



1000MPa級高強度薄鋼板の 深絞り性と残留オーステナイト

松村 理*・大上 哲郎*²・雨池 龍男*³

Effect of Retained Austenite on Deep Drawability in 1000MPa Grade High Strength Steel Sheets

Osamu MATSUMURA, Tetsuro OHUE and Tatsuo AMAIKE

Key words : high strength steel sheet ; retained austenite ; TRIP ; austempering ; formability ; deep drawing.

1. 緒言

プレス成形における近年の部品一体成形化の流れは、必然的に材料の高 n 値化(均一伸びが大きいこと)を要請する。その意味で残留オーステナイト(γ_R)を含む鋼は、極めて魅力的な素材である。著者らは前報¹⁾において、1000MPa級高強度薄鋼板の張出し性、曲げ性、穴拡げ性におよぼす γ_R の影響を調べ、これらの特性の示す挙動が γ_R 量(V_{70} :体積分率)および γ_R の安定性(k)で説明できることを示した。ここで k は一軸引張時の加工誘起変態率とひずみを関係づける速度定数で、 γ_R の機械的安定性を評価する指標として用いたものである²⁾。本報では、まず前報で触れなかった深絞り性と γ_R との関係を検討する。ついでドアガードバー一体成形モデル型を用い、実プレス成形への橋渡しとして、成形様式、ひずみ履歴や(小型試験では予知できず大寸法の実物プレスで顕れる)形状性の問題も併せて検討する。

2. 供試材

供試材の成分、機械的性質および V_{70} 、 k 、 $D\gamma$ (γ_R 粒径)をTable 1に示す。鋼A、BおよびGは、2台の塩浴炉を用いて、830°C×1.5minの二相域均熱後、それぞれ400°C×6min、375°C×10minおよび375°C×5minのオーステンパー処理を施したもので、組織はフェライト+ベイナイト+ γ_R よりなる。鋼C、H、Dは基本的にフェライト+ベイナイト組織を有する商用鋼である。鋼E(鋼Dと同一成分)は鋼C、H、Dよりベイナイトが少なく、その分マルテンサイトと不安定 γ_R が増す処理を施したものである。鋼Kは比較に用いた

極軟鋼(SPCC)である。

3. 円筒深絞り成形

鋼A、B、Cを、直径165mmの円形ブランクに切削加工し、ポンチ直径78mm、ポンチ肩曲率半径(r_p)およびダイス肩曲率半径(r_d)はいずれも5mmの金型を用いて行った。しわ押さえ圧力(BHF)を2~30tの範囲で変化させ、これと成形高さの関係を調べた。成形速度はほぼ1mm/s、潤滑剤はグラフアイト系のものを使用した。

供試材の成形高さとしわ押さえ圧力(BHF)との関係をFig. 1に示す。 γ_R を含む鋼A、Bは絞り抜けるが、 γ_R を含まぬ鋼Cは絞り込むはるか以前に破断することがわかる。しわも割れも生じない領域の広さで深絞り性を評価すると、鋼Aは明らかに鋼Bよりも深絞り性がよい。 γ_R を含む鋼の深絞り性が優れる理由は、準安定オーステナイトステンレス鋼のそれと同様で⁴⁾、①加工誘起変態による歪集中の緩和の他、②深絞り成形で流入抵抗を支えるポンチ肩部での $\gamma_R \rightarrow$ マルテンサイト変態による強度上昇も考えられる。鋼Aが鋼Bより優れるのは、Table 1に示すように、 γ_R 量がより多く(V_{70} 大)かつより安定(k 小)なためで、明らかに変態誘起塑性(TRIP)効果による。

4. ドアガードバー一体モデル成形

鋼G、H、D、E、Kより採取した400mm×305mmのブランク板(L、C両方向採取)を用いた。使用したモデル型は、本来二段の成形、すなわち一段目で中央の山を、二段目で

平成4年6月10日受付 平成4年9月4日受理 (Received on June 10, 1992; Accepted on Sep. 4, 1992)

* 新日本製鉄(株)薄板研究センター (現:横浜国立大学工学部) (Sheet & Coil Research Lab., Nippon Steel Corp., now Faculty of Engineering, Yokohama National University, 156 Tokiwadai Hodogaya-ku Yokohama 240)

* 2 新日本製鉄(株)鉄鋼研究所 (現:技術開発企画部) (Steel Research Laboratories, now Technical Development Planning Div., Nippon Steel Corp.)

* 3 新日本製鉄(株)技術開発企画部 (現:鉄鋼研究所) (Technical Development Planning Div., now Steel Research Laboratories, Nippon Steel Corp.)

Table 1. Chemical composition, mechanical properties and V_{γ} , k , D_{γ} (volume fraction, stability parameter²⁾, grain size of γ_R) of steels.

