

平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業
「自動車用ハイテン材の順送バリレス加工技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成25年3月

委託者 関東経済産業局

委託先 財団法人にいがた産業創造機構

目次

第1章	研究開発の概要	1
1-1	研究開発の背景及び研究開発の目的・目標	1
1-2	研究体制	2
1-3	成果概要	9
1-3-1	厚板高張力鋼板の穴及び外周抜きの加工技術開発	9
1-3-2	バリレス順送金型の開発	9
1-3-3	バリレス順送加工技術の開発	9
1-4	当該研究開発の連絡窓口	9
第2章	厚板高張力鋼板の穴及び外周抜きの加工技術開発	10
2-1	目的	10
2-2	実施内容	10
2-2-1	穴抜き加工技術の開発	10
2-2-1-1	穴抜き、しごき別加工による検討	10
2-2-1-1-1	試験概要	10
2-2-1-1-2	バリ高さの評価	12
2-2-1-1-3	せん断面の評価	13
2-2-1-1-4	塑性変形量の評価	13
2-2-2	穴抜き・しごき同時加工の検証	14
2-2-2-1	対象部品と穴径について	14
2-2-2-2	加工穴の評価	15
2-2-2-2-1	バリ高さ	15
2-2-2-2-2	せん断面比率及び表面粗さ	15
2-2-2-2-3	塑性変形量	16
2-2-3	まとめ	17
2-3-1	外周抜きの加工技術開発	17
2-3-1-1	Vノッチ付与の効果	17
2-3-1-1-1	対象部品	17
2-3-1-1-2	試験条件	17
2-3-1-1-3	測定条件	18
2-3-1-1-4	試験結果	18
2-3-1-1-4-1	抜き速度とせん断面比率について	18
2-3-1-1-4-2	抜き速度とバリ高さについて	20
2-3-1-1-4-3	抜き速度とダレ量について	21
2-3-2	バリ抑制コイニングの効果	23

2-3-2-1	バリを無害化するコイニング加工	23
2-3-2-2	コイニング加工の試験結果	24
2-3-3	まとめ	24
第3章	バリレス順送金型の開発	25
3-1	目的	25
3-2	実施内容	25
3-2-1	対象部品	25
3-2-2	順送レイアウトと金型構造	25
3-2-3	第1回順送プレス試験	26
3-2-3-1	シェーピングパンチの先端形状の影響	26
3-2-3-2	丸穴抜きしごき部について	27
3-2-4	金型の改良と第2回順送プレス試験	28
3-2-4-1	丸穴抜きしごき部の改良	28
3-2-4-2	切り離し工程での傾き及びマッチング段差対策	28
3-2-4-3	第2回順送プレス試験の結果	29
3-3	まとめ	30
第4章	バリレス順送加工技術の開発	
4-1	目的	31
4-2	スライドモーションを変化させたプレス試験	31
4-2-1	試験の概要	31
4-2-2	試験結果	31
4-3	潤滑方法の検討	33
4-4	まとめ	33
第5章	全体総括	34
5-1	研究開発の概要	34
5-2	研究開発の内容と成果	34
5-2-1	バリレス順送金型及び加工技術の開発	34
5-2-2	開発の成果	35

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景及び研究開発の目的・目標

各国において環境保護の観点から自動車に対する燃費規制、排気ガス規制等が逐次強化されている中で、最近の世界的経済の不透明感から自動車産業では、環境対応や徹底したコストダウンが企業の競争力を大きく左右する状況となっている。

本研究開発の対象である自動車用シートフレームの機構部品は、欧米の同様部品と比較しても同等あるいはそれ以上の性能を有しているとともに、市場の成長が著しいアジア方面に対しては、日本国内から部品の供給がなされている状況である。しかしながら、今後とも国際的な競争力を備えた製品を作り続けていくためには、製造工程の削減や生産性の向上によるコスト競争力を高めていく必要がある。

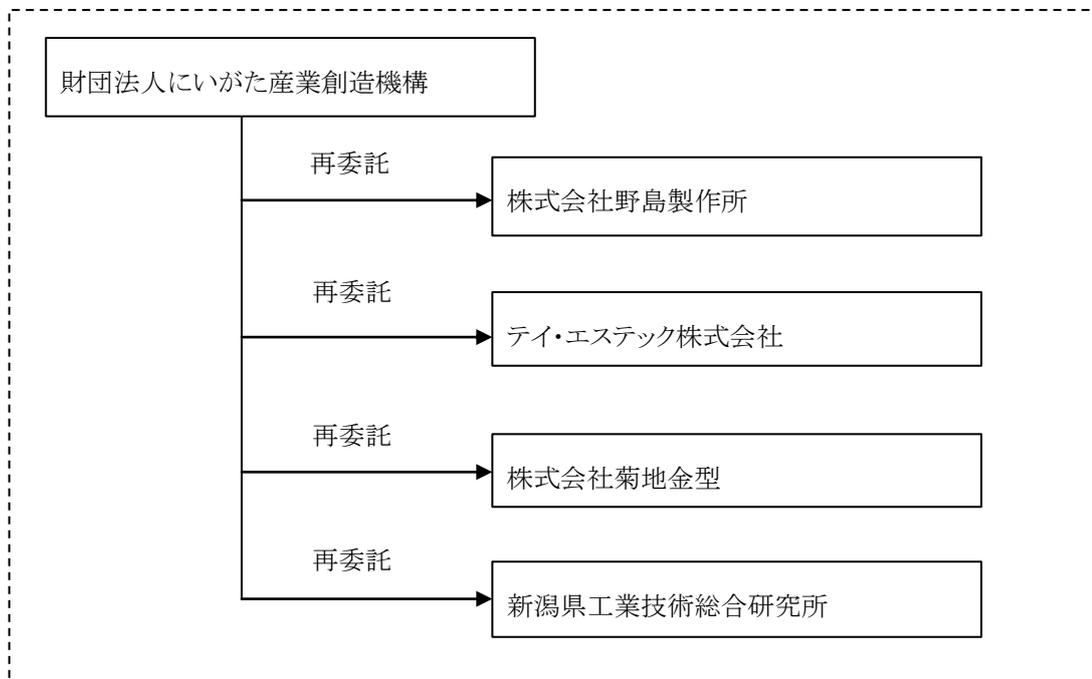
シートフレームは、鋼板製フレームにビニールレザー等の表皮生地を被せてシートに組み上げる。その際、鉄製シートフレーム部品にバリや鋭いエッジ等があると、表皮生地に亀裂を生じさせる可能性があるとともに、作業者が組み付け作業時に手を怪我する危険性をはらんでいる。そのため、これらの部品には厳しいバリ処理工程が必要とされる。現状のバリ処理は、バレル研磨によるバリ処理に加え全数の目視検査を行っているため、生産性向上のさまたげとなるほか、コスト削減、納期管理及び品質管理が難しいなどの問題を有している。本事業では、これらの問題を解決するため、プレス順送加工にサーボモーション技術を組み合わせることにより、バリレス加工技術を確立することを目的とする。

今後、自動車の軽量化のために採用が拡大する高張力鋼板（ハイテン材）について、そのプレス加工時に特に問題となっている抜き加工時のバリの抑制及びプレス工程内でのバリ処理、さらに抜き加工面の品質向上を順送プレスによる省工程の上で確立できれば、その加工技術はグローバル化する日本の自動車部品産業の技術力をより高め、世界をさらにリードできるものと考えられる。

1-2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

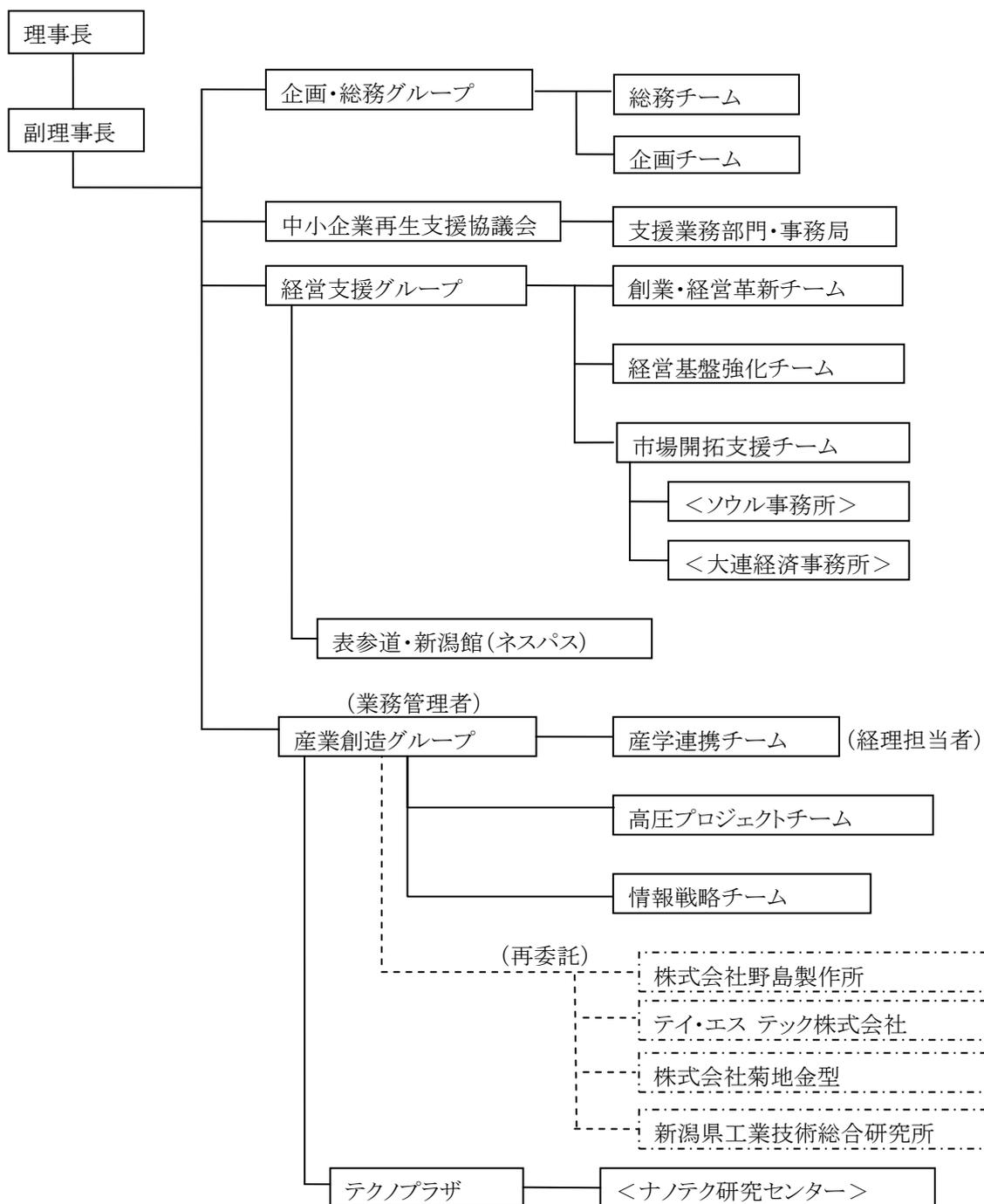
1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

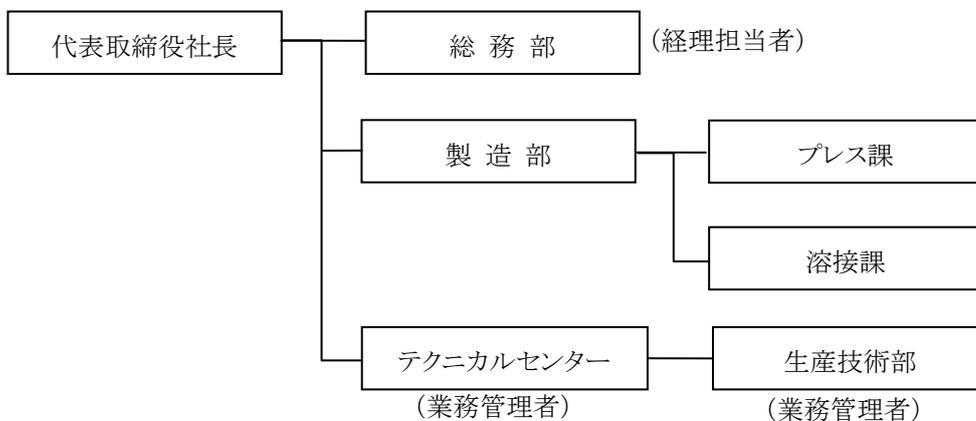
① 事業管理機関

[財団法人にいがた産業創造機構]

