

局所材料挙動制御によるニアネットシェイプ成形技術の開発（第3報）

14 加熱・急冷法による局所材質制御技術の開発

門 格史, 森下勇樹, 小鳥田博夫, 池田哲宏, 坂元康泰

Development of Near Net Shape Forming Controlled Local Material Behavior (3rd Report)

Development of controlling the local thickness reduction using the heat treatment by TIG welding

KADO Tadashi, MORISHITA Yuki, KOTORIDA Hiroo, IKEDA Tetsuhiro and SAKAMOTO Yasuhiro

The local thickness reduction is one of the causes of the defect of formed metal products. It is necessary to control the local thickness reduction for the improvement in formability. For this reason, The method for controlling the local thickness using the local heat treatment by TIG welding was developed. This method was applied to cold-reduced carbon steel sheet and 590MPa high strength steel sheet. The following results have been obtained

- (1) The formability of both steels was improved that the cracked part is heat-treated beforehand.
- (2) The formability of 590MPa high strength steel sheet was improved if that welding speed is made faster than usual one.

キーワード：熱処理, 材質制御, TIG 溶接

1 結 言

自動車などの輸送用機器は、地球環境の問題から燃費向上を目的として、車体の軽量化が強く望まれている。軽量化を実現するため、通常の冷間圧延鋼板 SPCC に加え、高張力鋼板も多く用いられている。それらの材料の成形性を向上させるため、様々なプレス成形方法が検討されている。プレス成形での破断箇所における特徴の一つは、板が局所的に板厚減少がおこることであり、成形性を向上させるには、この局所的な板厚減少を抑えることが重要なポイントの一つである¹⁾。

本研究では、鋼板の破断予想箇所をあらかじめ溶接機で熱処理を行うことにより、局所的な板厚減少を拡散・均一化して、成形性を向上させる技術開発を行った。

2 実験方法

2.1 実験方法

本研究の実験方法は、①素板での破断位置の把握②破断位置周辺への熱処理③成形の工程で行った。①、③は塑性加工機 (UTM-A1 株アミノ製) を使用して、**図1**に示すように成形用金型を加工機に取り付けて成形した。②はロボット (MOTOMAN-UP6 株安川電機製), TIG 溶接機 (MOTOWELD-T300A 株安川電機製) を使用して、ロボットに溶接機のトーチを保持させ、破断位置周辺に熱処理を行った。

2.2 実験条件

試験片には、冷間圧延鋼板 SPCC (板厚 1.2mm) と高張力鋼板 (590MPa 級, 板厚 1.2mm) を用いた。試験片の形状と座標系を**図2**に示す。また、試験片は、成形後の板厚減少を測定するため、5mm 間隔の格子をけがいて使用した。次に、SPCC, 高張力鋼板の熱処理条件を**表1**, SPCC の熱処理位置と条件を**表2**, 高張力鋼板の熱処理位置と条件を**表3**に示す。また、成形は、しわ押さえ力 120 kN, で行った。



図1 成形用金型及びモデル

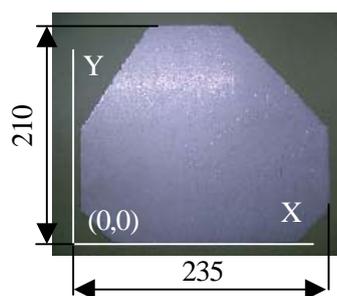


図2 試験片の形状と座標系

表1 SPCC, 高張力鋼板の熱処理条件

	SPCC	高張力鋼板
溶接電流	溶接電流: 70A ベース電流: 50A	
電極直径	φ2.4mm	

表2 SPCCの熱処理位置と条件

試験片名	熱処理位置 Y座標(mm)	ビード 本数	溶接速度 (cm/min)
A	97.5	1本	100
B	95	1本	
C	92.5	1本	
D	95, 97.5	2本	
E	92.5, 95	2本	
F	92.5, 95,	3本	

※試験片A~FのX座標は、25-65mm (共通)

表3 高張力鋼板の熱処理位置と条件

試験片名	熱処理位置 Y座標(mm)	ビード 本数	溶接速度 (cm/min)
A	95	1本	100
B	95	1本	300
C	92.5	1本	100
D	92.5	1本	300
E	87.5, 95	2本	300

※試験片A~D, E (Y座標95mm) のX座標は、35-65mm (共通)

