

技術論文

コンパクト車両向け1800MPa級
ホットスタンプバンパR/Fの開発吉戸 佑樹
Yuki Yoshito北 恭一
Kiyochi Kita

概要

TS1800MPa級車体部材のホットスタンプ成形技術の開発により、高強度・高靱性な車体部材を実現し、従来品に比べ大幅な軽量化を達成し、コンパクト車両向けのバンパR/F受注を実現した事例である。

TS1800MPa級は量産中の車体部材としては世界最高強度である(当社調べ)。

1. はじめに

近年、自動車の衝突安全性能向上や燃費向上・CO₂排出量低減のための車体軽量化を目的として、超高張力鋼板の採用が拡大している。また使用される材料の引張り強度(TS:Tensile Strength)も年々高まっている。しかし、高張力鋼板はプレス時の成形性や形状凍結性等に課題があり、これらの課題を解決するひとつの手段としてホットスタンプが採用されている。

ホットスタンプとは、専用の鋼板を所定の温度に加熱後、金型内で成形と同時に焼入れを実施し高強度なプレス部品を得る工法である。図1にホットスタンプの工程概略、図2にホットスタンプ工法における鋼板の温度履歴を示す。ブランキングを行ったホットスタンプ用の鋼板を加熱炉に送入しオーステナイト温度域(約900℃)まで加熱後、速やかにプレス機に搬送し、金型で成形すると同時に急速に冷却することでマルテンサイト変態が起りTS1500MPa級以上の高強度な製品を得ることができる。この時、鋼板をMf点(約200℃)以下の温度まで冷却する必要があるため、プレスは下死点で数秒間保持される。また量産用金型では鋼板から伝達される熱による温度上昇を防止するため、金型内に冷却水を流すための回路が設けられている。

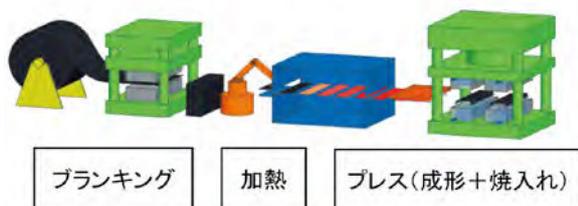


図1 ホットスタンプの工程概略

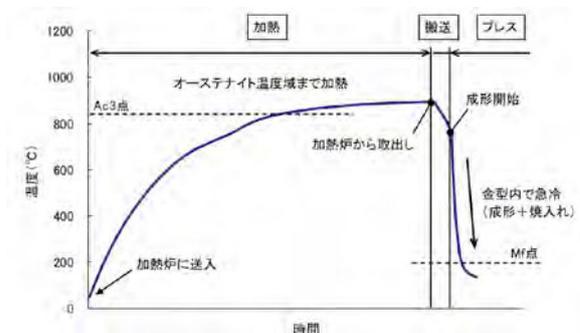


図2 ホットスタンプ工法における鋼板の温度履歴

高張力鋼板を用いた冷間プレスに対し、ホットスタンプは以下の利点がある。

- ・TS1500MPa級以上の高強度なプレス成形が可能。
- ・高温で成形を行うため、低いプレス荷重で済む。
- ・形状凍結性が良く、スプリングバックが少ない。

ホットスタンプは衝突時の車体変形の抑制・乗員保護の目的でバンパR/Fやドアビームなどに採用されてきたが、昨今の高強度化・軽量化ニーズの高まりに対応すべく、現行のTS1500MPa級に対し更に強度アップを行ったTS1800MPa級車体部材のホットスタンプ成形技術の開発を行った。

2. TS1800MPa級ホットスタンプ材の基礎特性

一般的にホットスタンプに使用される材料のC量(炭素量)は約0.21%で、ホットスタンプ後の製品の強度レベルはTS1500MPaに達する。さらなる強度アップのため、材料中のC量を増加させると強度レベルは向上するものの靱性が低下し、十分な製品性能(吸収エネルギー量や最大荷重など)が得られない。実際にC量が

0.3~0.4%の材料を用いて試作品を製作し3点曲げ試験を行った結果、曲げ試験中に割れが発生し目標とした吸収エネルギー量は得られなかった(図3)。

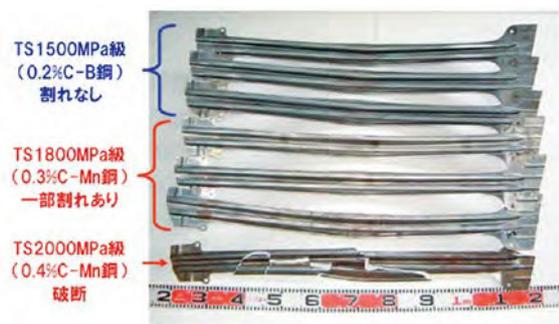


図3 開発初期の試作品での3点曲げ試験後外観

割れを抑制し部品性能を満足するため、組織の微細化により靱性を改善したTS1800MPa級ホットスタンプ材を開発した。

2.1 引張強度特性

現行のTS1500MPa級ホットスタンプ材(現行材)と開発材の引張強度特性を表1に示す。ホットスタンプ後の開発材はTS1800MPa級の強度が得られ、伸び(EL)は7.6%で現行材と大きな差は見られなかった。

