管(直径 8mm, |
| | 管厚さ1.5mm まで) に 9 山の蛇腹 |
| | 成形条件の確立 |
| 1. 厚肉のアルミニウム合金製パイプのベローズ | 目標達成度: 90% |
| 成形として、6山以上の蛇腹成形を可能とする成 | 2. 蛇腹付きアルミニウム合金管の |
| 形装置の開発と成形条件の確立 | 可とう性の検証 |
| | 目標達成度: 90% |
| | 3. 自動車用エアコンチューブ製品の試作 |
| | 目標達成度: 80% |

やまと興業(株)

1. 従来技術との比較による本研究開発の課題と効果

自動車用エアコンパイプは、現状では、ゴムホースで可とう性を確保している。しかし、エアコンの冷媒は、2011年フルモデルチェンジから現行フロンR134aが使用禁止となる。その代替冷媒として、二酸化炭素ガスに変更になり、高圧化するため、それに対応するパイプとしてベローズを組み込んだアルミニウム合金製パイプの開発が必要となる。



2. アルミニウム合金製ベローズの製作

(1) アルミニウム合金(A3003TD-0)製ベローズ(Φ8.0×t1.0)、3山ベローズの開発

<u>アルミベローズ製作風景</u>





アルミニウム合金(A3003TD-0)製ベローズ(Φ8.0×t1.5)、9山ベローズの開発







9山ベローズ断面(Φ8×t1.0/)

(3) アルミニウム合金 (A3003TD-0) 製ベローズ (Φ8.0×t1.3)9 山ベローズの開発

<u> Ф8. 0×t=1. 3(A3003TD-O)ベローズ外径寸法測定</u>

| and the second |
|----------------|

- 山のNO ベローズ外径(mm) Φ 12.91 1 2 Φ 13.13 3 Φ 13.01 4 Φ13.16 Φ13.24 5 6 Φ 13.31 7 Φ13.24 8 Φ 13.31 Φ 12.60 9
- 9山ベローズ断面(Ф8×t1.3)



(4) アルミニウム合金 (A3003TD-0) 製ベローズ (Φ8.0×t1.5) 9山ベローズの開発

<u>製作風景</u>





ベローズ作成中



ベローズ完成



金型にベローズがはまり込んで外れない

(5) アルミニウム合金(A3003TD-0)製ベローズの比較

| パイプ径 | φ 8.0 | φ 8.0 | φ 8.0 | φ 8.0 | |
|------------------|---------|---------|---------|---------|--|
| 肉厚 | t=1.0 | t=1.0 | t=1.3 | t=1.5 | |
| ベローズ山数 | 3 | 9 | 9 | 9 | |
| 断面写真 | ۶:۶ | | | MILLIN | |
| 最大山径 | φ 12.65 | φ 13.72 | φ 13.22 | φ 14.60 | |
| 最小山径 | φ 12.01 | φ 12.74 | φ 12.49 | φ 13.98 | |
| 最大肉厚 | 1.266 | 1.258 | 1.603 | 1.735 | |
| 最小肉厚 | 0.930 | 0.928 | 1.251 | 1.170 | |
| 直管パイプの共振点 | 424.9Hz | 472.9Hz | 471.2HZ | 464.0 | |
| ベローズの共振点 | 259.1Hz | 327.4Hz | 369.2Hz | 317.0 | |
| 直管パイプとの 柔軟性比較 | -39.0% | -30.7% | -21.6% | -31.6% | |

