高張力鋼板のプレス成形技術に関する調査研究

白川　正登*　相田　収平*　片山　聡*　本田　崇*

Report of Market and Technology Trends of Press Forming for High Tensile Strength Steel Sheets

SHIRAKAWA Masato*, AIDA Shuhei*, KATAYAMA Satoshi* and HONDA Takashi*

1. 緒　　言

近年，環境問題を背景に，自動車の燃費向上が求められ，車体骨格部品などを中心に自動車の軽量化が進められている。その一方で，衝突安全性の確保を図るため，車体骨格への補強部品の追加などにより車体重量は増加傾向にある。これらの課題を解決するため，鋼板の高強度化が進められ，高張力鋼板（ハイテン）の使用量が増加するとともに，引張強さ 980MPa 以上の冷間プレス用ハイテンや 1470MPa 級のホットスタンプ材など超高張力鋼板（超ハイテン）の適用も多くなっている。

ハイテン成形時の代表的な課題として，成形性の低下，スプリングバックなどに起因する形状不良，金型寿命の低下などがあげられるが，高強度な材料ほど顕著に現れ，その対策が重要である。

そこで，本調査研究では，「高張力鋼板成形技術研究会」を立ち上げ，ハイテンのプレス成形技術に関する講演会の開催，超ハイテンを中心としたハイテンに関する市場動向，技術動向，成形のための技術課題およびその対策についての調査を行った。また，成形性向上のための確認試験を行ったので，その結果を報告する。

2. 活動概要

2.1 講演会開催

ハイテンおよびその成形技術に関連する講演会を 3 回開催し，延べ 114 名の参加を得た。図 1 に第 1 回講演会の様子を示す。各回の概要は以下のとおり。

・第 1 回講演会（平成 25 年 7 月 12 日）

講演 1：「自動車におけるハイテン材適用の現状と将来展望」（ホンダエンジニアリング(株) 車体研究開発部　土屋　卓　氏）

ハイテン適用の現状や将来の方向性について，テーラードブランク製法やホットスタンプ型内トリム製法などの新技術の適用事例を含めて，解説があった。また，超ハイテンに関しては，冷間プレス用材料として 1180MPa 級まで採用されているが，課題は成形性と成形荷重。いかに荷重を低く抑えながら成形できるかといった工程設計，金型設計が重要である。1500MPa 級以上の超ハイテンとしてホットスタンプが注目されているが，設備費とサイクルタイムが長いことからコスト高が課題である。

講演 2：「高耐久性ハイテン材成形金型（金型用鋼と表面処理技術）」（日本高周波鋼業(株) 商品開発部　菓子　貴晴　氏）

ハイテン成形用金型のコーティング皮膜損傷事例と損傷要因について解説の後，自社で開発

図 1　第 1 回講演会の様子

*　研究開発センター

した耐久性の高い金型用鋼と表面処理技術について，その特長と適用事例の紹介がなされた。金型材料（ダイス鋼）表面の粗大炭化物がコーティング皮膜損傷の要因になっているとの解析結果から，開発鋼種では，成分調整により粗大炭化物をなくし，表面処理性や靭性を向上させている。コーティングなしでは，耐摩耗性の面で従来のダイス鋼に劣るが，開発したコーティング皮膜と組み合わせることで，980MPa 級超ハイテンのしごき加工を伴うプレス成形において，寿命向上の効果が確認された。

・第 2 回講演会（平成 25 年 11 月 20 日）

講演 1：「自動車用先進ハイテンの現状および成形上の課題と対策」（JFE スチール(株)　スチール研究所薄板研究部　瀬戸　一洋　氏）

鋼の強化機構と材料設計の考え方などの解説の後，外板パネル，車体骨格，足回りなどの部品ごとに最適化された各種自動車用ハイテンの特徴の紹介があった。一言にハイテンといっても，採用される部品によって求められる材料特性がさまざまであり，強度のみではなく伸びや穴拡げ率，n 値（加工硬化指数），r 値（ランクフォード値）などの材料特性値を考慮した選定が必要である。例えば，伸びフランジ成形性の良さの指標である穴拡げ率は，伸びと両立させることが非常に困難な特性であり，適用する部品によってどちらの特性が必要なのかを選定する必要がある。

講演 2：「CAE を活用した高張力鋼板のプレス成形技術の開発」（トヨタ自動車(株)　プレス生技部　石田　健二郎　氏）

ハイテン化によるプレス成形上の課題としては，寸法精度不良が最大の課題である。CAE を使った応力コントロール，応力キャンセルの解析手法として，従来の応力分析手法に比べ，モーメント分析手法の方が人への依存度も解析回数も少ない。また，超ハイテンでは，スプリングバックが大きいのみではなく，材料特性値のバラツキも大きくなることから，材料特性値に依存しない工法の検討が重要である。各種プレス部品のスプリングバックやねじれ対策として，CAE を活用して開発した成形技術が紹介された。