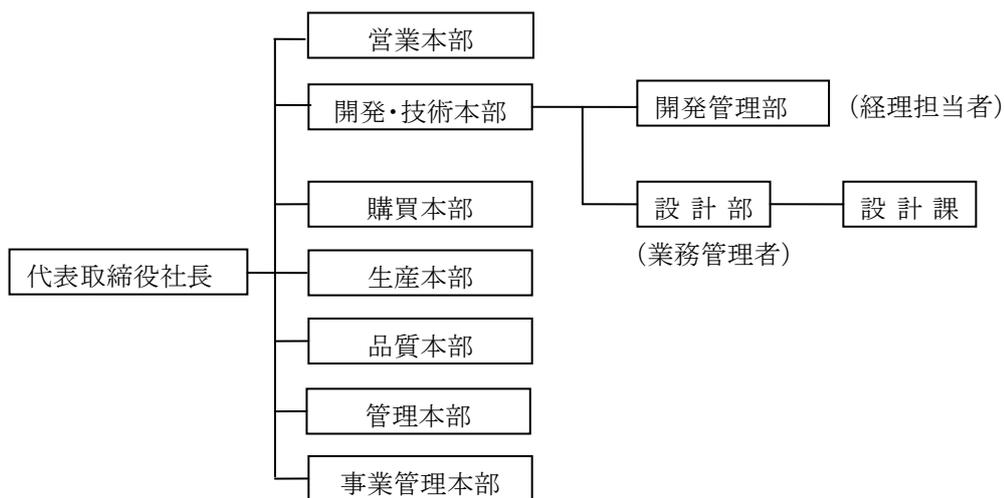


②再委託先

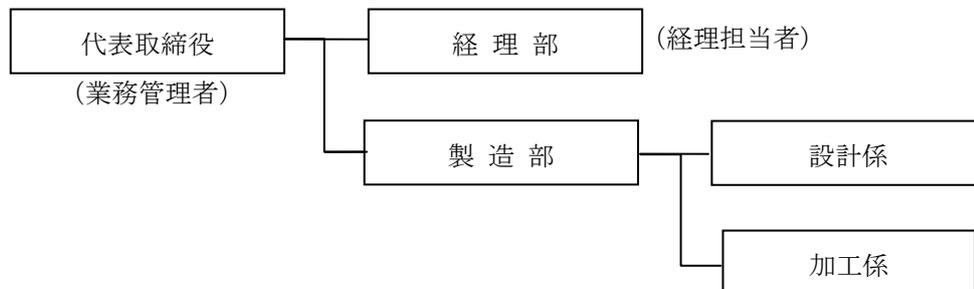
[株式会社野島製作所]



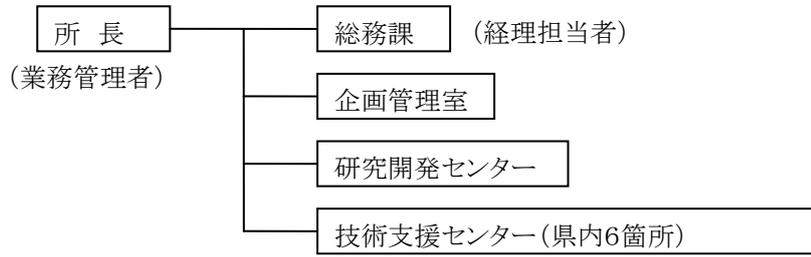
[テイ・エステック株式会社]



[株式会社菊地金型]



[新潟県工業技術総合研究所]



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】財団法人にいがた産業創造機構

①管理員

氏名	所属・役職
杉井 伸吾	産業創造グループ 産学連携チーム シニアエキスパート
佐藤 大和	産業創造グループ 産学連携チーム チーフ

【再委託先】

②研究員

株式会社野島製作所

氏名	所属・役職
吉田 元之	執行役員 テクニカルセンター長
原 正史	テクニカルセンター 生産技術部 技師
名見耶 正美	テクニカルセンター 生産技術部 技師
石川 一輝	テクニカルセンター 生産技術部 主任
永井 謙介	テクニカルセンター 生産技術部 主任
山崎 勝	テクニカルセンター 生産技術部
渡辺 寛幸	テクニカルセンター 生産技術部

テイ・エステック株式会社

氏名	所属・役職
佐山 達雄	開発・技術本部 設計部 設計課 DEV開発係 研究員

株式会社菊地金型

氏名	所属・役職
坂井田 正和	顧問
佐藤 修三	製造部 部長
菊地 泰司	製造部 課長
鷺澤 智一	製造部
深澤 保志	製造部
佐藤 寛之	製造部

新潟県工業技術総合研究所

氏名	所属・役職
桂澤 豊	下越技術支援センター 参事
相田 収平	研究開発センター 専門研究員
田辺 寛	研究開発センター 専門研究員

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(管理法人)

財団法人にいがた産業創造機構

(経理担当者) 産業創造グループ 産学連携チーム マネージャー 斎藤 茂樹

(業務管理者) 産業創造グループ 総括マネージャー 紫竹 耕司

(再委託先)

株式会社野島製作所

(経理担当者) 常務取締役 総務部長 柴沢 敏行

(業務管理者) 執行役員 テクニカルセンター長 吉田 元之

生産技術部長 羽二生 二三男

テイ・エステック株式会社

(経理担当者) 開発・技術本部 開発管理部 部長 鳴海 聡

(業務管理者) 開発・技術本部 設計部 部長 新井 裕

株式会社菊地金型

(経理担当者) 経理部長 菊地 京子

(業務管理者) 代表取締役 菊地 謹司

新潟県工業技術総合研究所

(経理担当者) 総務課総務係長 田澤 聡

(業務管理者) 所長 野中 敏

(4) 他からの指導・協力者名及び指導・協力事項
 [研究開発推進委員会委員]

氏名	所属・役職	備考
原 正史	株式会社野島製作所 テクニカルセンター 生産技術部 技師	P L
相田 収平	新潟県工業技術総合研究所 研究開発センター 専門研究員	S L
佐山 達雄	テイ・エステック株式会社 開発・技術本部 設計部 設計課 DEV開発係 研究員	
菊地 泰司	株式会社菊地金型 製造部 課長	
桂澤 豊	新潟県工業技術総合研究所 下越技術支援センター 参事	
早川 新一	財団法人にいがた産業創造機構 産業創造グループ ディレクター	
紫竹 耕司	財団法人にいがた産業創造機構 産業創造グループ 総括マネージャー	
西村 尚	東京都立大学 名誉教授	アドバイザー
王 志剛	国立大学法人 岐阜大学 工学部機械システム工学科 教授	アドバイザー
渡辺 琢也	新潟県産業労働観光部産業振興課 課長	アドバイザー

1-3 成果概要

1-3-1 厚板高張力鋼板の穴及び外周抜きの加工技術開発

厚板高張力鋼板部品の穴抜き加工では、780MPa 級高張力鋼板を使用する自動車用シートフレーム機構部品の製品要件であるバリ高さ 0.1mm 以下、せん断面比率 80%以上、抜き面の加工面表面粗さ（算術平均粗さ（Ra）で Ra6.3 μ m、後に最大高さ粗さ Rz10 μ m 以下に変更）等を満足するため、しごきパンチにおけるしごき量及びしごきパンチの先端角度が変化した場合の穴の評価を行い、最適条件を把握することが出来た。

さらに、上記加工条件をもとに、抜きパンチとしごきパンチを一体化し同時加工を行う研究に取り組み、バリ高さ、せん断面比率などに一定の成果を見出すことができた。

外周部の加工では、V ノッチ付与の効果を検証し、カット工程＋シェービング工程において、ダレ量、せん断面比率等で高い効果があることを明らかにした。また、穴抜き部におけるバリのコイニング加工について、面押し形状を研究し、バリ無害化を確認して、これらの結果を外周に展開した。

1-3-2 バリレス順送金型の開発

厚板高張力鋼板を対象材料とした順送金型の開発では、穴及び外周抜きの加工技術開発で得た結果を順送加工のレイアウトに反映するとともに、繰り返し検討を重ねて、実部品想定形状に対応した量産性のある順送金型を開発した。

1-3-3 バリレス順送加工技術の開発

開発した順送金型を用い、切り板やコイル材によるプレス試験を行い、最適なサーボモーションの検討を行った。また、順送プレスにより製作した製品の寸法精度、出来栄等の見極めを実施するとともに、量産において不可欠となる潤滑方法、型材の見極め、耐久性の検証を行い、量産金型へ落とし込みの出来る技術開発を実施した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

財団法人にいがた産業創造機構

〒950-0078 新潟市中央区万代島 5 番 1 号「万代島ビル」10F

産業創造グループ 産学連携チーム

シニアエキスパート 杉井 伸吾

チーフ 佐藤 大和

TEL 025-246-0068 FAX 025-246-0033

E-mail info@nico.or.jp

第2章 厚板高張力鋼板の穴及び外周抜きの加工技術開発

2-1 目的

自動車用シートフレームの機構部品には、現在、機械構造用合金鋼 SCM435 などが用いられているが、穴断面部のせん断面比率 80%以上という品質を保持するために、高価な専用プレス機と金型が必要となるファインブランキングで製作され、コストが嵩む要因の一つとなっている。さらに、同材料は機械的強度の向上を図るために焼き入れ・焼き戻しといった熱処理が必要であり、これがコストダウンを阻害する要因にもなっている。

一方、自動車用シートは、シートフレームにビニールレザー等の表皮生地を覆うことで製品としているが、シートフレーム部品にバリ等が存在すると表皮生地进行を破る可能性があるだけでなく、組み立て作業者が手を傷つけることが問題となる。

そこで、上記課題を解決すべく自動車用シートフレーム機構部品において、機械構造用合金鋼 SCM435 に代わる材料として高張力鋼板を適用し、穴及び外周部におけるバリ抑制加工技術の開発を行った。具体的な開発目標を以下に記す。

- 1) 穴加工の際に生じるバリ高さを 0.1mm 以下に抑える。
- 2) 穴加工後の断面部のせん断面比率を 80%以上確保する。
- 3) 上記2つの目標を達成する穴抜き加工としごき加工を同時加工する技術の開発

2-2 実施内容

2-2-1 穴抜き加工技術の開発

開発の対象とした部品は、自動車用シートフレームの機構部品である（図 2-1）。この部品は強度の確保と熱処理工程の省略を目的に 780MPa 級高張力鋼板、板厚 6mm の材料が適用される。部品の穴径は $\phi 12.1$ （後に設計変更で $\phi 12.4$ ）及び $\phi 5.1$ である。

2-2-1-1 穴抜き、しごき別加工による検討

2-2-1-1-1 試験概要

図 2-1 で示したシートフレーム機構部品の穴抜きについて、前述の目標を最小工数で達成するために、穴抜き加工としごき加工を同時加工する技術の開発を行った。打ち抜きパンチの形状決定にあたり最適条件を検討するため、それぞれ独立して「抜き加工」及び「しごき加工」の実験を行った後、「抜き加工」と「しごき加工」の実験結果をもとにそれぞれのパラメータを組み合わせた形状の「打ち抜きパンチ」を製作した。

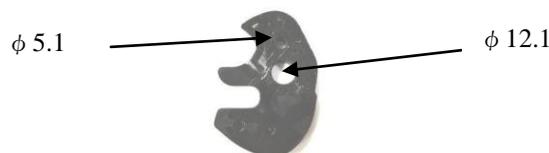


図 2-1 開発対象とした自動車用シートフレーム機構部品

表 2-1 に穴しごき加工試験の試験条件、図 2-2 に試験概要図を示す。供試材は高張力鋼板 780DP、780DPH、590、S45C の 4 種類を用い、テストピースはしごき加工の前工程として、予備穴の抜き加工を行った。しごき率は予備穴加工用の金型クリアランス（ダイス半径－パンチ半径）により決定され、予備試験としてしごき率 10% を試験し、その後、さらに 2、5、15% を追加した。パンチはストレート形状のパンチ及び PW パンチを使用した。パンチのテーパ角度 7° から 45° の 7 種類を試験した。

加工試験にはデジタルサーボプレス（アイダ㈱製 NS1-D、加圧能力 2,000kN）を使用した。スライドモーションはクランクモーションで加工を行い、試験速度は 40spm 一定とした。

バリ高さ及び試験片表面の塑性変形量の測定には、輪郭形状測定器（㈱ミツトヨ製コントローサ CV648）を使用し、バリ高さは抜き穴を周全体で評価する必要から回転テーブルも使用した。しごき面の評価にはマイクロスコープ（HIROX 製 KH-7700）を用いた。この写真からしごき面、破断面の観察の他、ダレ、割れ等の観察を行った。抜き面の表面粗さの評価には、表面粗さ・輪郭形状統合測定機（㈱東京精密製 サーフコム 5000DX）を用い、しごき穴内部の測定のため心違いスタイラスを使用した。

表 2-1 穴しごき加工の試験条件

供試材	780DP、780DPH、590、S45C
しごき率（しごき代/板厚）	2、5、10、15%
パンチテーパ角度 (θ)	7° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 、 35° 、 45°
加工速度	40spm
パンチ形状	ストレートパンチ、PW パンチ
パンチ材質	粉末焼結ハイス HAP40（窒化処理）
パンチ-ダイスクリアランス	0.05mm

