2411 高張力鋼板のファインブランキングにおける加工条件の FEM 解析 FEM analysis for processing condition in fine blanking of high-tensile steel sheet

正 田中 徹・佐賀県工技セ 学○稲田 拓真・佐賀大院 学 吉村 修平・佐賀大院
Toru TANAKA, Industrial Technology Center of SAGA Takuma INADA, Graduate Student, Saga University Shuuhei YOSHIMURA, Graduate Student, Saga University
正 只野 裕一・佐賀大 正 萩原 世也・佐賀大
Yuichi TADANO, Saga University Seiya HAGIHARA, Saga University
正 森 孝信・森鉄工 正 湧脇 健二・秦野精密
Takanobu MORI, MORI Iron Works Corporation Kenji FUCHIWAKI, HATANO SEIMITSU Corporation

1. 緒言

近年、自動車産業は原油価格の高騰・環境問題・国際競争から省エネルギー対策、高速走行での安全対策やコスト削減など様々な課題に直面している。中でも特に、自動車の低燃費性や高速走行での安全性は重要な課題であり、車体そのものの軽量化による燃費向上を意図し、薄くしても普通鋼板と同じ強度が得られる高張力鋼板製部品への切り替えが急がれている。また、自動車部品には多数のプレス成形品が使われており、多くの成形部品にはプレスせん断による工程が含まれている。

実験的に高張力鋼板のせん断加工は行われているが、せん断加工の可否や切断面の品質に対しての最適な条件は明確にはされていない。そのため、最近ではせん断加工の現象に有限要素法 (FEM) 解析を有効に適用するための研究が活発に行われている¹⁾。

本解析では、ファインブランキング加工に関して FEM シミュレーションを用いたせん断挙動を解析し、せん断面のダレの発生に関して、パンチとダイのクリアランスの影響、およびパンチの打ち込み量とクリアランスについてそれぞれ解析を行い、せん断面のだれ量に及ぼす影響について検討した。

2. ファインブランキング法²⁾

ファインブランキング法とは、ブランク材へ圧縮力を作用させることで塑性変形能が大きくなる静水圧効果を利用して高精度にせん断加工を行う方法である。Fig.1 に示すように通常の打抜き加工に用いられるパンチとダイの他にパンチの周囲にある板押えとダイ穴の中にある逆押えを用いて、材料に圧力をかけながら打抜き加工を行う方法である。また、材料を効果的に拘束する目的や圧縮力を高める目的で、板押えやダイに V 字突起を設ける方法もある。

Fig.1 Fine blanking method

ファインブランキング加工ではブランク材へ圧縮力を作用させる際に、ブランクホルダーに作用する油圧による荷重を V 圧と呼び、カウンターパンチに作用する油圧による荷重を C 圧と呼んでいる³⁾。

3. 解析条件

本解析ではブランク径 $\phi 20.0\text{mm}$ 、部品径 $\phi 6.0\text{mm}$ (板厚 t は 4.0mm) の円形形状のせん断部品を残り 0.001mm まで打ち抜く、ファインブランキング加工のモデルを作成した。MSC/Marc/Mentat を用いて中心軸を対称軸とする 2 次元軸対称モデルを作成した。解析には MSC/Marc を用い、時間に依存しない静的な現象として解析を行った。境界条件として高張力鋼板は変形体、パンチ、逆押え、板

押え、ダイは剛体として定義し、それぞれ接触条件を設定した。高張力鋼板の変形体は接触状態に貫通が生じた場合にリメッシングを行う様に定義して解析を実行した。

解析モデルの概略図を Fig.2 に示す。材料モデルは J_2 流れ則を用いた。材料定数は 590MPa 級の板の単軸引張りの試験結果を使用した。その試験結果から、高張力鋼板の弾性域での材料定数と塑性域での応力と塑性ひずみのグラフを Table 1, Fig.3 にそれぞれ示す。