タ毎サノブベロー ブレ苏

(6) アルミニウム合金 (A6063T-83) 製ベローズ (Φ8.0×t1.0)、9 山ベローズ



(7) アルミニウム合金 (A3003TD-0) 製ベローズ (Φ8.0×t1.0, R1.5)9 山ベローズの開発 ·谷R1.5金型取付け



上型

ベローズ外径比較



| ЩΝΟ | 1回25MPa | 3回25MPa | 3回30MPa |
|-----|---------|---------|---------|
| 1 | 13.71 | 14.02 | 14.20 |
| 2 | 14.00 | 14.56 | 14.22 |
| 3 | 13.41 | 13.89 | 12.51 |
| 4 | 13.45 | 13.72 | 13.68 |
| 5 | 13.02 | 13.22 | 13.38 |
| 6 | 13.56 | 14.02 | 13.34 |
| 7 | 13.71 | 14.12 | 14.23 |
| 8 | 13.35 | 13.96 | 14.05 |
| 9 | 14.22 | 14.31 | 14.69 |



3. アルミニウム合金製ベローズの強度解析

78MPa

232MPa

ベローズ3筒所

アルミニウム合金(A063)製パイプ Ø8×t1.5で、直管パイプより最大曲げ応力が低くなるベロ ーズ形状を見つけ出すために、有限要素法を行った。解析モデルは、管の片側端を完全固定とし、 もう一方の管端に10mmの変位を与える場合とした。



34MPa



130MPa 116MPa / ベローズ部の応力は下 がったが拘束点の応力 が上がっている <

ベローズ山径の変化φ12

ベローズ山径の変化φ16

ベローズ山径が大きくなると、拘束点に 掛かる応力は低くなり、ベローズに掛か る応力はやや上がる。 ベローズ山径が小さくなると拘束点の応 カは高くなり、ベローズに掛かる応力は 小さくなる。





ベローズ山幅の変化 3

ー 直管パイプより応力 が高くなっている

102MPa

山幅は変化させてもベローズに掛かる応 力はあまり変化しない。 拘束点の応力も大きな変化はない。





谷幅が大きくなるとベローズに掛かる応 力が小さくなる。 拘束点に掛かる応力はあまり変わらな い。谷幅が応力に効くと思われる。



アルミベローズ山数と谷Rの違いによる応力比較









山幅は変化させてもベローズに掛かる応 力はあまり変化しない。 拘束点の応力も大きな変化はない。





4. エアコンパイプへのベローズ組込みと振動試験

<u>エアコンパイプへのベローズ組み込み</u>

実際のエアコンパイプに3山、9山それぞれペローズを組み込む。 対象製品はゴムホースを組み付けているエアコンパイプとする。







ベローズ端末のパイプ拡管部に曲げたパイプを差し込み、 ろう付けする。(矢印部)

<u>振動試験実施</u>

目的

ベローズパイプを組み込んだパイプが図面に指示された 耐震性を満足しているか確認する。

条件

加速度:7G×8時間

周波数:20~120Hz(10分でロングスウィープ)

試験クリア条件

上記試験後、3.53MPaにて洩れ無き事

参考

共振点検出試験も行った。

ベローズ組み込み完成品





2-3 超高張力鋼板の複雑形状高精度成形技術開発

(株) ベルソニカ、(株)オーミ、エンシュウ(株)

1. 従来技術との比較による本研究開発の課題と効果

600MPa 級までの高張力鋼板の冷間プレス成形は、従来技術の延長で成形が可能であった が、980-1180MPa 級の超高張力鋼板の冷間プレス成形は、スプリングバック等が大きいため、 十分な成形精度を得ることはきわめて困難である。本研究開発では、この超高張力鋼板のプ レス成形を実現するための技術開発を実現するものである。これらの技術が実現すると、自 動車の高強度部材による軽量化を大いに進めることができる。



対象モデルと目標

モデル

複雑形状部品の成形技術開発の為、簡易モデルから複雑形状モデルに順次シミュレーション、実験を進めるべく、以下の3種のモデル(直線HATモデル、S-RAILモデル、3次元形状)を対象とした。 また、三次元形状モデルは、実際に使用される製品に近似の形状とした。