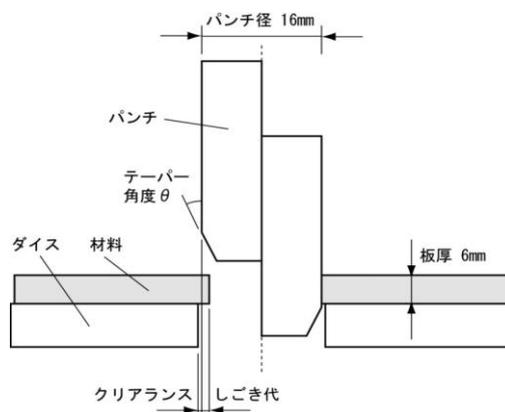


図 2-2 試験概要図

2-2-1-1-2 バリ高さの評価

しごき加工において、パンチ角度を変化させた場合のバリ高さを示す。図 2-3 には、パンチ角度 20°と 30°における材料別のバリ高さを示した。パンチ角度 20°においては、対象製品のバリ高さの許容限度である 0.1mm をほとんどの材料で超えているが、パンチ角度 30° では、各材料のクリアランス 10%及び 15%で許容限度を下回る良好な結果となった。図 2-4 にクリアランスを 10%一定とした場合のパンチ角度 45° 及びPW パンチのバリ高さを示す。パンチ角度 45° 及びPW パンチでもバリ高さは許容限度を下回っており、以上の結果から、パンチ角度 30° 以上であればバリ高さを 0.1mm 以下に抑制することが可能であることが判明した。

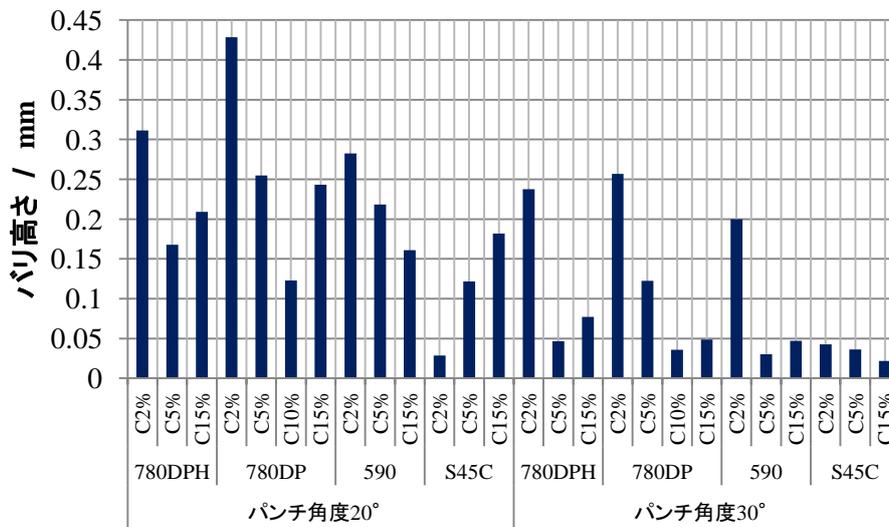


図 2-3 パンチ角度 (20°、30°) 及び材料別のバリ高さ

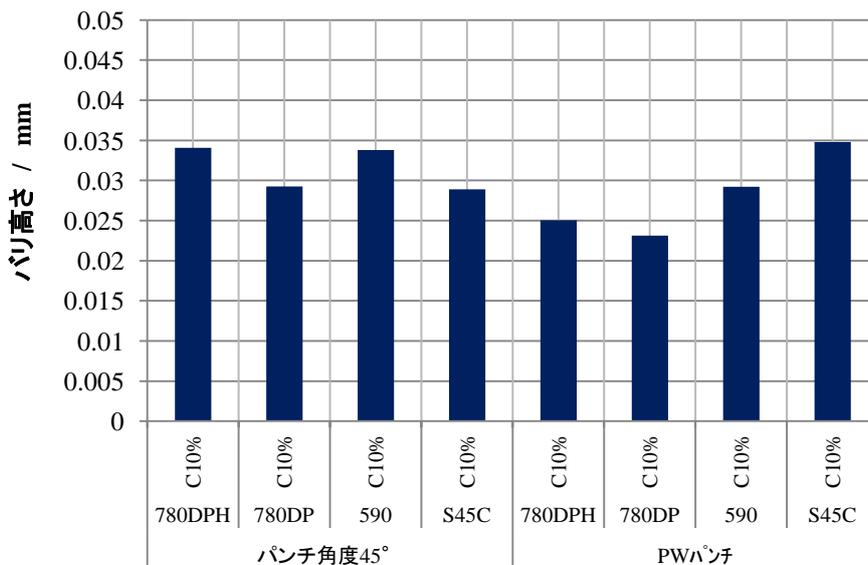


図 2-4 パンチ角度 45° 及び PW パンチのバリ高さ

2-2-1-1-3 せん断面の評価

次に、パンチ角度とせん断面比率の関係を図 2-5 に示す。材料は 780DP、クリアランスは 10%と一定にした。パンチ角度 7° 及び 15° では、加工面のせん断面比率が概ね 40%前後と低い値を取るが、パンチ角度 20° 以上であれば、せん断面比率は 90%を超えており、対象製品の許容限度である 80%を上回る結果となった。

穴部の表面粗さについては、対象製品の穴部加工面における表面粗さの許容値は、算術平均粗さ (Ra) で Ra6.3 μm であるが、最大でもパンチ角度 45° で約 Ra0.6 μm で、許容値の 1/10 となっており、すべてのパンチ角度で製品スペックを満足した。

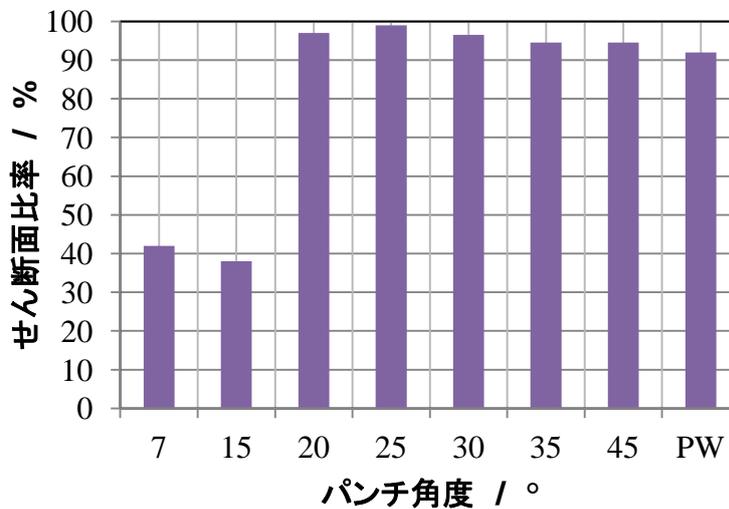


図 2-5 パンチ角度とせん断面比率の関係

2-2-1-1-4 塑性変形量の評価

次に、ワーク表面における抜き穴周囲に顕著な塑性変形が見られたため、その評価を行った。図 2-6 にパンチ角度を変化させた場合のしごき加工時に生じるワーク表面の塑性変形量について示す。材料は 780DP、クリアランスは 10%一定としている。この場合の塑性変形量とは、パンチが材料に進入し、パンチに接触した周囲の材料が塑性変形により押し出された際の高さを示している。ワーク表面の性状は加工条件を変化させることで、盛り上がり又はダレへと変化することから、ダレ量も同じグラフで示し、プラス側は塑性変形量、マイナス側はダレ量とした。なお、抜き加工時はダレが発生している。グラフによると、パンチ角度 35° 及び 45° で塑性変形量が最小になることが分かるが、穴抜き・しごき同時加工のパンチでは、せん断面の表面粗さ等を勘案し、パンチ角度 30° 及び 35° を採用することとした。

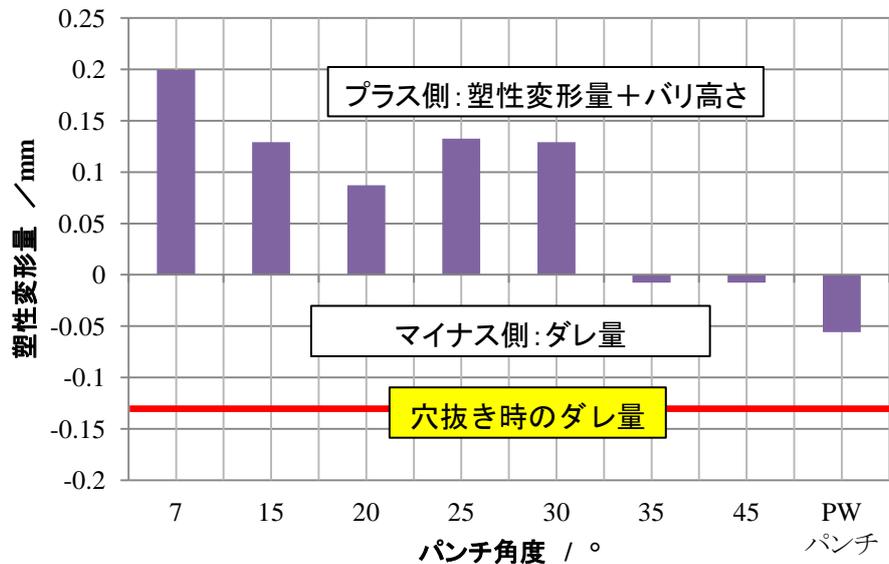


図 2-6 パンチ角度を変化させた場合のワーク表面の塑性変形量

2-2-2 穴抜き・しごき同時加工の検証

2-2-2-1 対象部品と穴径について

対象部品である自動車用シートフレームの機構部品では、 $\phi 12.1$ と $\phi 5.1$ の 2 箇所穴が設けられている。これらの穴を最小工数で抜くため、抜きパンチとしごきパンチを一体化し同時加工する「2 段パンチ」の開発を行った。

機構部品の穴径は、穴抜き及びしごき加工の基礎試験で検討してきた穴径 $\phi 16$ に対して小径となっている。特に $\phi 5.1$ 穴では、板厚よりも穴径が小さくなっている。一般的に軟鋼板では、圧縮強度から求められる抜きパンチ径 d の限界は、板厚 t に対して $d/t > 0.5$ 程度とされている。当該部品の $\phi 5.1$ 穴については $d/t=0.85$ であるが、780MPa 級の高張力鋼板であることより、パンチの座屈強度が問題となる。そのため、 $\phi 5.1$ 穴加工のパンチ材質を超硬と、耐チップング性能を向上させることとした。 $\phi 12.1$ については比較的穴径が大きい ($d/t=2.02$) ことから、材料の調達性やコストの両面を考慮してパンチ材質は粉末焼結ハイス (材質: HAP40) とした。なお、量パンチ表面には TiAlN 系 PVD コーティング処理を行っている。試験条件を以下に示す。

- 1) 供試材: 590MPa 級及び 780MPa 級高張力鋼板 (780DP)、それぞれ板厚 6 mm
- 2) 加工条件: クランクモーション 10、20、40 spm の 3 種類の速度により加工

穴しごきパンチ径については、穴径減少を考慮したしごき部分のパンチ径とし、それぞれ $\phi 12.2$ 、 $\phi 5.15$ とした。しごき部テーパ角度は、これまでの試験結果より、最適と考えられる 30° 及び 35° の 2 タイプを製作し試験に供した。その他の抜き金型におけるパンチ径、ダイス径を表 2-2 に示す。

表 2-2 パンチ径およびダイス径

図面穴径 (mm)	抜きパンチ径 (mm)	しごきパンチ径 (mm)	しごき部テーパ角 (deg)	ダイス径 (mm)
12.1	11.00	12.2	30, 35	12.3
5.1	4.55	5.15	30, 35	5.25

2-2-2-2 加工穴の評価

2-2-2-2-1 バリ高さ

図 2-7 に 2 段パンチによる穴抜き加工後のバリ高さ測定結果を示す。しごき部テーパ角 30° では、φ12.1 穴のバリ高さは 590 材、780DPH 材での約 0.007mm から S45C 材で約 0.015mm となっている。一方、φ5.1 穴では、590 材で約 0.013mm から S45C 材での 0.026mm の範囲となった。

しごき部テーパ角 35° では、30° に比べてバリ高さが若干ではあるが高い傾向にあり、最大のバリ高さは約 0.03mm 程度となる。しごき部テーパ角 30°、35°、および穴径 φ12.1、φ5.1 の両穴いずれについても、開発目標値である 0.1mm 以下のバリ高さを実現している。

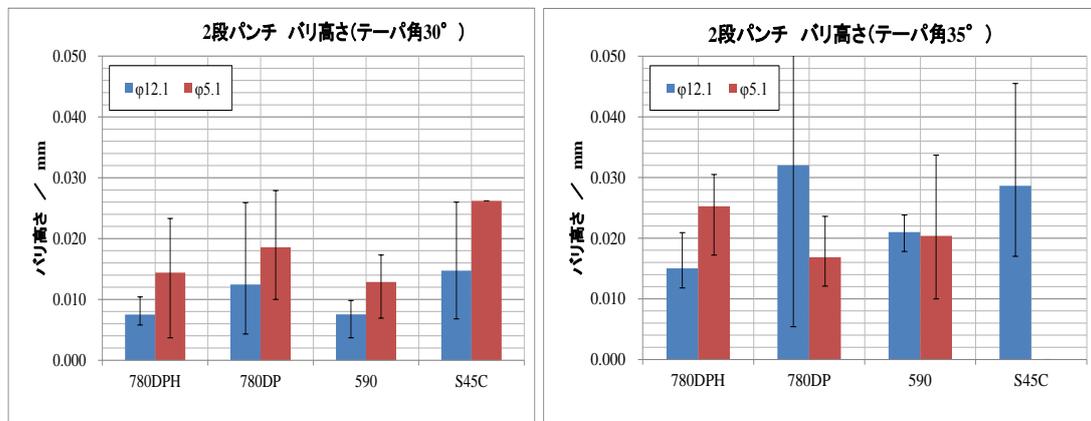


図 2-7 2 段パンチ加工によるバリ高さ

2-2-2-2-2 せん断面比率及び表面粗さ

図 2-8 左に穴内面のせん断面比率、右に 12.1 穴の抜き面の表面粗さの測定結果を示す。φ12.1、φ5.1 の両穴とも板厚に対して、95%以上のせん断面が得られている。また、図 2-8 に示した表面粗さは算術平均粗さ (Ra) であるが、しごきテーパ角 30° および 35° とともに良好な表面粗さが得られており、概ね Ra0.1 μm~Ra0.2 μm 程度である。