・第 3 回講演会（平成 26 年 3 月 19 日）

講演 1：「高張力鋼板のプレス成形における課題と県内企業の取り組み」（新潟県工業技術総合研究所　研究開発センター　白川　正登）

「高張力鋼板成形技術研究会」の活動報告として，ハイテンのプレス成形技術に関する市場動向，技術動向，県内企業の取り組み状況などを報告した。また，スプリングバック対策や伸びフランジ性改善のための対策について，学会などで報告されている事例を紹介した[1)~7)]。

講演 2：「金型に適用されるコーティング皮膜の現状と今後の開発の方向性」（JFE 精密(株)　技術部　和田　雷太　氏）

ハイテン成形金型へのコーティングに関する取り組みを含め，金型に適用されるコーティング皮膜の種類や特徴，開発事例と開発の方向性に関する解説があった。ハイテンに限らず，皮膜の基本特性試験の結果を向上させるだけでは，実使用の要求に応えられない。実使用での要求に応えるためには，用途に合わせた被膜の設計，かつ実使用条件での試験結果のフィードバックが不可欠である。

2.2　市場や県内企業の動き

図 2 に，2004 年における自動車用鋼板の強度別採用比率と 2014 年の予測値を示す[8)]。この予測値は，現状とよく一致しているといわれており，実際にハイテン採用比率は，車体骨格

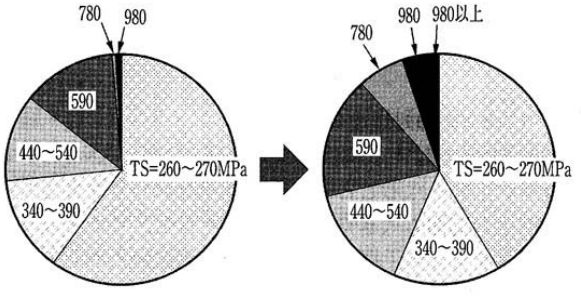

図 2　強度別採用比率（重量比）[8)]

の 5 割前後からそれ以上を占めるようになってきている。また，その種類も，引張強さ 440MPa 級から 590MPa 級へと主流が変わってきている。将来的にはより一層，採用が進むとともに，その強度レベルもあがると予測されている。現在，すでにピラーやメンバなどの部材を中心に 980MPa 級超ハイテンの採用が多くみられ，冷間プレス成形用の 1180MPa 級超ハイテンの量産車への適用も報告されている。県内企業においても，980MPa 級超ハイテンの成形事例，成形用金型の製作事例の他，1180MPa 級への取り組み事例なども見られる。

材料を高温（950℃程度）に加熱して軟化した状態で成形・焼入れするホットスタンプが，欧米を中心に自動車メーカに採用されており，近年では日本のメーカでも導入がみられる。引張強さ 1500MPa を超える強度が得られるとともに，良好な成形性が得られる非常に有効な加工法である。反面，加工のサイクルタイムを長く要すること，設備導入に多額の投資が必要になるとともに，広い設備面積を占有し，エネルギー消費量が大きいことなどが課題となっている。県内企業を調査したところ，前記のような課題から，現状では検討していないとの意見が多かったが，今後必要性に迫られる可能性が有るといった認識の企業もある。市場動向，技術動向を注視していく必要がある。最近では，引張強さ 1800MPa 級の鋼板も開発され，バンパービームへの適用事例も報告されている [9]。

2.3 成形における技術課題と対策

県内企業が抱える技術的な課題は，一般的にハイテンの成形技術課題としてとらえられている課題と同様であり，大別して，成形性が悪いといった課題と耐摩耗，耐型かじりなどの金型寿命の課題である。

成形性の面からは，スプリングバックによる成形精度・形状精度不良，穴広げ加工，伸びフランジ成形時の割れが最も重要な技術課題となっている。他に，縮みフランジ成形側のしわや厳しい曲げ加工の割れなどがあげられる。

成形不良対策のために，学会などで新しい成形技術が報告されている [例えば 1)～7)] が，設計段階からの考慮が必要なものが多く，中小企業独自での採用・実施は困難なものも多い。県内のハイテン成形用金型メーカ，プレス部品メーカでは，金型形状修正の繰り返し，多工程化，リストライク工程の追加などにより対応しているのが実状である。

金型寿命からは，耐摩耗（耐損傷），耐焼き付き（製品かじり）が大きな課題である。最適な金型材料の選定やコーティングにより金型寿命の向上を図りたいところであるが，被加工材の材料強度が高いために，成形時にしわや噛みこみなどが発生した場合には，一度に金型損傷に至ってしまう。成形に用いる金型にどういった機能を持たせたいのか，その対策として有効なコーティングはあるのかなど，コーティングメーカとユーザが一緒になって取り組むことが必要と考える。