以内に入っている必要がある。さらに、量産中の精度のばらつきを考慮し、安定した品質を保つ為に、 今回は、面精度±0.5mmという目標を設定した。







①直線HATモデル: 実験結果



直線HATモデル: 4 テーラードブランク(TWB) - 概要







直線HATモデル: ③見込み形状追加-実験結果



直線 HAT モデルまとめ

- ①980MPa 級ハイテンや、TWB 材を使用した直線 HAT 形状について、2工程成形化・見込み形状追加のシミュレーションと成形実験を行い、目標である、成形品形状と正規形状との差異を±0.5mm以内にすることを、達成できた。
- ②TWB 材を使用した場合のシミュレーション結果は、実験の結果とは異なる傾向を示した。精度を 上げる為には、正確な材料物性値の使用、シミュレーションモデルの改善などが必要である。

3. S-RAIL 型成形モデルによる技術開発







S-RAILモデル: 2形状凍結ビード-ねらい



S-RAILモデル:2形状凍結ビードシミュレーション結果



実験結果-成形品端面写真







S-RAILモデルまとめ

① 2工程成形化・見込み形状を追加したモデル:改善1について、シミュレーションと成形実験を行ったが、スプリングバック量が4.5mmとなり、目標の達成には至らなかった。また、シワが原因となりワレが発生した。

② 改善1モデルに対して、1工程目の形状変更、2工程目に壁圧縮を追加したモデル:改善 2について、シミュレーションを行った結果、目標の面精度±0.5mmをほぼ達成できた。

③ 改善2モデルについて、シミュレーション結果に基づき、成形実験を行った結果、目標の面 精度±0.5mmをほぼ達成できた。 4. 3次元複雑形状モデルによる技術開発

三次元形状モデル - 研究内容





三次元形状モデル - 3 縦壁圧縮 - 製品形状



成形法:FM成形(曲げ成形)

成形法:RS成形(曲げ成形)





三次元形状モデル - 金型

三次元形状モデル - 実験結果(980材・圧縮なし)



結果:圧縮をしない場合、最大5mm程度のスプリングバックが発生してしまう。



三次元形状モデル-実験結果(1180材・圧縮なし)



三次元形状モデル-実験結果(1180材・圧縮あり)

<u>面積比率</u>

<u>スプリングバック分布</u>



結果:圧縮をした場合、スプリングバックが約5mmから約2mmまで、減少した。





三次元形状モデル - 金型変形解析



三次元形状モデルまとめ

- ① 製品と同様の形状を持つ、三次元モデル(材質:980MPa 級、1180MPa級)に対し、縦壁圧縮成形を行った。 実験の結果、980ハイテンの合格率は、縦壁圧縮なしでは 45%であったが、縦壁圧縮ありでは、88.1%となり、ほぼ実用 可能な精度となった。 1180ハイテンの合格率は、縦壁圧縮なしでは37%であった が、縦壁圧縮ありでは、62%となり、980ハイテンと同様に、 改善効果があることがわかった。
- ② 980ハイテンのシミュレーションを行った結果、 縦壁圧縮ありの合格率は95%であった。



③ 実験とシミュレーションとは結果が異なっており、その原因 は、金型構造上の強度不足による変形の影響が大きいと 考えられるため、今後は下記を考慮する必要がある。 1. 金型強度の確保、および製作前の強度確認 2. 金型の弾性変形を考慮したシミュレーション

本研究のまとめ

本研究のまとめ

本研究のまとめとして、以下の結論を得た。

- (1) 単純形状を持つ直線HATでは、2工程で成形する事で、スプリングバックの発生 を±0.5mm以内に抑えることが可能である。
- 2) S-RAILモデル、3次元形状モデルでは、スプリングバックの原因となる内部応力が発生 する。その応力分布を、縦壁圧縮により抑制することにより、スプリングバックの発生を 90%程度抑えることができる。
- ③ 複雑形状部品のスプリングバックを抑制し、目標形状に近づけるためには下記の項目 が必要である。