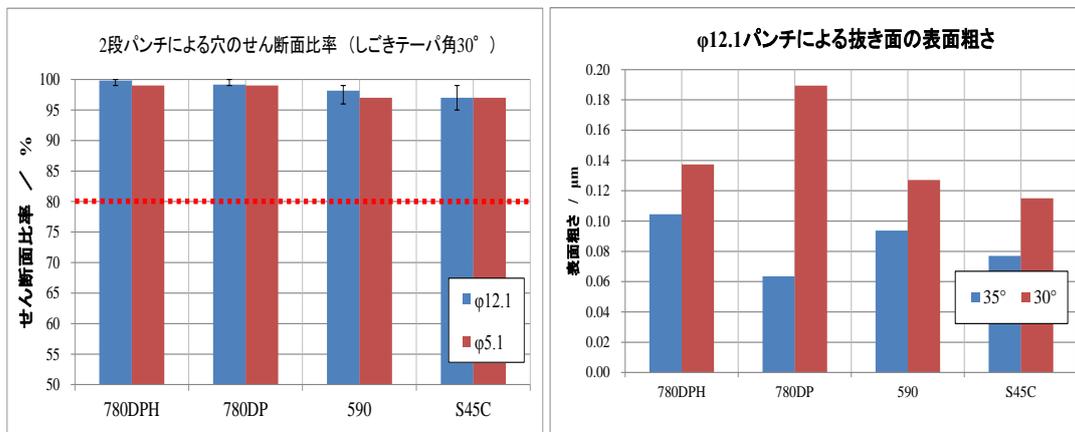


図 2-8 2 段パンチ加工によるせん断面比率と表面粗さ

2-2-2-2-3 塑性変形量

図 2-9 に穴しごき加工をした際に板上面に生じる塑性変形量を示す。しごきテーパ角 30° のパンチ加工ではφ 12.1、φ 5.1 の両穴とも 0.1mm 以下の塑性変形量に抑えられている。一方、しごきテーパ角 35° のパンチ加工ではφ 5.1 の穴について、0.12mm 程度の塑性変形量が認められた。このような場合、後工程で面つぶし等による矯正加工が考えられるものの、プレス荷重が過大になる可能性もあり、検討が必要である。

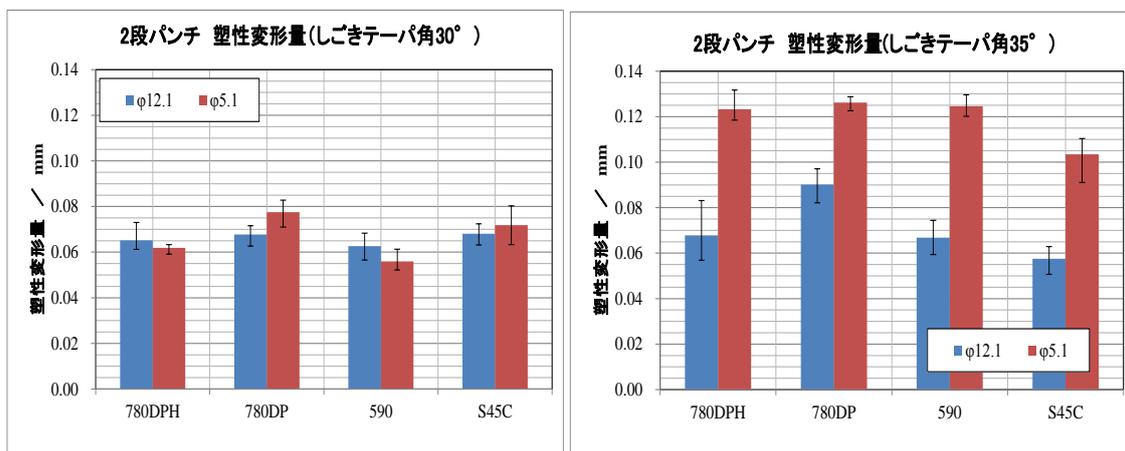


図 2-9 2 段パンチ加工による板上面の塑性変形量

2-2-3 まとめ

穴抜き・しごきの加工に関する検討を行い、以下の結果が得られた。

- 1) しごき加工では、パンチ角度 30°以上でバリ高さ 0.1mm 以下が可能であり、同 20°以上ではせん断面比率 80%以上が可能となる。
- 2) 加工面の表面粗さは、すべてのパンチ角度で製品スペックである Ra6.3μm 以下を満足できる。
- 3) 抜きしごき同時加工を行う 2 段パンチにより、バリ高さは最大 0.03mm 程度に抑えることができた。
- 4) 抜きしごき同時加工を行う 2 段パンチでは、せん断面比率は 80%以上の要求に対して、95%以上が得られることを確認した。板上面の塑性変形量も 0.1mm 以下であった。

2-3-1 外周抜きの加工技術開発

2-3-1-1 Vノッチ付与の効果

製品の抜き面よりも外側の上下面に V 型のくさびを打つことでせん断面の周囲の圧縮応力を高め、抜き面よりも外側からの材料の流れ込みを防止することが可能である。特に精密せん断法として知られるファインブランキングで用いられる手法であり、V ノッチを施しながら、せん断加工を行う場合が多い。本研究では、ファインブランキングによる精密せん断の手法は用いないが、V ノッチが抜き加工に及ぼす影響を調べるため、実製品での検討を行った。

2-3-1-1-1 対象部品

V ノッチの効果を検証する部品として、図 2-1 に示した自動車用シートフレーム機構部品を用いた。

2-3-1-1-2 試験条件

打ち抜き時の材料引け（ダレ）防止やせん断面比率の確保のため、カットまたはシェービング加工の前工程において、ブランク外郭から 4mm オフセットした位置に、V ノッチコイニングを施した。なお、V ノッチはブランク材の表裏両面に行っている。なお、供試材は、2-2-1-1「穴抜き、しごき別加工による検討」や 2-2-2「穴抜き・しごき同時加工の検証」で使用した材料と異なり、実部品の製造を行う材料とし、780MPa 級高張力鋼板、板厚 6mm の酸洗材を使用した。本章以降は、同供試材を実験材料としている。本研究では、試験片に V ノッチの有無及び加工工程を変えた条件でサーボプレスの打ち抜き速度を 5 段階に変速して、バリ高さ、ダレ量、せん断面比率をマイクロ스코プで計測した。以下に加工条件を示す。

- (1) V ノッチ：有、無
- (2) カット金型（試験型）：切り刃クリアランス 0.05mm

- (3) シェービング金型（試験型）：シェービング（以下、SV）取り代 0.5mm 、
切り刃クリアランス 0.05mm
- (4) サーボプレス モーション：フレックスモーション
カット及びシェービング抜き速度：10%、20%、30%、40%、50%

2-3-1-1-3 測定条件

評価部位は、図 2-10 に記した測定箇所①～⑥とし、測定した項目は、せん断面比率、バリ高さ、ダレ量である。

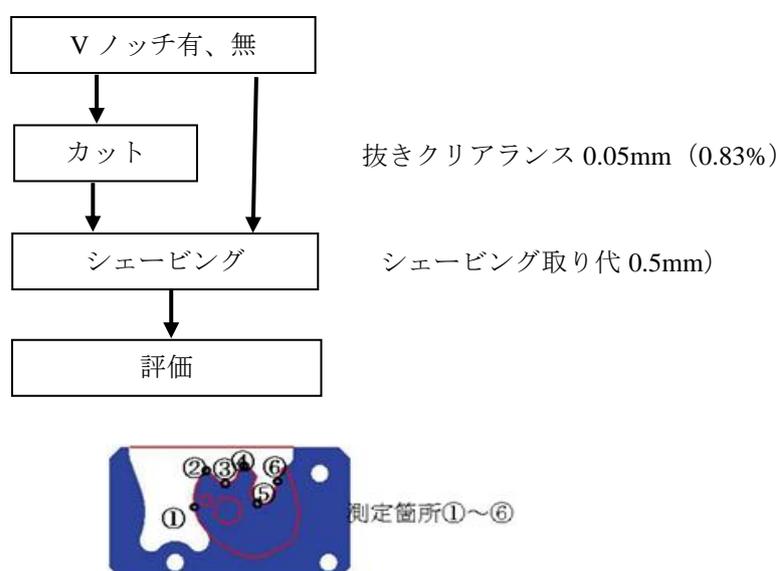


図 2-10 試験方法と測定箇所

2-3-1-1-4 試験結果

2-3-1-1-4-1 抜き速度とせん断面比率について

製品部位毎の抜き速度とせん断面比率の関係を示したグラフを図 2-11 及び図 2-12 に示す。なお、グラフは代表部位である測定箇所①及び④の結果を示している。

せん断面比率を高めるには V ノッチの有無に限らず、シェービング型による 1 工程の抜きに比べて、カット+シェービングの 2 工程での抜き加工が有効な結果となった。