試験片E (Y座標87.5mm) のX座標は、30-50mm

3 実験結果と考察

3.1 冷間圧延鋼板 SPCC

素板および破断予想箇所周辺に熱処理した試験片 A~F の成形実験を行った。実験結果を表4に示す。まず、素板の最大成形高さは24mmであった。次に、ビード本数1本の試験片A~Cの最大成形高さは、Aが28mm, Bが30mm, Cが28mmとなり、素板よりも向上した。また、ビード本数2~3本の試験片D~Fの最大成形高さは、Dが26mm, Eが28mm, Fが26mmとなり、素板よりも向上した。しかし、ビード1本の試験片A~Cよりも成形性は向上しなかった。このことから破断予想箇所へビード本数を多くするよりも適切箇所にビード1本おくことが、成形性の向上には有効であると考えられる。

次に、成形高さが26mmにおける素板と試験片Bの板厚減少率(成形後の板厚/成形前の板厚)を調べた。測定箇所は図3に示す位置で事前につけがいた格子部分を5mm間隔で測定した。その結果を図4に示す。素板は、破断箇所周辺で局所的に板厚が減少しており、その他の箇所では少ない。それに比べて、試験片Bは破断箇所周辺にビード1本をおくことにより、素板での局所的な板厚減少は拡散され、周辺部分の板厚が減少していることがわかった。このことが、成形性向上の要因と考えられる。

表4 各試験片における最大成形高さ

試験片の種類	最大成形高さ (mm)				
	24	26	28	30	32
素板	○	×	×	×	×
A (97.5mm)	-	-	○	×	-
B (95mm)	-	○	-	○	×
C (92.5mm)	-	-	○	×	-
D (95, 97.5mm)	-	○	×	×	-
E (92.5, 95mm)	-	-	○	×	-
F (92.5, 95, 97.5mm)	-	○	×	-	-

※ ○:良 ×:不良 - :未成形



図3 測定箇所

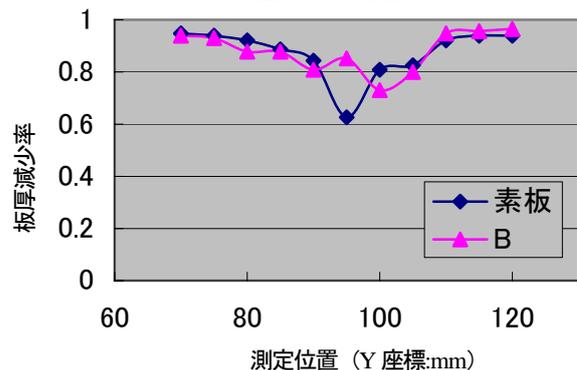


図4 板厚減少率(成形高さ=26mm)

3.2 高張力鋼板 (590MPa 級)

素板および破断予想箇所周辺に熱処理した試験片 A~E について成形実験を行った。実験結果を表5に示す。まず、素板の最大成形高さは18mmであった。溶接速度100cm/minの試験片A,Cの最大成形高さは、素板と同じ18mmであり、熱処理の効果はなかった。次に、溶接速度300cm/minについて、試験片Dの最大成形高さは、素板と同じ18mmであり、熱処理の効果はなかった、しかし、試験片Bは20mmとなり、最大成形高さが向上した。後ほど板厚減少率の結果を示すが、ビードをおくことにより周辺部分の板厚が減少していることがわかった。更に成形性の向上を目的として、この位置にビードを1本付加した試験片Eは、最大成形高さが22mmとなり、素板と比べて4mm向上した。このことから適切箇所に通常よりも早い溶接速度で熱処理すること、また、熱処理により発生した周辺の板厚減少箇所へ更

に熱処理することにより、成形性が向上した。

次に、成形高さが19mmにおける素板、試験片B、Eの板厚減少率（成形後の板厚／成形前の板厚）を調べた。測定箇所は図5に示す位置で事前にけがいた格子部分を5mm間隔で測定した。実験結果を図6に示す。素板は、破断箇所周辺で局所的に板厚が減少して、その他の箇所では小さい。それに比べ、試験片Bは、この周辺にビード1本をおくことにより、素板での局所的な板厚減少は拡散され、周辺部分の板厚が減少していることがわかった。また、試験片Eは、試験片Bの破断箇所に加え更にビードをおくことにより局所的な板厚減少が拡散され、更にそのほかの周辺部分の板厚が減少していることがわかった。