1)成形は2段成形+縦壁圧縮を行う。

2)金型は、弾性成形まで考慮した剛性を確保する必要がある。

5. 高張力鋼板の3次元形状部材のレーザ溶接技術開発

レーザーの種類

| 種類 | 概観 | 出力 | 波長 | 2-2 | エネルギ密度 |
|------|----|-----|-----------------------------|-----------------|-----------------------|
| | | | | プロファイル | |
| DDL | | 5kW | 980 nm | 矩形 2.6×0.5mm | 3.8kW/mm ² |
| FOLD | | Зк₩ | 980 nm + 840 nm | 円形 ФО.8mm | 6kW/mm ² |

平板ワークの突合せ溶接



加工結果溶接概観



材質による大きな概観の変化はなかった。

| 引張り |)試 | 験結果 テストピース | ス |
|-----|-------|------------|-------------|
| | 母材 | well mark | |
| | | 5.0m/min | 7.0m/min |
| | 溶接ワーク | Malu | Provint 199 |

溶接線(HAZ部)に沿って、破断が起きる

引張り試験結果 引張り強度



溶接速度が遅いと、引張り強度が小さくなる 6.0m/min以上で母材とほぼ同等の引張り強度 になった 硬度測定



試験用 ギャップの作りかた



| ギャップ | JSC590 t1.2×t1.2 |
|-------|------------------|
| 0.3mm | |
| 0.2mm | |
| 0.1mm | |
| 0.0mm | |



溶接概観

| | 4++->7 0 mm | #+>7 01 mm | #+ップ 0.2 mm | 4+07 03 mm |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|------------|
| 1.2mm | 21.85 M | 20.82 KN | 21.4 KN | 20.45 kN |
| 1.2mm | | HE BUILD | | |
| | 20.05 M | 18.9 kN | 20.57 KN | 19.95 kN |
| 1.2mm × 1.4mm | | | | |
| | 13-15- 21-21 | 話話こしと | 1445 × 1 | HE 35 1 1 |
| | 20.9 KN | 21.05 KN | 21.3 KN | 21.45 KN |
| 1.2mm × | | | | |
| | H # 1/ 8 | 12 3 3 5 1 E | 13 13 1 1 2 | 13 FS |

上記条件にてO.3mm以下のギャップに対して 母材破断の強度を保てる。

溶接した平板をベルソニカにてプレス



結果、プレスによる割れは見られなかった。 溶接強度は問題ない事が確認できた。

溶接基礎試験まとめ

- 1.4mmの等厚同士のハイテン材(590、790、980) 突合せ溶接 ・DDL 5.5kWでの照射試験
 - 7.0 m/min以上で溶け込み不足になる。
 5.0 m/min以下で引張り強度が小さくなり、

 - 6.0 m/min以上では母材とほぼ同等の引張り強度になった ・HAZ部分に若干の軟化が起き、溶接線に沿って破断が起き易い

- テーラードブランク突合せ溶接
 DDL 55kW 6.0m/min での照射試験
 - ・下記組み合わせにおいて、ギャップを0.0~0.3mmつけても 引張り試験で母材破断がおきた。
 - · 590(t1.2)x590(t1.2) · 590(t1.2)x590(t1.4) · 590(t1.2)x980(t1.6)
- 1.4mm、JSC270とJSC980or980の突合せ溶接 ・DDL 5.5kW、ギャップ0.1mmでの照射試験 試験後ワークをプレス成形したが、割れなどの不良はなかった

3次元溶接



レーザー種類

制御方法とレーザー光源の特徴

| 制御 | | 姿勢制御 | 精度 |
|-----|--------|------------------|------|
| | ロボット | 0 | × |
| | NC(5軸) | \bigtriangleup | 0 |
| | | | |
| レーザ | | 3次元 | ギャップ |
| 光源 | DDL 🚞 | × | 0 |
| | FOLD 🔘 | 0 | Δ |
| | | | |