V ノッチの効果に関する検証では、部位④における「V ノッチ有り」、抜き速度 10% の設定において、最も高いせん断面比率を得ることができた。

測定部位①

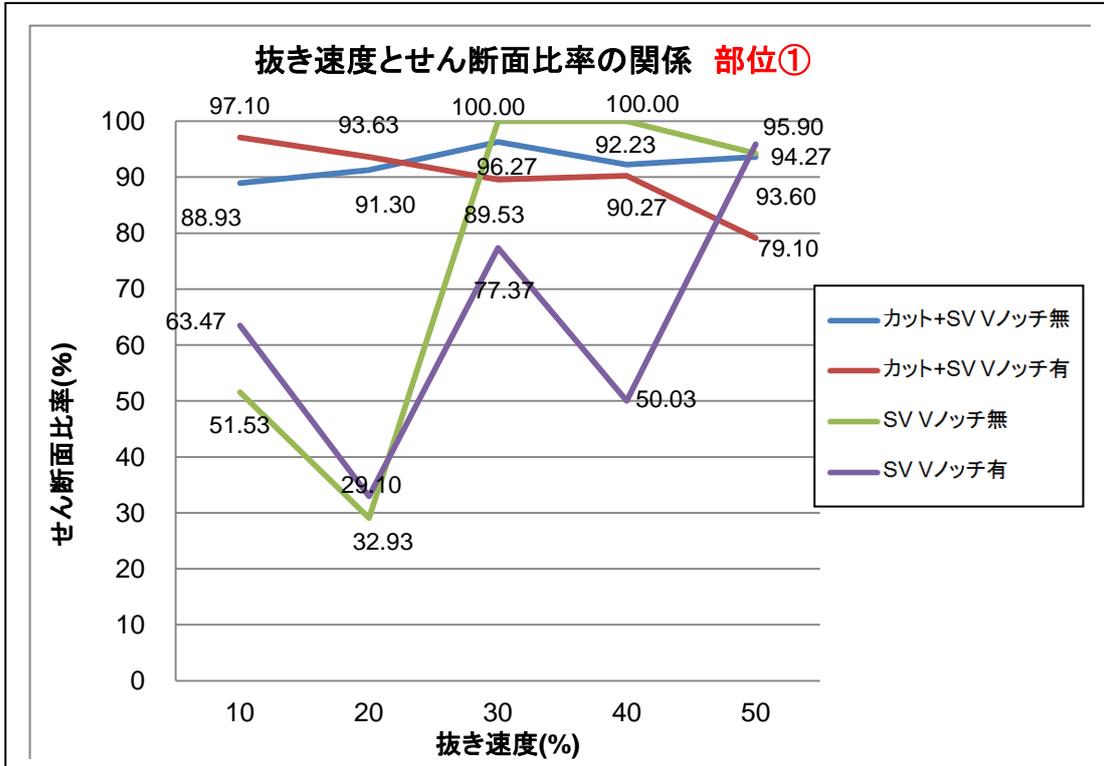


図 2-11 部位① せん断面比率

測定部位④

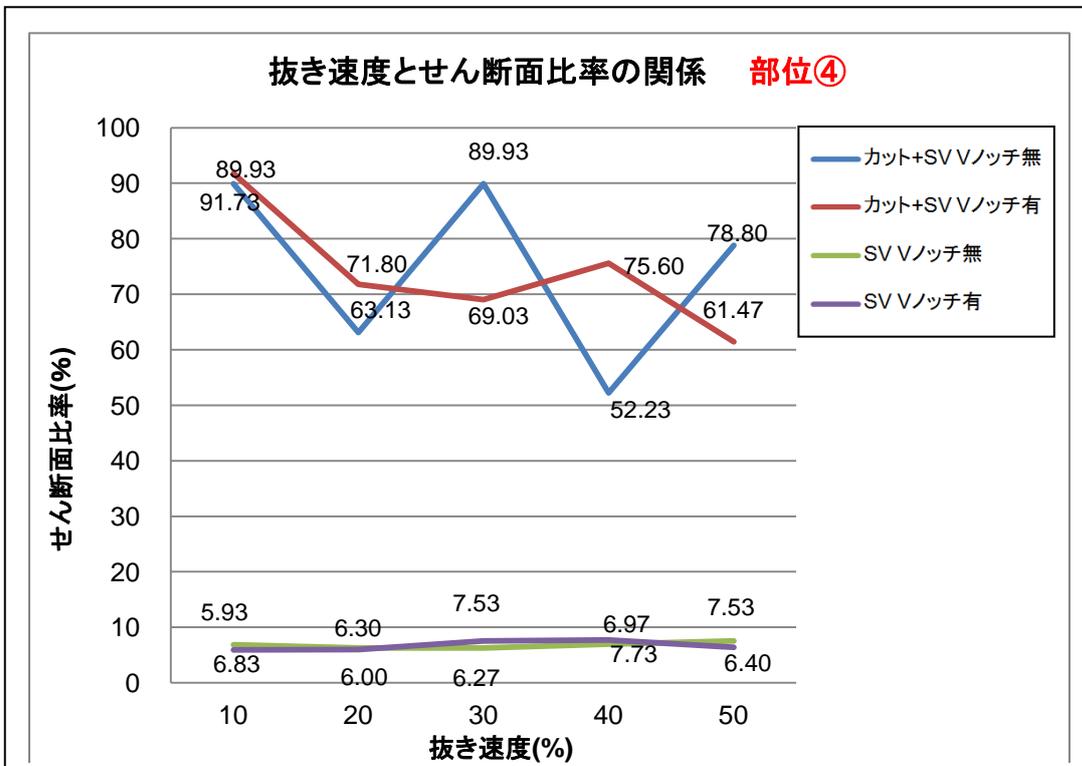


図 2-12 部位④ せん断面比率

2-3-1-1-4-2 抜き速度とバリ高さについて

抜き速度とバリ高さの関係を示したグラフを図 2-13 及び図 2-14 に示す。同一部位内で加工速度によるバリ高さの大きな違いは無いと考えられる。また、製品における「半島」的な形状の部位④が、バリ高さが許容値である 0.1mm を超えた。このような鋭角部のバリの抑制に対しては、V ノッチ+抜き 2 工程での加工方法が有効と思われるが、現状の加工法では、製品要件で有る「バリ高さ 0.1mm 以下」の確保は難しいと考えられる。そのため、バリ対策としては、バリのコントロール対策としてコイニング加工の開発の必要がある。

測定部位①

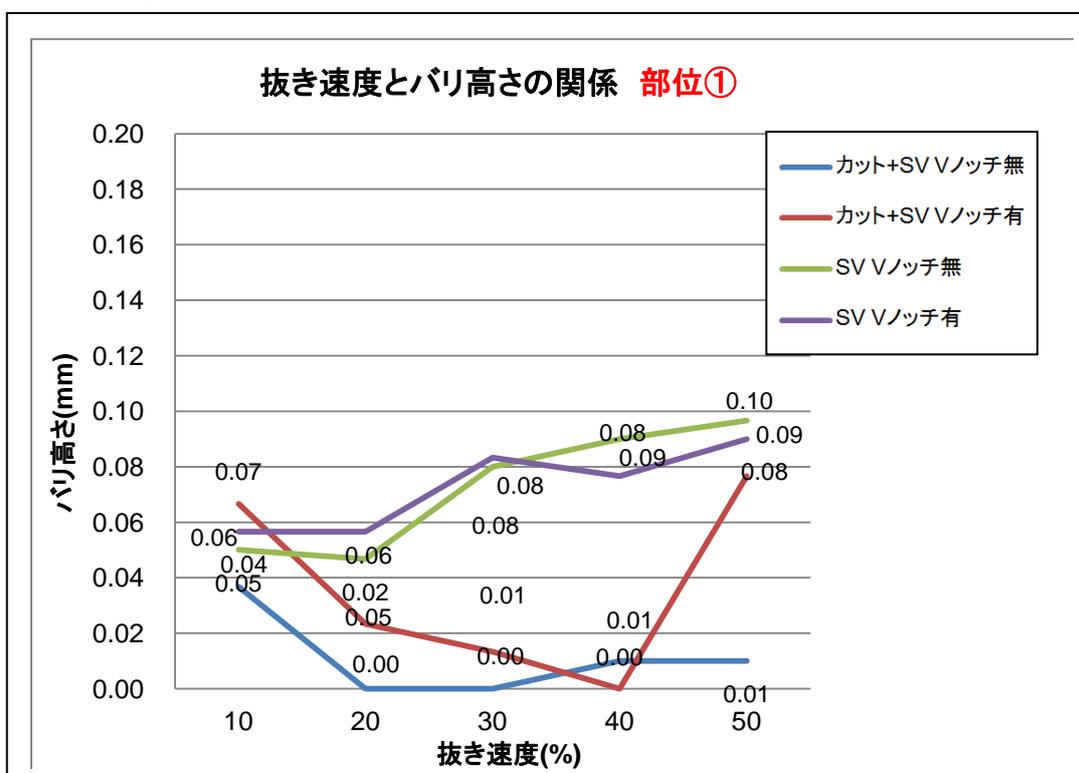


図 2-13 部位① バリ高さ

測定部位④

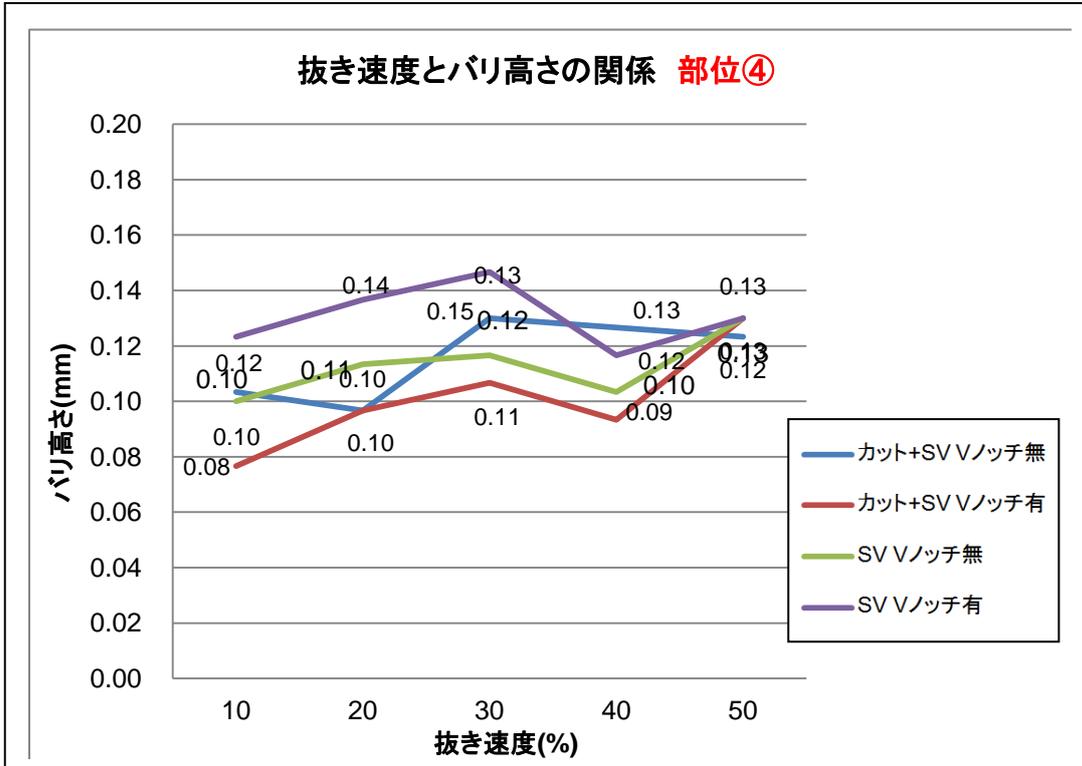


図 2-14 部位④ バリ高さ

2-3-1-1-4-3 抜き速度とダレ量について

抜き速度とダレ量の関係について示したグラフを図 2-15 及び図 2-16 に示す。抜き速度とダレ量の関係について、部位①及び部位④の中では明確な差は認められなかった。V ノッチの有無について見た場合、部位①のような大きな半径で抜きを行う部位では、明らかに V ノッチ効果が認められ、最大で 0.1mm 程度のダレが軽減できる。一方、部位④に代表される凸部は、V ノッチの効果は認められず、最大 1.2mm のダレ量となった。

測定部位①

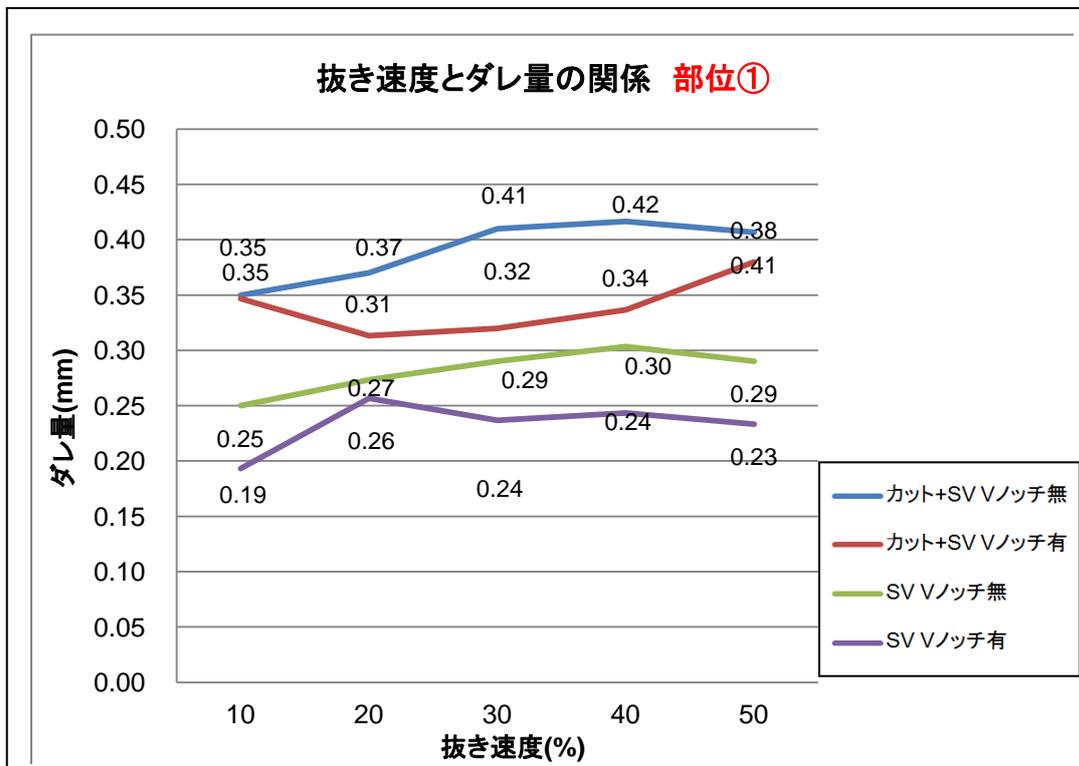


図 2-15 部位① ダレ量

測定部位④

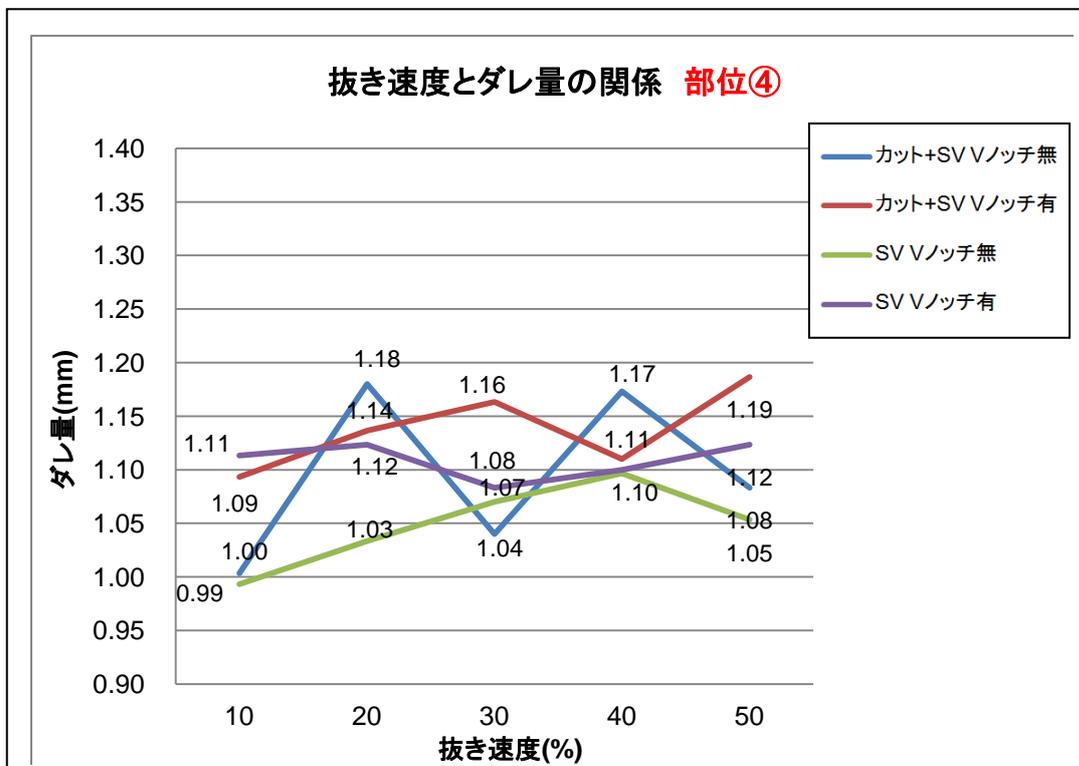


図 2-16 部位④ ダレ量

2-3-2 バリ抑制コイニングの効果

穴抜き及び外周のしごき加工においては、材料の抜ける部位に塑性流動した材料カスが付着し、バリとなる。バリ高さの製品許容値は0.1mm以下であるが、シートフレームへの部品取り付け時の手切れを防止するためにもバリは最小化する必要がある。そこで、しごき加工で発生する微小バリをコイニングにより潰し、内外面の面取り部に塑性流動させて無害化する技術開発を行った。