Fig.2 Analysis model

Table 1 Material properties

Young's modulus	[GPa]	206
Poisson's ratio	—	0.3
Yield stress	[MPa]	477

Fig.3 Flow stress-plastic strain curve

せん断加工の工程は変位制御にて次の①から③のように定義した。

- ①ブランク材へ V 字突起を押し込む。
- ②パンチと板押えにてブランク材を圧縮する。(初期圧縮量 δ)
- ③パンチと逆押えを用いて部品を打抜く。

ここで、初期圧縮量 δ と各工具に対する変位制御のステップ毎の概略図 Fig.4 に示す。

Fig. 4 Position of each step for fine-blanking process

本解析では、ダレ量に影響を与えるパンチと板押さえ、および逆押えとダイの間に設けられたクリアランス量を変更したモデルを解析し比較を行った。また、パンチの打ち込み量とクリアランスについてそれぞれ解析を行い、せん断面のダレ量に及ぼす影響について検討した。その時に設定した初期圧縮量とクリアランス量とパンチ位置の解析条件を Table 2 に示す。また、解析はすべて、高張力鋼板の破断寸前までの過程を計算し、その結果からせん断面におけるダレ量を読み取り、クリアランスとダレ量の関係を考察した。

Table 2 Analysis condition

Initial compression δ [mm]	0.03
Clearance h [mm]	0, 0.005, 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.08, 0.1
Punch position [mm]	0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 3.999

4. 解析結果および考察

実験で打抜いた部材を切断機で切断してせん断面を観察した。その時のクリアランスが 0.005mm と 0.02mm の断面を Fig.5 に示す。この切断面を見ると、せん断面にダレが発生していることが観察でき、そのダレ量はクリアランスが 0.005mm のものよりも 0.02mm のものの方が大きいことが確認できる。

Fig. 5 Cross-section of rounding edge on the cut surfaces

初期圧縮量を一定にしてクリアランスを 0.005mm, 0.01mm, 0.02mm と変化させたときの実験結果と FEM シミュレーションの結果をあわせて Fig.6 に示す。

Fig.6 に示すように、クリアランスが大きくなるに従ってダレ量が増加する結果が得られている。この解析結果が打抜き実験の結果に比べ大きなダレ量となっているのは、シミュレーションによる V 圧と C 圧が実験より小さな値であるためと考えられる。

ここで、パンチを打込む過程でクリアランス部の材料不足がダレを発生させると考え、初期圧縮で生じる材料の流れ込みによって、この材料不足が補われていると考えられる⁴⁾。

次に、初期圧縮量を一定にしてクリアランスを 0.0mm から 0.05mm まで変化させたときの FEM シミュレーションについて、ブランク材を打ち抜く過程のパンチ位置とダレ量の関係を Fig.6 に示す。

解析にて得られたいずれのクリアランスにおいても、パンチを打込む過程によってダレ量が増加しており、その傾向はクリアランスが大きいほど増加割合が大きくなっている。このことから、ファインブランキング加工に関する FEM シミュレーションにてダレ量を予測する場合は、解析可能な範囲でパンチを最大限打ち込んだ時のダレ量について評価する必要があると考えられる。

Fig. 6 Relationship between Clearance and depth of rounding edge

Fig. 7 Relationship between Punch position and depth of rounding edge

5. 結言

ファインブランキング法によるせん断加工について FEM を用いた解析の結果から、クリアランスが大きくなるに従ってダレ量が増加することがわかった。また部材を打抜く過程でダレ量は増加する傾向があるので、ファインブランキング加工により打抜いた製品のダレ量を予測する場合は、解析可能な範囲でパンチを最大限打ち込んだ時のダレ量によって予測する必要があることがわかった。

なお、本研究は経済産業省の平成 19-21 年度戦略的基盤技術高度化支援事業により実施した。

参考文献

- (1)村川 正夫, 神 雅彦 ほか, 平 12 塑加春講論, (2000), 165.
- (2)中川 威雄, ファインブランキング, 精密打抜きの理論と実際, 日刊工業新聞社, (1998).
- (3)林一雄: ファインブランキング用語集, プレスフォーミングジャーナル社, (2007).
- (4)近藤 一義: 塑性と加工, 29-324 (1988), 21-25.