表1 ホットスタンプ後引張強度特性(代表例)

	Yp(MPa)	Ts(MPa)	EL(%)
開発材	1267	1882	7.6
現行材	1162	1545	8.0

2.2 靱性

シャルピー衝撃試験を行い開発材の靱性の調査を行った。ホットスタンプではJISに規定されているバルク状の試験片を製作することは困難なため、衝撃試験にはホットスタンプを行った鋼板を重ね合わせた積層シャルピー試験片を用いた。図4に試験結果を示す。現行材に比べ開発材の衝撃値は相対的に低いが、-40℃において延性破面を示した。

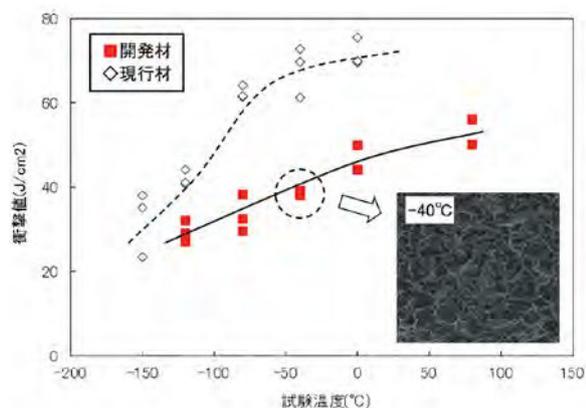


図4 シャルピー衝撃試験結果

2.3 結晶組織

現行材と開発材のホットスタンプ後の結晶組織を図5に示す。これより現行材に比べ、開発材の組織が微細であることがわかる。

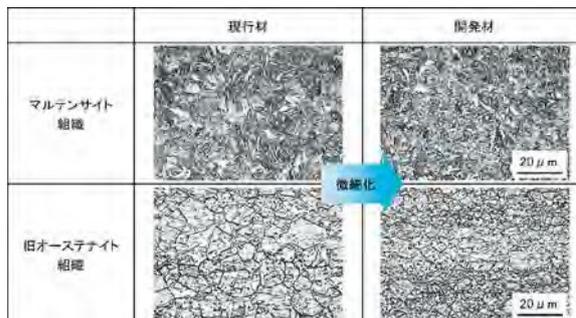


図5 ホットスタンプ後の結晶組織

3. TS1800MPa級車体部材の製品開発

TS1800MPaを用いてバンパR/Fの製品開発を行った。バンパR/Fは衝突時に車体が受けるダメージを低減させるための製品である。

車体の最前端に設置されるバンパR/Fは、その製品重量が走行時の振動やハンドリング性能に大きく影響することから軽量化が重要な部品であるが、衝突安全性を確保するために高い強度も必要とされており、TS1800MPa級ホットプレス材のような高強度な鋼板の開発が期待されていた。

開発では衝突時にバンパR/Fがどのように変形するのか検証を重ね、より効率的にエネルギーを吸収できる形状を検討した。バンパR/Fの断面形状と衝突時の挙動を図6に示す。

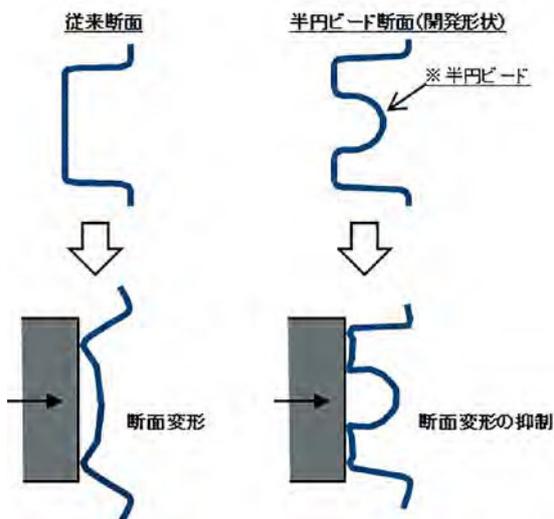


図6 バンパR/Fの断面形状と変形挙動

従来断面は衝突時に断面が崩れ変形しやすいが、今回開発を行った半円ビード断面は衝突時に曲げモーメントが働いても断面の崩れ変形を防ぐことができる。TS1800MPa級ホットプレス材と組み合わせることで、

従来のバンパR/Fに対し板厚低減ならびに軽量化が可能となった。

4. TS1800MPa級のホットスタンプ成形技術の開発

TS1800MPa級バンパR/Fの量産化に向け、ホットスタンプ成形技術の開発を行った。現行のTS1500MPa級と異なる点および開発において配慮した点を中心に以下に紹介する。