DDL+NC3軸+ロボット3軸



- ・軌跡精度は良いが、
- 彩励相反は及いが、 姿勢制御範囲が狭い。 ギャップの許容範囲は広いが、 スポット形状が矩形の為 3次元を接入の適用範囲が 限られる。



FOL+ロボット6軸



・姿勢制御範囲が広いが、軌跡精度が悪い。
 ・ギャップの許容範囲は狭いが、
 スポット形状が円形の為3次元溶接への適用範囲が広い。







レーザー本体への反射防止の為につけた 倒れ角度による影響

3次元溶接のまとめ

軌跡精度を上げるには

- ・ティーチングポイントの数を増やす。
- ・急激なアーム移動をさせない
- ・ロボット軸のベースに近い部分を出来るだけ動かさない。 ・ワークの設置、及び教示時に注意する。
- オフラインによるティーチング、(またはリアルタイム補正)
 オフラインによるプログラム補正ソフトが必要
 出来るだけ姿勢精度を保つプログラム作り

2-4 3D-CAD/CAM/CAE/CAT による開発支援 静岡大学

| 本年度の課題 | 成果と目標達成度 | |
|--|----------------|--|
| 1. 上記テーマに関連する 3D-CAD/CAM/CAE/CATの開発支援 | 1. 目標達成度: 100% | |

1. 従来技術との比較による本研究開発の課題と効果

プレス成形の工程設計、金型設計、金型加工等は、従来、エキスパートの経験によって行われてきたが、 その場合、3D-CAD, 3D-CAE, 3D-CAT の活用は不十分であったり、ほとんど使われてこなかった。そのため、 開発期間が長引いたり、金型の再製作等でコストがかかっていた。本研究では、3D-CAD, 3D-CAE, 3D-CAT をフルに活用して、工程設計、金型設計・製作の前に、成形シミュレーションを行って3D-CAD 図面と比 較評価したり、試作した金型を用いて試し打ちした成形品を、3D-CAT によって形状測定して、3D-CAD 図面と比較評価する技術開発を行う。これにより、超高張力鋼板のプレス成形方法を3D デジタル技術に よって、良品条件を確立することができ、開発期間の短縮や、コストの削減に役立てる。



従来技術との比較/課題と効果

(1) ベローズ管の強度評価技術



(2) 高張力鋼板のプレス成形シミュレーション技術

S-RAILモデル:2形状凍結ビードシミュレーション結果







S-RAILモデル: ③縦壁圧縮-シミュレーション結果





最終章 全体 総括

3-1 管素材の金型曲げ成形とせん断技術開発

(1)研究成果のまとめ

世界初のチューブフォーミングシステムを完成した。このシステムは、管素材を投入すると、 全自動で、曲げ、縮管、拡管、せん断等の管の成形を連続して行うことができる設備である。現 在、このシステムを用いて、自動車用の複雑管形状製品の実生産を実施している。

1) 試作開発した管曲げ成形機を用いて、管端押し荷重等を変えて、しわ発生、板厚減少、曲 げ角度のバラツキ等について比較検討を行い、成形可能条件範囲を確認した。

2) 試作した異形管せん断機を用いて、せん断加工条件について検討し、加工時間の短縮、 工具摩耗の抑制、ばり抑制等の加工条件について確認した。

3) チューブフォーミングシステムを企画・設計・製作し、そのシステムを用いて、自動車用の複 雑管形状製品を全自動で実生産を実施している。

自動車部品の生産実績: 20,000~65,000本/月(2008年7月から)

- ・少人化: 10名予定→4名に削減
- 材料歩留まり:90%以上
- 不良率: 1%以下
- 稼動率: 90%以上
- ・サイクルタイム: 20S以下
- (2) 今後の課題

チューブフォーミングシステムを用いて、さらに複雑が形状部品の生産を実施する。

3-2 アルミ合金製可とう性パイプの成形技術開発

(1)研究成果のまとめ

アルミニウム合金製パイプのベローズ成形機を開発し、それを用いて3山と9山の各種板厚さのベローズとその成形条件の確立を図った。また、そのベローズ管の可とう性について有限要素シミュレーション解析により検討した。自動車用エアコンパイプを製造し、