2-3-2-1 バリを無害化するコイニング加工

具体的な構想図を図2-17に示す。穴抜き及びしごき加工時にバリ高さ0.1mm以下に抑えたバリについて、製品の輪郭部に面取り部を設けて、面取り部内でバリをつぶし、表裏面内にバリを出さないコイニング加工とする方法を考案した。

コイニング加工の試験では、穴しごき加工で使用した金型を用いて、φ12.1穴の試験片の作成を行い、2段面押し形状のパンチで試験を行った。コイニングのパンチ外観を図2-18に示す。バリをコイニングパンチで面押し時に材料内部へ導入する案として、パンチの面押し部に20及び70°の角度を付けた。

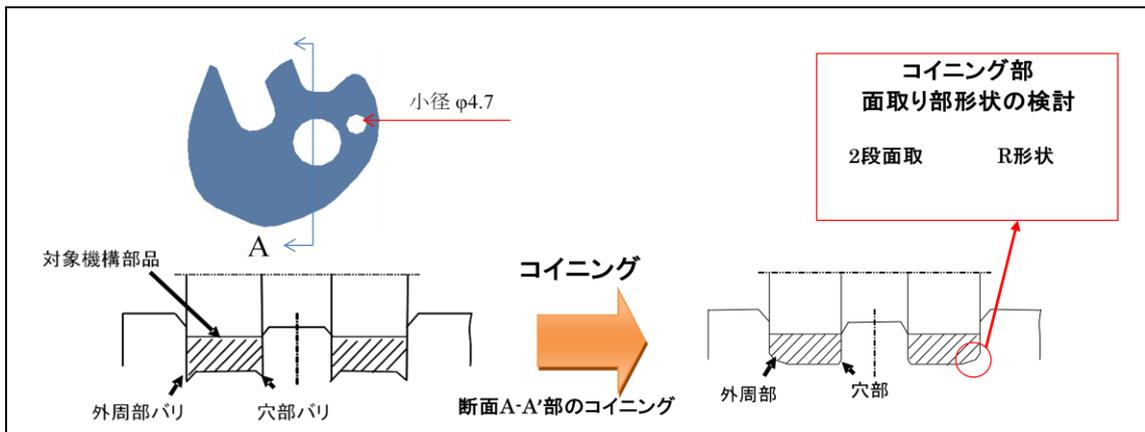


図 2-17 コイニング加工の構想図



図 2-18 コイニングパンチ 外観

2-3-2-2 コイニング加工の試験結果

図 2-19 にコイニングを行った穴抜き部の外観を示す。なお、試験片は切断しマイクロ스코ープにてバリの確認を行っている。コイニング前に 0.1mm 程度の高さがあったバリが、コイニング加工後には無くすることが可能となった。触手による判断でも違和感もなく良好な状態となっている。本試験は、穴部のみを行ったが今後、外郭も含めた加工方法を検討する必要がある。

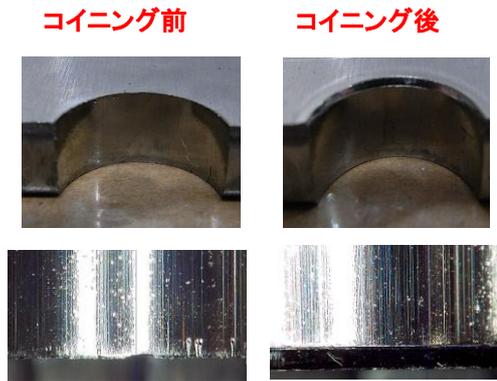


図 2-19 コイニング加工後の穴部の外観

2-3-3 まとめ

- 1) せん断面比率を高めるには、カット+シェーピングの 2 工程での抜き加工が有効である。
- 2) 鋭角部のバリの抑制に対しては、V ノッチに一定の効果は認められるものの、本実験の範囲では、製品要件で有る「バリ高さ 0.1mm 以下」の確保はできなかった。
- 3) ダレ軽減において、比較的緩やかな半径で抜きを行う部位では、明らかに V ノッチ効果が認められ、最大で 0.1mm 程度のダレ軽減できるが、絶対量が大きいため、抜き面からのオフセット量を小さくする等の対策が必要である。
- 4) コイニングにより 0.1mm 程度のバリは無くすることが可能となった。穴部のみならず今後、外郭も含めた加工方法を検討する必要がある。

第3章 バリレス順送金型の開発

3-1 目的

780MPa 級高張力鋼板(板厚 6mm)を使用した自動車用シートフレーム機構部品の製造のため、穴抜きや外周抜きなどの開発した要素技術を組み込んだ順送金型を開発する。

3-2 実施内容

3-2-1 対象部品

対象製品は自動車用シートフレーム機構部品であり、概要を図 3-1 に示す。このような機構部品は従来ファインブランキングによるプレス加工が主流であるが、熱処理やバリ処理等の後加工が必要であることなどからコスト高となるため、順送金型によりコスト削減を実現することを目指す。

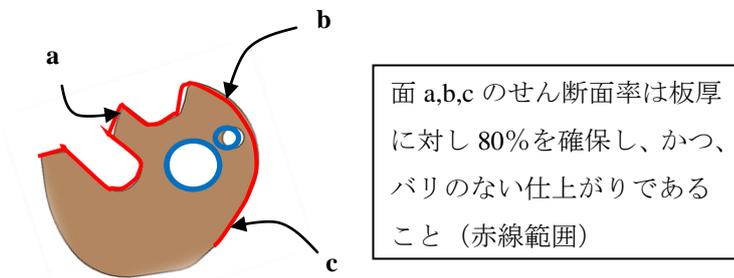


図 3-1 自動車用シートフレーム機構部品の概要

3-2-2 順送レイアウトと金型構造

図 3-2 に順送金型のストリップレイアウトを示し、図 3-3 に製作した金型の外観を示す。製作した金型は、強度対策として各ユニットにガイドポストとガイドピンを併設し、パイロット径は $\phi 10$ とした。穴抜きのパンチは、基礎実験で良好な結果を得た 30° テーパーパンチとし、パンチ材質は、 $\phi 12.1$ 穴が粉末焼結ハイス (HAP40)、 $\phi 5.1$ 穴は超硬とした。金型の焼き付き対策として、抜きしごき及びカット・シェービングパンチには TiAlN 系 PVD コーティング処理を施した。

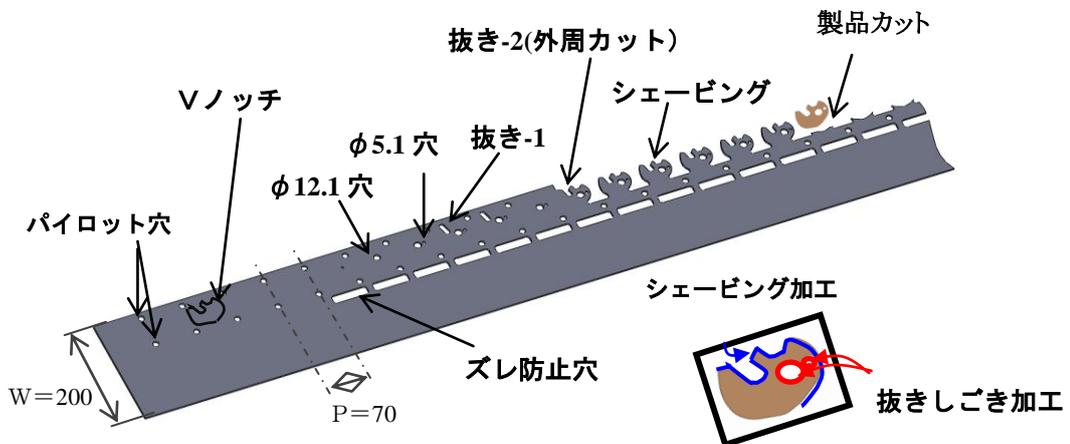


図 3-2 ストリップレイアウト工程について

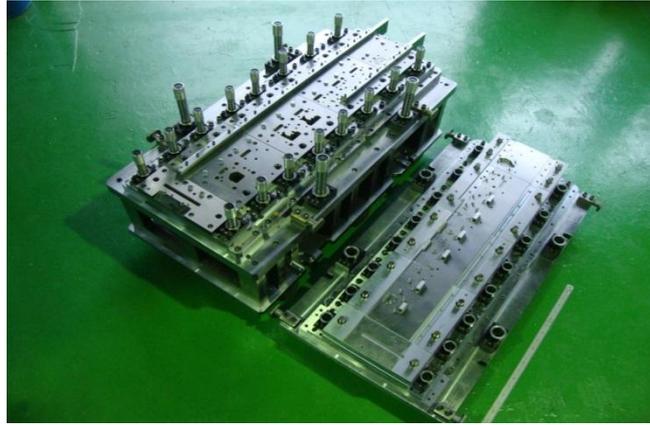


図 3-3 金型外観（金型サイズ 780mm×830mm×1570mm、総重量は約 4,800kg）

図 3-2 のレイアウト図では、材料の未加工部が多いように見受けられる。これは、現時点で入手可能な 780MPa 級高張力鋼板（板厚 6mm）の酸洗材が、コイル幅 200mm が製造限界であるためである。また、キャニング（横方向への変形）を防止するためのサイドカットは省略するとともに、抜き及びシェービング加工時の側圧によるコイル材のずれ防止策として、ずれ防止角穴を設けて対応した。なお、製品分断工程は製品抜き落としとするため製品の上下保持は行っていない。

3-2-3 第 1 回順送プレス試験

順送金型を用いたプレス試験は、コマツ産機製サーボプレス（型式 H2F600B、加圧能力 6,000kN）を用いて実施した。試験品を検査した結果、抜き面の傾きや抜き穴半径等の寸法値及びせん断面比率で設計許容値を満足していない箇所があった。その状況と原因、対策を以下に記す。

3-2-3-1 シェービングパンチの先端形状の影響

第 1 回の順送金型によるプレス試験の結果、シェービングパンチの先端形状の違いによるせん断面の品質の差が顕著であることが判明した。シェービングパンチがエッジ形状の場合、図 3-4 に示すとおり、二次せん断が発生した。一方、パンチ先端に R0.2mm の丸みを付けたパンチでは、二次せん断は発生しなかった。なお、シェービング代はいずれも 0.5mm、クリアランスは 0.01mm である。

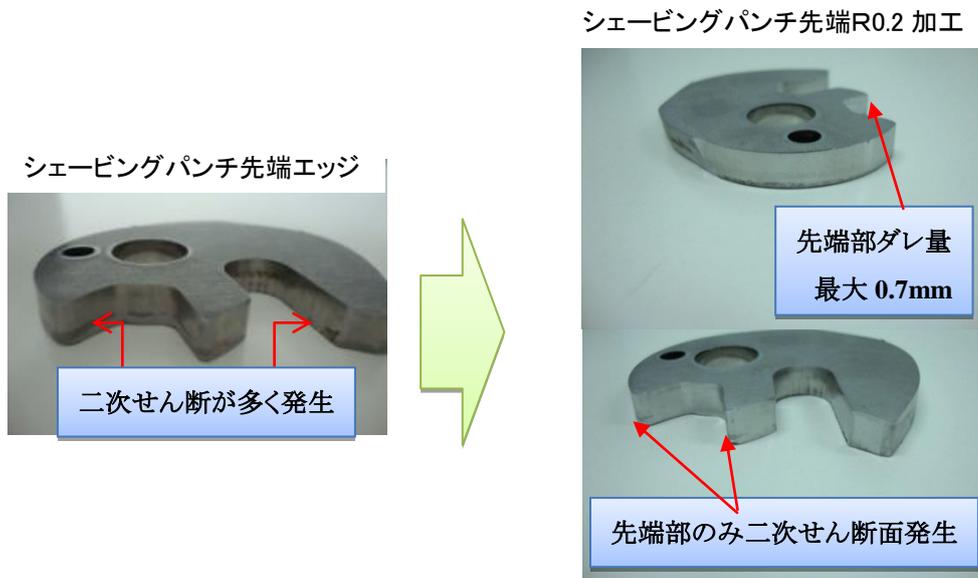


図 3-4 シェービング加工後のせん断面の状態

3-2-3-2 丸穴抜きしごき部について

丸穴抜きしごき部の外観を図 3-5 に示す。穴抜きしごき加工においては、 $\phi 12.1$ 穴及び $\phi 5.1$ 穴ともに抜き穴上面部に高さ 0.2mm 程度の塑性変形（盛り上がり）が生じた。これはテーパパンチを用いたことが原因と考えられ、プレスによる面押し等では対処不可能と考えられる。