4.1 成形性

開発材のホットスタンプ成形性の調査を行うため、高温引張り試験を行った。ホットスタンプの工程を模擬し、一旦900℃に加熱した試験片を800℃または700℃に冷却してから、引張り試験を行った。図7に高温強度(S-Sカーブ)を示す。

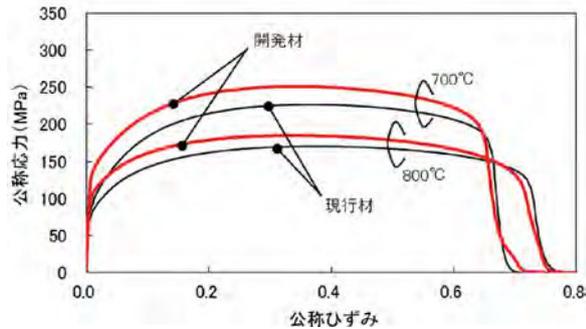


図7 高温強度(S-Sカーブ)

各温度において現行材より開発材の高温強度が高いことが明らかになった。このことより成形性の悪化が懸念されたため、実際にバンパR/Fを成形して調査を行った。中央断面の板厚分布(板厚変化率)を図8に示す。図に示すように各部に大きな減肉は見られず、開発品の成形において特に問題は見られなかった。

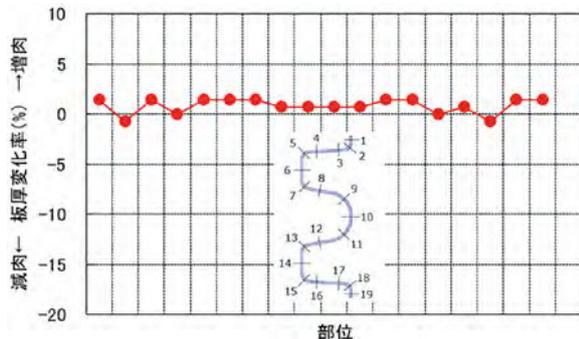


図8 バンパR/F中央断面の板厚変化率

4.2 成形同時ピアス

開発品(バンパR/F)には後工程で溶接を行う都合で、穴径公差の厳しい穴が設定されている。展開プランクを用いた場合、成形時に穴が変形する可能性があるため、ホットスタンプ成形と同時にピアス加工を行う機構を金型に織込んだ。成形同時ピアスを採用することで

展開プランクを用いた場合に比べ、高精度な穴を開けることが可能となった。

一般的に材料の強度が1200MPa級を超えると、遅れ破壊に注意する必要があるとされているが、開発品ではホットスタンプ成形と同時に、高温時にピアス加工を行っているため穴のエッジ部に発生する残留応力は低く、遅れ破壊の発生は無いと考えられた。確認のため、塩酸浸漬法による遅れ破壊評価を行った。結果を図9に示す。塩酸浸漬前後の穴周辺の拡大写真では、遅れ破壊の発生は見られなかった。

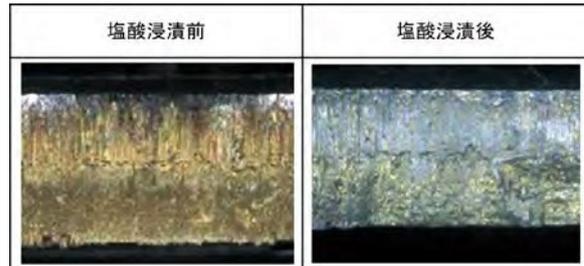


図9 同時ピアス部の拡大写真

5. 実用化の状況

材料・製品形状・成形技術の開発を行い、車体の軽量化と衝突安全性能向上を両立させる高強度・高靱性なTS1800MPa級バンパR/Fを実現し、コンパクト車両の受注につなげることができた。

6. 将来の発展性

車体の軽量化・衝突安全性能向上のニーズは今後益々高まるものと考えられ、今回開発を行ったTS1800MPa級ホットスタンプ成形技術を使用することで、車体部材の大幅な軽量化や強度向上が可能となる。バンパR/F以外の部品を対象とした検討も進んでおり、今後の採用拡大が期待される。

7. おわりに

TS1800MPaバンパR/Fの開発において大きな成果を上げることができ、本開発に協力いただいた関係者の皆様に深く感謝の意を申し上げる。

参考文献

- 1) 鈴木貴之,増尾俊二,林康彦,波部光利,匹田和夫,中山伸之:
“1800MPa級車体部材のホットプレス成形技術の開発”,素形
材, Vol.55(2014) No.12, 10-14, 2014

筆 者



吉戸 佑樹

アイシン高丘(株) 製品エンジニアリング部
バンパ製品の開発に従事



北 恭一

アイシン精機(株) 第二車体技術部
バンパ製品の開発に従事