1) 内圧と軸力を加えて蛇腹成形を行う蛇腹成形機を開発し、アルミニウム合金(A3003, A6061)製の素管(外径 8mm,厚さ1.0-1.5mm)から、外径 13-15mm 程度の3山と9山のベローズの成形に成功した。

2) ベローズ管の可とう性について有限要素シミュレーションを用いて解析した結果、ベローズの配置数および配置の位置により、ベローズに発生する応力の緩和を図るための条件が存在することを確認した。

3) 自動車用エアコンパイプを製作し、振動試験による共振特性等について検証した。

(2) 今後の課題

高い内圧に耐え可とう性のあるアルミニウム合金ベローズ管を製作し、自動車用エアコンパイプとしての実用性能評価を行う。

3-3 超高張力鋼板の複雑形状高精度成形技開発

(1)研究成果のまとめ

ベルソニカとオーミは、1180MPa 級までの超高張力鋼板について、実験と成形シミュレーションにより、直線ハット曲げ、S-Rail 成形、複雑形状 S-Rail 成形におけるスプリングバック特性等の製品精度の検討を行った。

1) 直線ハット曲げにおいて、2工程成形によりスプリングバックはほぼ0となるが、パンチ底 面の膨らみとフランジの跳ね上がりが生じることが分かった。さらに、ハット曲げ2工程成形 の第1成形工程において見込み形状を追加することにより、スプリングバック、パンチ底面の 膨らみ、フランジの跳ね上がりともに0.5mm以内に抑制することが可能となった。

2) 半導体レーザーによって溶接した 980/270MPa 級のテーラードブランクについて、ハット曲 げ成形を行った。1工程成形では、高張力側のスプリングバックが大きくなったが、2工程成 形では、スプリングバックを0.5mm 以内に抑制することが可能になった。

3) S-Rail形状の成形について、2工程成形、見込み形状、縦壁圧縮、形状凍結ビード成形等に よる形状精度向上策について検討した結果、目的である面精度±0.5mm以内を、ほぼ達成できた。 4)実際の自動車用部品の形状に近い複雑形状 S-Rail 成形において、1180MPa の超高張力鋼板の 2工程成形、見込み形状、縦壁圧縮、形状凍結ビード成形等による形状精度向上策について検 討した結果、スプリングバック量±2mm以内をほぼ達成できた。

5) 板厚 1.2mm の 1200MPa 級までのハット曲げ成形した高張力鋼板について、半導体レーザ溶接機による3次元形状の突合わせ溶接条件を確立した。

(2) 今後の課題

1200MPa 級の超高張力鋼板製の自動車用部品形状に対して、本研究で開発した高精度成形法を 適用し、実用部品の生産を実施する。また、板状および管状部品の突合わせ部の3次元溶接条 件を確立し、高張力鋼板の3次元形状製品の溶接を実施する。

3-4 3D-CAD/CAM/CAE/CAT による開発支援

(1)研究成果のまとめ

本研究では、3D-CAD, 3D-CAE, 3D-CAT をフルに活用して、工程設計、金型設計・製作の前に、 成形シミュレーションを行って3D-CAD 図面と比較評価した。また、試作した金型を用いて試 し打ちした成形品を、3D-CAT によって形状測定して、3D-CAD 図面と比較評価する技術開発を 行った。これにより、超高張力鋼板のプレス成形方法を3D デジタル技術によって、良品条件 を確立することができ、開発期間の短縮や、コストの削減に役立てることができた。

(2) 今後の課題

地元の製造業の設計技術者や生産技術者が、3D-CAD/CAM/CAE/CATの3次元デジタル技術をフ ルに活用できるような次世代ものづくり人材育成を行う。