一方、 $\phi 12.1$ 穴の側壁部には変形が生じ、これが原因で抜き穴の直径が設計許容値を超える。変形の原因は、 $\phi 5.1$ 穴と $\phi 12.1$ 穴が近接しており、 $\phi 12.1$ 穴の抜きしごき加工後に $\phi 5.1$ 穴の抜きしごき加工を行うため、穴間の肉が $\phi 12.1$ 穴側へ移動したものと考えられる。上記 2 つの変形については、次節で対策を記す。一方、しごき面は、 $\phi 5.1$ 穴及び $\phi 12.1$ 穴ともに、せん断面比率 90%以上であり、スクラッチ（縦筋）及びバリの少ない良好な面が得られている。

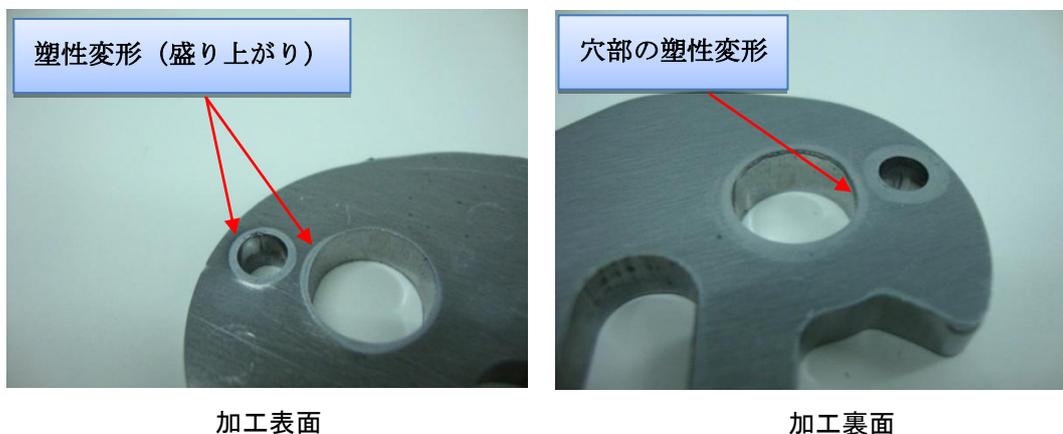


図 3-5 丸穴抜きしごき部の状態

3-2-4 金型の改良と第2回順送プレス試験

3-2-4-1 丸穴抜きしごき部の改良

前節の通り、 $\phi 12.1$ 穴及び $\phi 5.1$ 穴において、抜き穴上面部の塑性変形による盛り上がりや穴側壁部の塑性変形が確認されたのを受け、金型の改良を実施した。改良案は以下のとおりである。

- (1) 抜き穴上面の塑性変形が問題となるしごき工程のテーパパンチをストレートパンチに変更し、塑性変形を防止する。
- (2) 予備試験の結果からストレートパンチにより、高さ 0.1mm 以下のバリが発生するが、型内のコイニングで対処する。
- (3) 抜きしごき加工の順序を
(変更前) $\phi 12.1$ 穴の抜きしごき \rightarrow $\phi 5.1$ 穴抜きしごき
(変更後) $\phi 12.1$ 穴抜き \rightarrow $\phi 5.1$ 穴抜き \rightarrow $\phi 12.1$ 穴+ $\phi 5.1$ 穴の同時しごきに変更する。

$\phi 12.1$ 穴と $\phi 5.1$ 穴の同時しごき加工を行うことで、穴間の肉が移動せずに穴部側壁の変形が抑制されるものと考えられる。また、バリつぶしのコイニングは改良前の順送金型において、ステージの準備が行われており、コイニング金型形状は基礎実験の結果をもとにした。

3-2-4-2 切り離し工程での傾き及びマッチング段差対策

製品における平面部と抜き面の傾きの許容値は $90^\circ \pm 0.5^\circ$ となっているものの、試験後の測定において、公差を超えている箇所が散見された。その原因となる製品の切り離し工程において、従来の製品自体に荷重を付加して抜き落とす方式から製品キャリア部を打ち抜く方式に変更した。概略図を図 3-6 に示す。また、同方式を採用することで、マッチング部の品質向上につながると考えた。

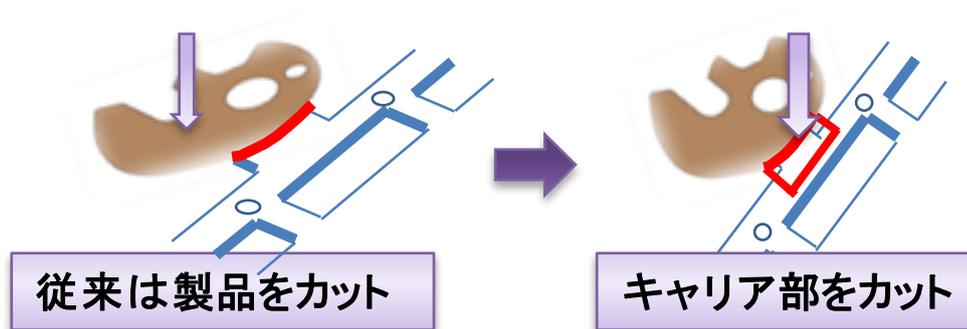


図 3-6 カット方式変更の概略図

3-2-4-3 第2回順送プレス試験の結果

φ12.1 穴及びφ5.1 穴において、抜き穴上面部の塑性変形による盛り上がりや穴側壁部の塑性変形の対策を行った。その結果、φ12.1 及びφ5.1 の穴上面及び側壁部の塑性変形はなくなり、穴径も寸法公差内に入っていることが確認できた。また、マッチングのカット方式を変更することで、製品表面と抜き面との倒れ角も公差内に入ることが確認されると共に、マッチング部においては、目視により、良好な切断面であることを確認した。

その他のバリ高さ、せん断面比率、抜き面の表面粗さ等の評価項目は、設計許容値をすべてクリアした。φ12.1 穴とφ5.1 穴の穴間ピッチのみ、製品毎にばらつきがあるが、金型調整や見込み検討で解消できるレベルである。 図 3-7 に完成した製品の外観を示す。

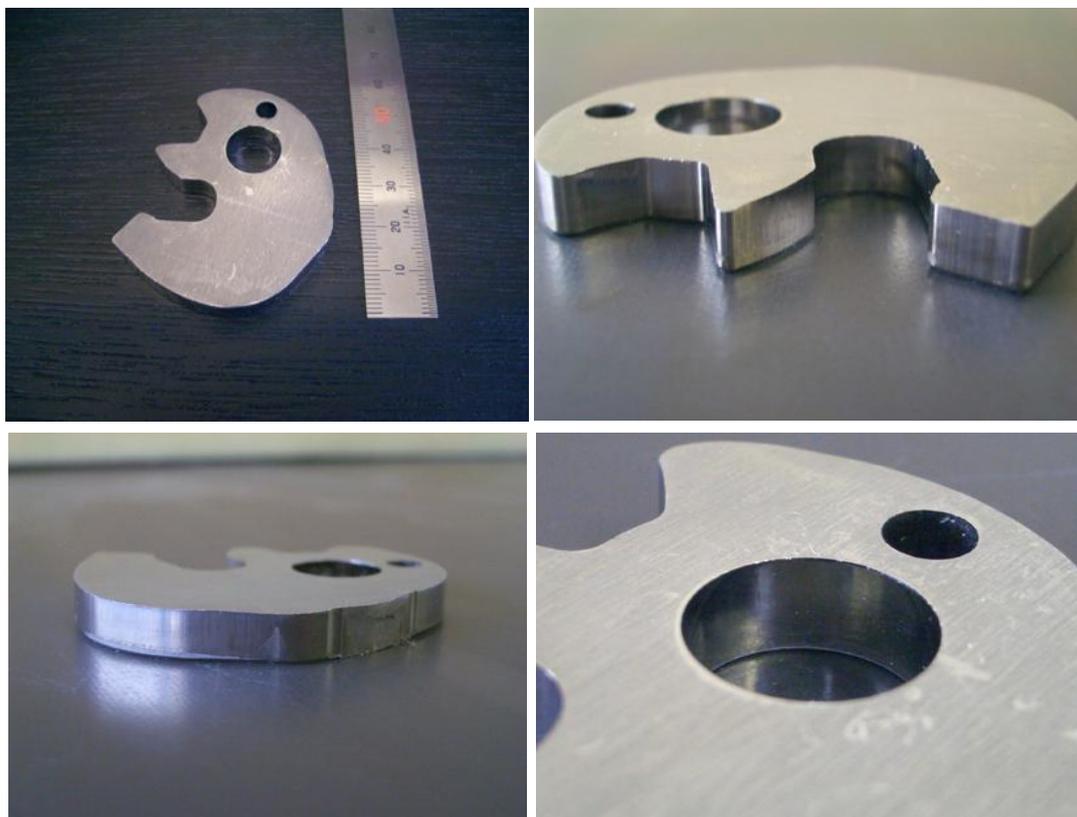


図 3-7 完成した自動車用シートフレーム機構部品の外観

3-3 まとめ

780MPa 級高張力鋼板（板厚 6mm）を使用する自動車車用シートフレーム機構部品の順送金型を製作した。順送金型で試作を行った結果、以下の結果が得られた。

- 1) シェービングパンチ先端に R 加工を施すことにより、二次せん断を防止する効果があることが判明した。
- 2) テーパーパンチによる丸穴のしごき加工では、上面及び側壁部に塑性変形が生じていたが、ストレートパンチへの変更や加工順序の変更により解消した。
- 3) バリ高さ、せん断面比率、製品表面と抜き面との倒れ角、抜き面の表面粗さ等の評価項目は、許容値をすべてクリアした。φ12.1 穴とφ5.1 穴の穴間ピッチのみ製品毎にばらつきがあるが、金型調整や見込み検討で解消できる。

第4章 バリレス順送加工技術の開発

4-1 目的

自動車用シートフレーム機構部品の順送プレス加工にサーボプレスを適用し、モーションを変化させた場合の製品品質について調査するとともに、潤滑剤とその供給方法について検討を行い、量産加工に対応する適切な加工条件を確立する。

4-2 スライドモーションを変化させたプレス試験

4-2-1 試験の概要

開発の対象とした部品は、自動車用シートフレーム機構部品である(図 2-1)。供試材は、実製品で使用する 780MPa 級高張力鋼板、板厚 6mm の酸洗材を用い、プレス機械は、コマツ産機製 6,000kN サーボプレス(型式:H2F600)を使用した。試験を行うスライドモーションは、クランクモーションとリンクモーションの2種類とし、各々の速度を変化させて実験を行った。図 4-1 及び図 4-2 にそれぞれクランクモーションとリンクモーションのスライドのモーション線図及び速度線図を例として示し、試験を実施した速度条件表を表 4-1 に示す。