Steel	Thick- ness (mm)	Chemical composition				Mechanical properties				Retained austenite		
		C	Si (mass%)	Mn (mass%)	Ti	YP (MPa)	TS (MPa)	El _t ^{*1} (%)	ϵ_f ^{*2}	V_{γ} (vol%)	k	D_{γ} (μ m)
A	0.8	0.35	1.50	1.25	—	770	1000	29	—	17.1	26	$\leq 2-3$
B	0.8	0.35	1.50	1.25	—	830	1070	25	—	15.5	32	$\leq 2-3$
C	0.8	0.13	0.48	2.23	0.06	640	1030	17	—	—	—	—
G	1.4	0.35	1.50	1.25	—	530	933	32	0.82	18.2	39	$\leq 2-3$
H	1.4	0.14	0.58	2.23	0.05	690	980	16	0.87	—	—	—
D	1.4	0.22	1.36	2.22	—	730	1060	18	0.86	—	—	—
E	1.4	0.22	1.36	2.22	—	600	1030	22	0.39	10.5	600 ^{**}	$\leq 6-7$
K ^{*3}	1.4	0.038	—	0.30	—	220	320	41	—	—	—	—

^{*1}Total elongation ^{*2}Fracture strain³⁾ ^{*3}SPCC ^{**}Estimated value²⁾

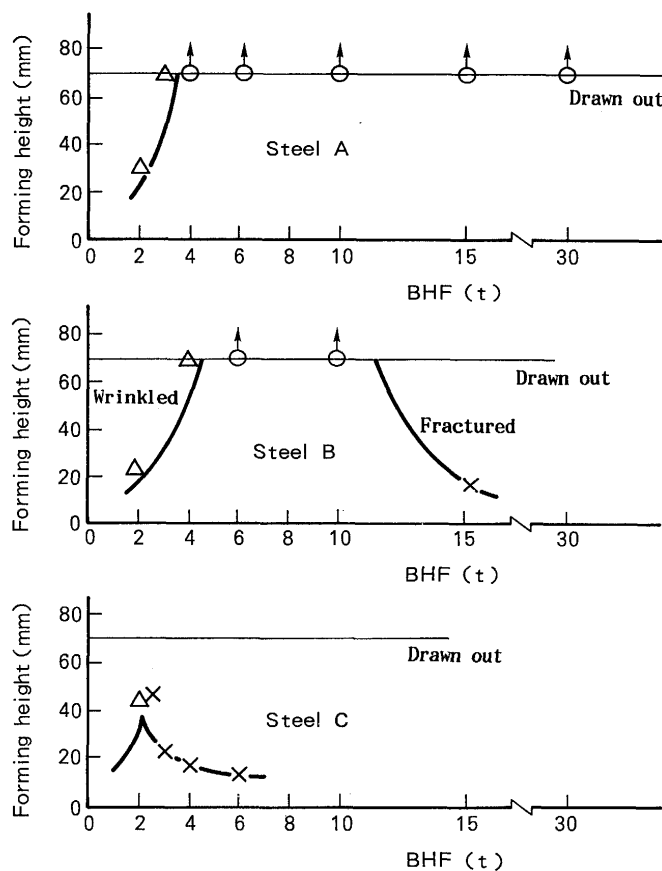


Fig.1. Relation between forming height and blank hold force (BHF), showing ○ drawn out, △ wrinkled, × fractured, △× wrinkled and fractured.

両端の山を成形し (Photo.1(c) 参照), 都合三つの山を有する形状を得ることを目的とする。本実験では, Fig. 2 に示すように, まず①断面形状の異なるポンチを用いた一段成形 (SS(a), SS(b)) により成形様式 (曲げ, 張出し) の影響を把握し, ついで②一段成形と二段成形 (SS(a), DS(a)) の比較より歪履歴の影響の把握を試みた。成形速度はほぼ 60mm/s, BHFは40tとし, 潤滑剤は防錆油を使用した。ただし二段成形の一段目については, 潤滑性の良い粘度640のものを使用して一段目成形高さ30mmに統一した。

成形性の評価を Table 2 に, また鋼Gの成形例を Photo.1 に

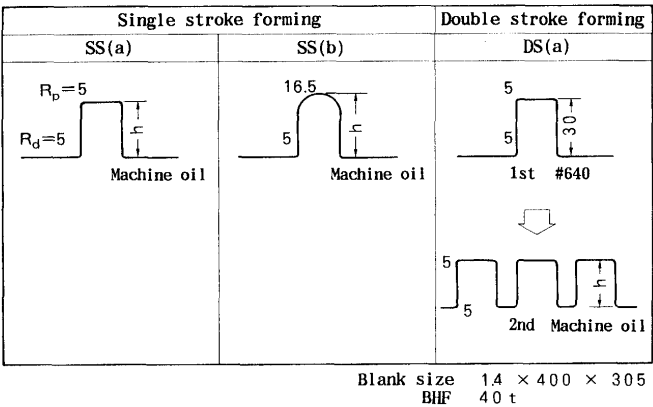


Fig.2. Shape and size of punches used for single stroke forming SS(a), SS(b) and double stroke forming DS(a).