次に、溶接速度と成形性の関係性を調べるため、試験片A、Bのビード断面写真の撮影とマイクロビッカース硬さの測定を行った。結果を図7に示す。マイクロビッカース硬さの測定は、ビード断面写真中に示した点線付近を矢印方向へ0.1mm間隔で行った。なお、母材の硬度は、200～225であった。まず、試験片Aのビード断面は、板厚方向全体に熱影響を受けており、この部分の硬度は、母材より高くなっている。これと比較して試験片Bは、表面から板厚方向へ0.4mm程度、熱影響を受けており、その部分の硬度は高くなっているが、それ以外の部分は、熱影響を受けておらず、硬度も高くなっていない。このことから、成形性を向上させるには、鋼板の硬度を全体的に上げるのではなく、溶接速度を上げて、鋼板の一部の硬度を高くすることが有効であると考えられる。

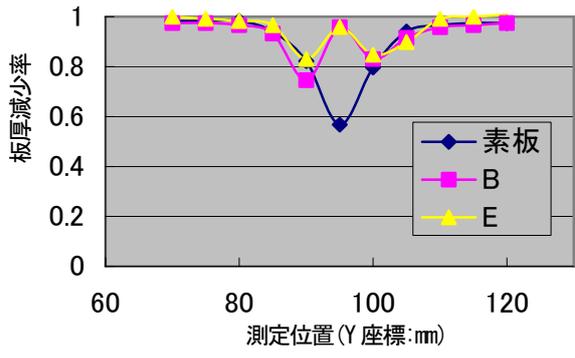


図6 板厚減少率（成形高さ=19mm）

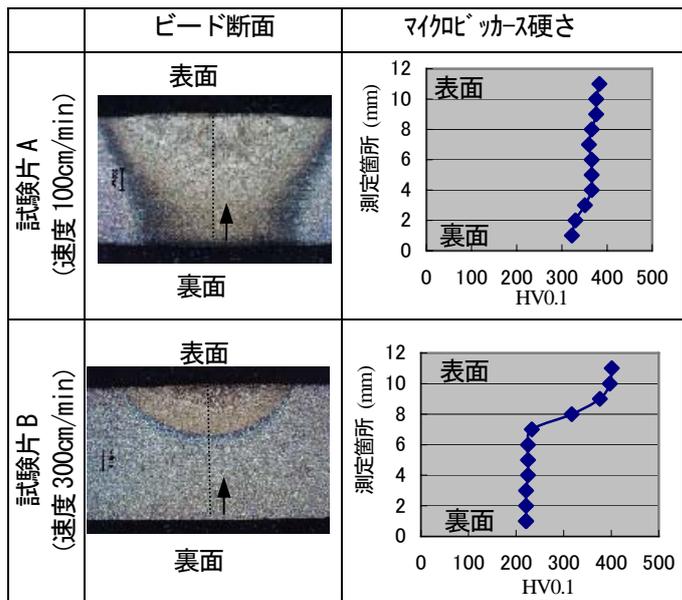


図7 ビード断面写真とマイクロビッカース硬さ

表5 各試験片の最大成形高さ

試験片の種類 \ 最大成形高さ (mm)	18	19	20	21	22	23
素板	○	×	—	—	—	—
A (95mm)	○	×	—	—	—	—
B (95mm)	—	○	○	×	—	—
C (92.5mm)	○	×	—	—	—	—
D (92.5mm)	○	×	—	—	—	—
E (87.5, 95mm)	—	○	—	○	○	×

※ ○：良 ×不良 —：未成形



図5 測定箇所

4 結 言

冷間圧延鋼板 SPCC、高張力鋼板（590MPa 級）の破断予想箇所をあらかじめ溶接機で熱処理を行うことにより、局所的な板厚減少を拡散・均一化することで成形性を向上させる技術開発を行い、以下の結果を得た。

(1) 冷間圧延鋼板 SPCC

鋼板の破断予想箇所へ熱処理することで、成形時の局所的な板厚減少は拡散され、成形性が向上した。

(2) 高張力鋼板（590MPa 級）

鋼板の破断予想箇所へ適切に熱処理することと溶接速度を通常よりも早くすることで、成形時の局所的な板厚減少は拡散され、成形性が向上した。また、熱処理により発生した周辺の板厚減少箇所へ更に熱処理することにより、成形性が向上した。

文 献

- 1) 日本塑性加工学会：わかりやすいプレス加工 日刊工業新聞社 P70