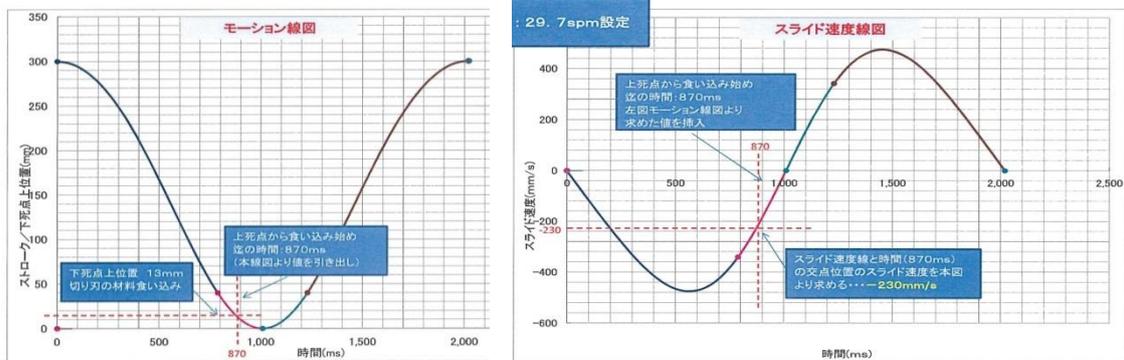


図 4-1 クランクモーションのモーション線図及びスライド速度線図

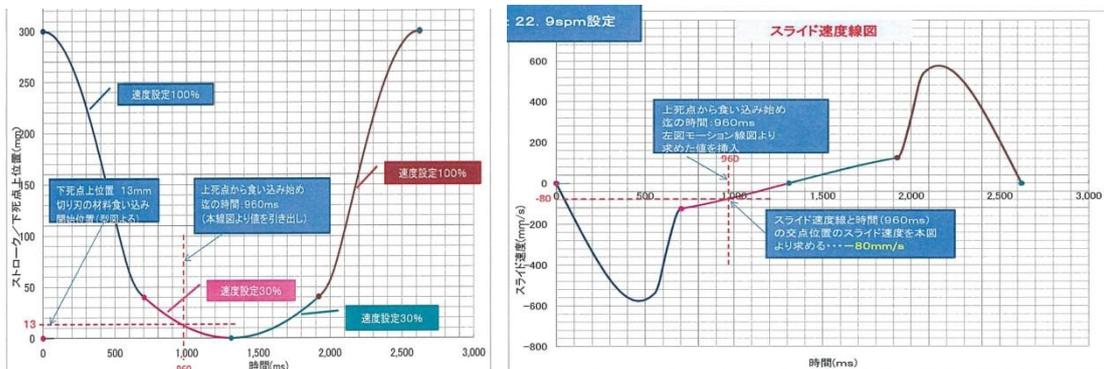


図 4-2 リンクモーションのモーション線図及びスライド速度線図

表 4-1 試験条件表

No.	スライドモーション	加工速度 (spm)	加工速度 (mm/sec)
1	クランク	23.5	170
2	クランク	26.1	200
3	クランク	28.2	220
4	クランク	29.7	230
5	リンク	22.9	80
6	リンク	24.7	90
7	リンク	26.5	100

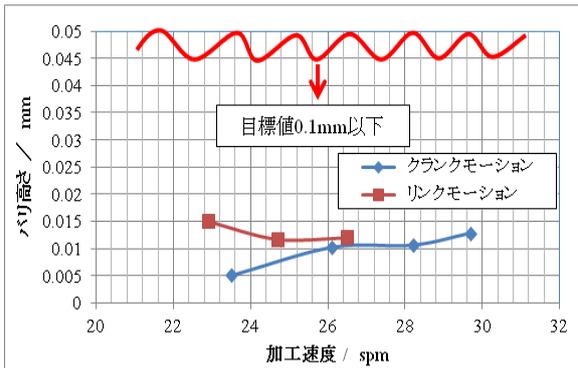


図 4-3 モーションを変化させた場合のバリ高さ

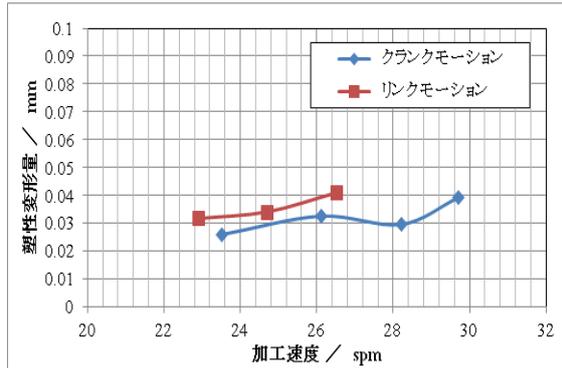


図 4-4 モーションを変化させた場合の塑性変形量

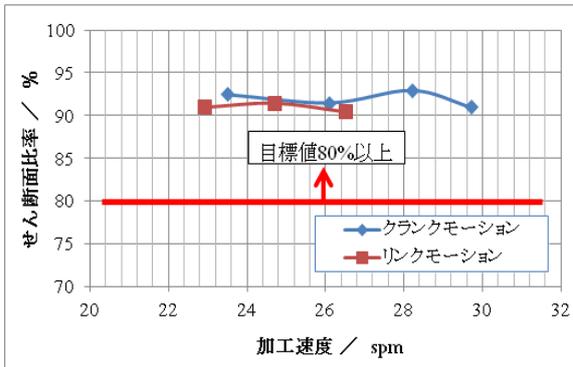


図 4-5 モーションを変化させた場合のせん断面比率

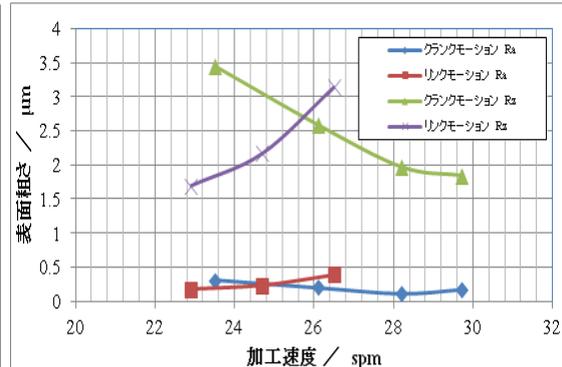


図 4-6 モーションを変化させた場合の表面粗さ

4-2-2 試験結果

図 4-3 にモーションを変化させた場合のバリ高さを示す。クランクモーション及びリンクモーションとも本研究開発の目標値であるバリ高さ 0.1mm を満足している。クランクとリンクモーションの違いとしては、クランクモーションにおけるバリ高さがリンクモーションよりも若干低い傾向にある。

次に、抜き穴表面の塑性変形に与えるモーションの影響を示したグラフを図 4-4 に示す。バリ高さと同様にクランクモーションの塑性変形量が若干少ない。バリ高さと同様に塑性変形量という観点で比較した場合は、バリ高さよりも塑性変形量の方が 3 倍程度大きいことから、塑性変形にも十分留意する必要がある。

図 4-5 にモーションを変化させた場合の抜き穴加工面のせん断面比率を示す。せん断面比率の目標値は 80%以上であるが、クランクモーション及びリンクモーションの加工速度全域で目標値を超えており、クランクモーションの方がせん断面比率が高くなっていることが分かる。

モーションを変化させた場合の抜き穴のせん断面における表面粗さを図 4-6 に示す。図 4-6 によると、クランクモーション及びリンクモーションで加工した際の抜き穴の表面粗さは、ともに許容値である $Rz10\mu m$ 以下を満たしているが、クランクモーションは加工速度が上昇するにつれ、表面粗さが小さくなり、リンクモーションは逆に大きくなっている。

4-3 潤滑方法の検討

本開発では、市販の潤滑油 3 種を選定し、4-2-1 章で示した試験装置、供試材を用いた加工試験を実施した。その際、給油方法、給油量を変更して加工品のせん断面比率、バリ高さ、ダレ量等を測定、評価し、本対象に最適な油種や潤滑方法を選定することができた。

4-4 まとめ

プレスにおけるスライドのモーションについて検討し、以下の結果を得た。

- 1) クランクモーションのバリ高さや塑性変形量が、リンクモーションよりも若干低い傾向にある。
- 2) クランクモーション及びリンクモーションの加工速度全域で目標値であるせん断面比率 80%を超えた。クランク及びリンクモーションの比較では、下死点付近で加工速度が大きいクランクモーションの加工の方がせん断面比率が高くなる。
- 3) 市販の潤滑油 3 種を用い順送加工試験を実施し、給油方法、給油量を検討して本加工対象に最適な油種と潤滑方法を選定した。

第5章 全体総括

自動車用シートは、鋼板製シートフレームにビニールレザー等の表皮生地を被せて組み上げられる。その際、シートフレーム部品にバリや鋭いエッジがあると表皮生地に亀裂を生じさせ、不良を生じさせる原因となるだけでなく、作業者が組み付け時に怪我をする危険がある。そのため、これらの部品には確実なバリ処理が要求され、現状ではバレル研磨による処理に加え、全数の目視検査を行っている。

また、現状のフレーム機構部品には機械構造用合金鋼 SCM435 が多く用いられ、機械的強度向上のため、焼き入れ及び焼き戻しといった熱処理を要し、生産性向上の妨げとなっているほか、コスト削減、納期や品質管理などの問題を有している。

これらの解決にあたり、強度の確保と熱処理工程の省略を目的に、780MPa 級高張力鋼板（ハイテン材）、板厚 6mm の材料に対し、そのプレス加工で問題となっているバリの抑制及び抜き加工面の品質向上に取り組むこととした。

コスト削減と生産ラインの柔軟性を考慮すると、プレス抜き加工時に発生するバリの抑制や工程内でのバリ処理、また抜き加工面の品質向上を図るにあたり、特殊設備（特殊プレス機など）ではなく、一般的なサーボプレス機でこれを達成することが望ましい。このため、本開発では金型を高剛性高精度、高メンテナンス性を有する順送金型とし、適正なサーボモーションとの組み合わせにより、従来工程に対して大幅な生産性向上とコスト削減が達成できる製造技術の確立を目指した。

5-1 研究開発の概要

本研究の対象となる自動車用シートフレーム機構部品の開発目標は、以下のとおりである。

- (1) 材料：780MPa 級高張力鋼板、板厚 6mm
- (2) 部品機能の確保と組付け時の手切れ防止のためバリは不可。バリ高さ 0.1mm 以下
- (3) 抜き加工面のせん断面比率 80%以上、表面粗さ Ra6.3 μ m 以下（設計変更で後に Rz10 μ m 以下）

上記開発対象部品の目標スペックを満足すべく、バリレス順送金型の開発及びバリレス順送加工技術の開発を主な研究テーマとし、開発を進めた。

5-2 研究開発の内容と成果

5-2-1 バリレス順送金型及び加工技術の開発

開発対象製品には丸穴と外形の抜きが必要であることから、順送金型の製作に先立って、それぞれに試験金型を製作した。対象製品のせん断面比率及び表面粗さを確保するためには、しごき加工を行う必要がある。丸穴の抜き加工では、パンチ先端角を変化させたテーパパンチに

よるしごき加工を実施するとともに、順送金型での限られたステージ数を考慮して、抜き及びしごきを同一のパンチで行う 2 段パンチの開発を進めた。テーパパンチではしごき加工の際に抜き穴上面における穴周囲の肉が押されて、塑性変形を生じる結果となり、最終的には順送金型には採用されなかったが、抜き及びしごき加工のデータは順送金型の製作において有効に用いられた。

また、外周の抜きにおいては、抜き面の周囲に V ノッチを打つことダレが抑制されることが判明した。シミュレーションの結果などから、V ノッチを打つことで V ノッチ周囲の金属組織が加工硬化して、製品のダレを抑制することが推察された。さらに、金型クリアランス、切り刃の形状、コーティングなどの様々な条件を組み合わせる実験し、製品スペックをクリアする条件を探索した結果、せん断面比率 80%を確保できる技術を構築でき、順送金型にその要素技術が組み込まれた。

また、穴及び外形のしごき加工時は、カスが抜け落ちせずにバリとして製品に残留することがある。そこで、バリ処理のためにコイニングの技術開発を行い、微少なバリの抑制が可能なことを確認し、順送金型にバリつぶしのステージを組み込んだ。

以上のように、順送金型を構成する上で必要となる要素技術を試験金型で開発し、課題を解決した上で、順送金型を製作した。併せて、プレス機のスライドモーションの検討や量産に向けた潤滑剤の給油方法の開発にも取り組んだ。図 5-1 に順送金型のレイアウト図を示す。本金型はパイロット穴から製品切り離し工程まで 17 ステージの順送金型となった。

5-2-2 開発の成果

本研究開発の結果をもとに、開発した順送金型を図 5-2 に、製造した自動車用シートフレーム機構部を図 5-3 に示す。

780MPa 級ハイテン材、板厚 6mm の順送プレス加工技術を開発し、バリなし、せん断面比率 80%以上、抜き面の表面粗さ Rz10 μ m 以下を達成した。また、プレスの連続ストローク数 30spm での稼働が可能であり、大量生産では大きな成果が期待できる。

開発を行った部品は、川下企業においては実車レベルの性能試験を行い、規格値をクリアしており、同様の部品が機構部で多数使用されていることから、今後は水平展開が大いに期待できる。

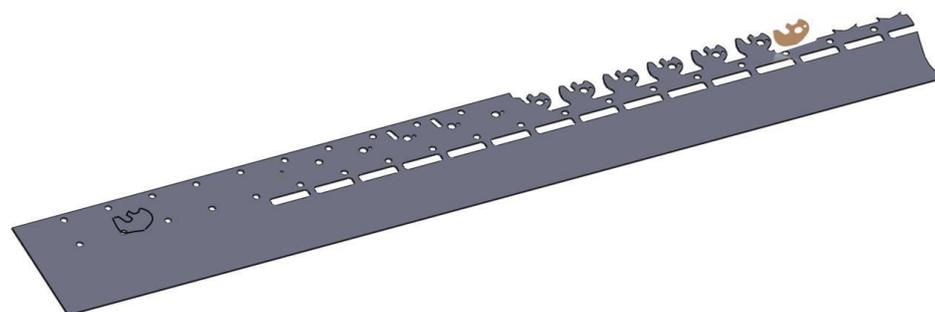


図 5-1 順送金型のレイアウト



図 5-2 開発した順送金型



図 5-3 開発した自動車用シートフレーム機構部品