Table 2. Evaluation of formability of single stroke forming SS(a), SS(b) and double stroke forming DS(a), showing ○ passed × fractured.

Steel	h mm	SS(a)				SS(b)				DS(a)		
		15	20	25	30	25	30	35	40	15	20	25
G	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
H	○	○	○	○	×	○	○	×	×	○	○	×
D	○	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
E	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	×	×
K	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×

示す。一段成形では, 鋼Gはいずれも成形ストローク限 (SS(a):30mm, SS(b):40mm) に達しているため, ポンチ形状による限界成形高さの差異はわからない。しかしいずれにしても, 成形性は他鋼種より格段に優れ, 極軟鋼 (鋼K) なみの成形性を有することがわかる。一方二段成形性については, 鋼Gはフェライト+ベイナイトタイプ鋼 (鋼H, D) にやや及ばない。二段目成形では歪履歴が不連続に変わるため, 一段目成形で得た好適な歪勾配がいかされず, TRIPを十分発揮できないからであろう。鋼Eの二段成形性が極端に劣るのは, マルテンサイトや γ_R も含めて組織全体が粗大化しているため, 極限変形能 (ϵ_f) が極端に小さく, また γ_R が不安定なため, TRIP効果もあまり期待できないからであ

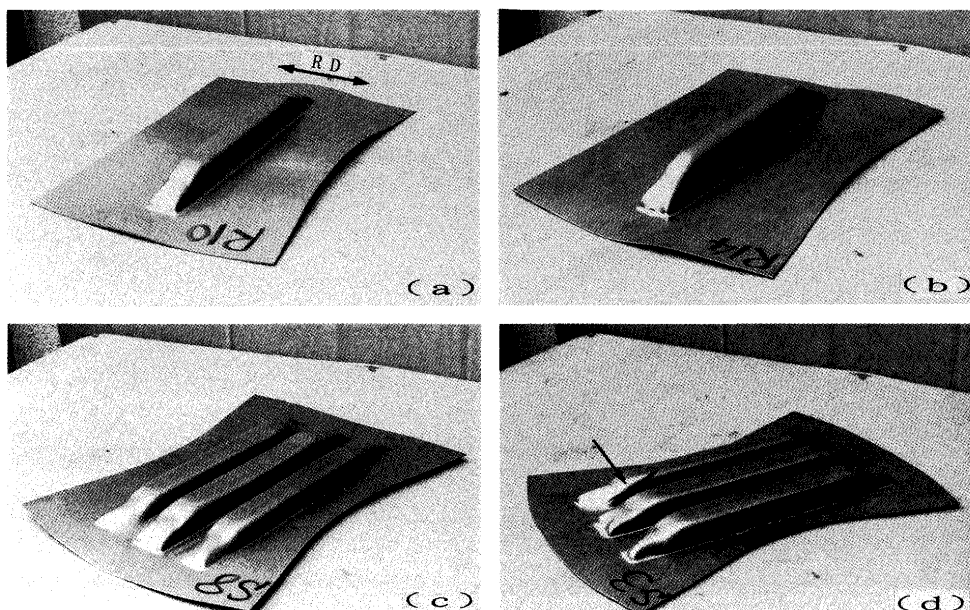


Photo.1. Appearance of steel G deformed by single stroke forming(a) SS(a); $h=30\text{mm}$, (b) SS(b); $h=40\text{mm}$, and double stroke forming(c) DS(a); $h=20\text{mm}$, (d) DS(a); $h=25\text{mm}$.

る。なお本実験では、一段目成形高さを統一するため、高粘度の潤滑剤を使用した¹⁾が、もし防錆油を使用すれば、鋼H, Dの一段目成形はもともと不可能である点に留意する必要がある。その意味では、 γ_R を含む鋼の二段成形性がフェライト+ベイナイトタイプの鋼のそれより劣るとは必ずしも言えない。所期の製品形状と潤滑を含む成形条件との関連をさらに詳細に検討する必要がある。

鋼Gの形状凍結性は、鋼H, D, Eのそれよりすぐれる(ひねれないこと)。これは降伏点が低いことと加工誘起変態に伴う大きな硬化能に関係すると思われる。鋼Gの成形性にブランク取りの方向(L, C)による差異は認められない。破断部はPhoto.1(d)矢印に示す位置であり、とくに鋼種間の差異はない。

5. 結言

以上の結果および前報¹⁾より、 γ_R を含む鋼は張り出し性および深絞り性に極めて優れることを特徴とし、かつ一段(一体)大成形向きの材料として位置づけられる。

文 献

- 1) 松村理, 佐久間康治, 石井良男, 趙金福: 鉄と鋼, **77** (1991), p.1312
- 2) O. Matsumura, Y. Sakuma and H. Takechi: Scr. Metall., **21** (1987), p.301
- 3) プレス成形難易ハンドブック(吉田清太監修), (1987), p.396[日刊工業新聞社]
- 4) 星野和夫: 塑性と加工, **16** (1975), p.993