2.4 成形性向上のための確認試験

県内企業が抱える技術課題の一つとして超ハイテンの伸びフランジ（穴広げ）成形時の材料の割れがある。鋼板の強度の増加とともに限界穴広げ率は低下し，特に高強度な鋼板の成形において，伸びフランジ割れが問題となる。この穴広げ性を改善するためには，抜きクリアランスの最適化や抜き断面の平滑処理が有効であるといった報告がある [6), 7)]。また，それぞれの鋼板において限界穴広げ率が最大になる抜きクリアランスが存在することが報告されている。報告では，引張強さ 980MPa 級超ハイテンでは，板厚に対して 20%の抜きクリアランス比が最適であると報告されているが，一般的な抜きクリアランス比としては 10%前後の値が用いられることが多く，穴広げ性向上の観点からは，必ずしも最適ではない条件で抜き加工が行われている可能性がある。

そこで，抜きクリアランス比が穴広げ性の改

善に及ぼす効果を確認するため，抜きクリアランス比を変えた穴広げ試験を実施した。供試材は，980MPa 級超ハイテン（板厚 1.8mm）を用い，試験方法は，JIS Z 2256「金属材料の穴広げ試験方法」に準じて行った。抜きクリアランス比は，5，10，15，20，25%の 5 条件とした。また，抜き方向と穴広げ方向を変えることにより，穴広げ性の改善を図るといった県内企業調査結果があることから，抜きクリアランス比 20%の条件で，穴広げ方向を変えて試験を行った。試験結果を図 3 に示す。抜きクリアランス比 20%の場合において，最も良い穴広げ性が得られることが確認できた。その一方で，穴広げ方向を抜き方向と逆にした場合については，穴広げ性の改善は見られるものの，最適な抜きクリアランス比の選定の方が効果が大きいものと考えられる。

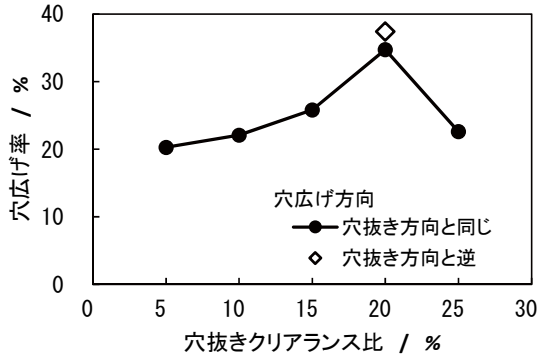

図 3　穴抜きクリアランス比と穴広げ率の関係

3. 結　　言

(1) ハイテン及びその成形技術に関連する講演会を 3 回開催し，延べ 114 名の参加を得た。

(2) 県内企業においても超ハイテンの成形及びそのための金型の製造が行われており，多くの技術課題を抱えていることがわかった。個々の技術課題について，技術情報の提供，課題解決策の検討を行っていきたい。

(3) 成形性向上のための確認試験により穴広げ性向上のための抜きクリアランス比に最適な条件があることが確認できた。抜きクリアランスの最適化により成形性向上が期待できる。

参考文献

1) 山本倫明，“ハイテン材実用化のための寸法精度対策技術”，神戸製鋼技報，Vol.57，No.2，2007，pp.37-41.

2) 小川隆行，吉田総仁，”高張力鋼板の U 曲げスプリングバックの抑制に及ぼす決め押しの効果”，塑性と加工，Vol.53，No.612，2012，pp.69-73.

3) 山野隆行，岩谷二郎，“2 回曲げによる角度変化不良対策技術の検討”，第 53 回塑性加工連合講演会講演論文集，2002，pp.249-250.

4) 岩谷二郎，山野隆行，”オーバーラン誘発パンチによる壁反り不良対策技術の検討”，第 54 回塑性加工連合講演会講演論文集，2003，pp.17-18.

5) 森下勇樹，門格史，弓場憲生，岩谷稔，安部重毅，“多段アクションを利用した部品成形技術の開発（第 1 報）（可動ポンチを用いたハット曲げにおける高張力鋼板の形状凍結性）”広島県立総合技術研所西部工業技術センター研究報告，No.51，2008，pp.30-33.

6) 安部洋平，森謙一郎，鈴井哲生，“超高張力鋼板の穴広げ性に及ぼす穴抜き加工された切り口面性状の影響”，塑性と加工，Vol.50，No.580，2009，pp.414-418.

7) 安部洋平，池田豊，森謙一郎，”超高張力鋼板の破断面平滑加工による穴広げ性の向上”，塑性と加工，Vol.52，No.603，2011，pp.485-489.

8) 杉山隆司，”高強度鋼板の車体への適用の変遷”，塑性と加工，Vol.46，No.534，2005，pp.552-555.

9) 匹田和夫，西畑敏伸，菊地祐久，鈴木貴之，中山伸之，”TS1800MPa 級ホットスタンプ用鋼板の開発”，まてりあ，Vol. 52，No. 2，2013，pp.68-70.