

討20 ホットストリップ接続用新フラッシュバット溶接技術

新日本製鐵^株 名古屋製鐵所 藤原俊朗 森 絃一〇大矢 清
 製品技術研究所 齊藤 享
 三菱電機^株 伊丹製作所 馬場利彦
 生産技術研究所 奥田滝夫

1. 緒言

新日本製鐵と三菱電機は共同で高能率なホットストリップ接続用フラッシュバット溶接機を開発し、その実用1号機が1979年3月より名古屋製鐵所第3連続酸洗ラインで稼動している。独特な機構の開発、矩形波電源の採用、自動制御の採用などにより、溶接時間の大幅な短縮と溶接品質の向上を得ることができた。本報告では、本溶接機の構造と特徴について述べる。

2. フラッシュバット溶接機の要求特性

フラッシュバット溶接は、図1に示すように溶接面を軽く接触させつつ大電流を流し、接触面にフラッシュを発生させてその熱で材料を加熱し、適当な時刻に溶接面が金属蒸気と熔融金属におおわれた状態において急に強圧力を加えて圧接する方法である。圧接の際に熔融金属は溶接面から押し出され清浄な溶接部が得られ、その機械的性質は極めて優秀である。溶接は短時間で完了し高能率であることから産業界・各方面で広く実用化されている。鉄鋼製造プロセスにおいてはホットストリップ接続用として、連続酸洗ライン用溶接機のほかに、ストリップ圧延機の連続化のために圧延機の入側に設置される。

これらの連続ラインでは、ストリップ接続のための溶接作業中は、後続のプロセスを停止させるか、それが困難なプロセスではループなどのストリップため込み装置を中間に設ける必要がある。従って溶接時間が短いほど時間当りの平均生産性は高まり、またストリップため込み装置の設備投資は少なくなる。一方、自動車用鋼材の高強度化に代表されるように鋼材材質の多様化が進みつつあり、従来の普通軟鋼の溶接よりも溶接後品質維持のむづかしいものも取扱う必要があり、その面でも能力の高い装置が要求される。

このような背景をもとに、新日本製鐵と三菱電機は新型フラッシュバット溶接機(以下、NMW溶接機と称する)の共同開発に着手し、1979年3月に実用1号機を名古屋製鐵所に設置した。

3. NMW溶接機の特徴

図2にNMW溶接機の外觀図を示す。従来型の溶接機は、溶接機の前面にアップカットシャ、後面にビードトリマが配置されていて、前面のシャで端部の切断を行ない、次に板を移動させて溶接機内の所定の位置に位置決めし、溶接後再び板を移動させて溶接ビード部をビードトリマの所定の位置まで動かしてビードを切削する手順となっている。NMW溶接機は、以下に述べる新しい機構の開発により、シャおよびビードトリマを溶接機内に内蔵させることに成功した。さらに、従来の正弦波電圧に代えて矩形波電圧方式を開発することによって、溶接品質の向上とともに、溶接時間の短縮にも成功した。

3.1 ロータリシャ内蔵

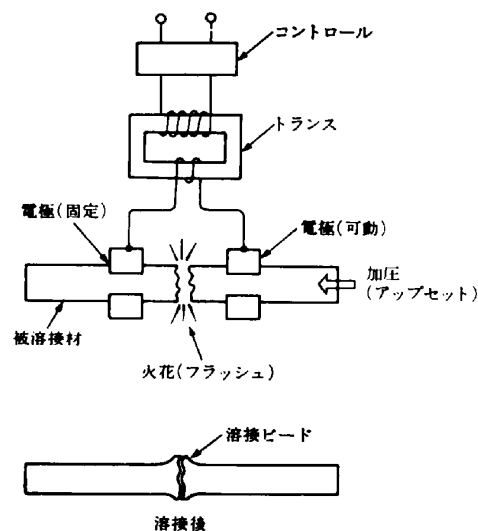


図1 フラッシュバット溶接の原理

板の切断には
 広幅ナイフを用
 いるアップカッ
 トシヤ方式と、
 丸刃を板の幅方
 向に走らせ剪断
 するロータリシ
 ヤ方式とがある。
 NMW溶接機で
 は構造的にコン
 パクト化が可能
 であるロータリ
 シヤ方式を採用
 した。ロータリ
 シヤ採用におけ
 る技術的課題は、

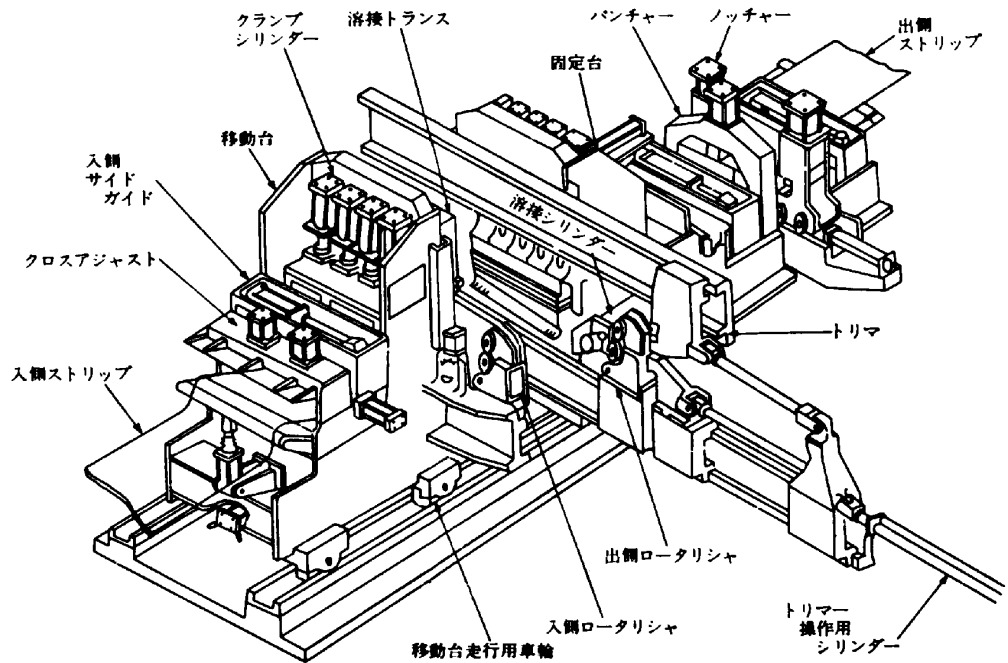


図2 NMW溶接機の外観図

(1)切断線の直線

度の確保、(2)切断辺縁部のそり返りの防止、が最も重要であり、付随的課題として、(3)切断時間の短縮、(4)切断板の処理、がある。これらの課題を解決して、実機に採用したロータリシヤの構造全体図を図3に示す。その特徴は、(1)切断線の直線度を確保するために、ロータリシヤをダブルに配置したダブルカット方式を採用したこと、(2)切断辺縁部そり返り防止のためダブルカット化の他に、上刃と下刃とを最適な値にオフセットしたこと、である。さらに、(3)切断時間の短縮のための66 m/minという高速走行、シヤの復帰行を板の走行中に行なうための配慮、(4)切断片は下部のバケツに落下収納させる方式などである。

3.2 ビードトリマ内蔵

従来のビードトリマは切削バイトを5段ほど並べて溶接ビード方向に走らせて削るものがほとんどである。NMW溶接機ではアップセット完了後その位置で直ちに赤熱状態でトリミングされるため、ビード部の温度は高く維持されており、切削抵抗が小さいので、バイトも1段のみで削ることが可能である。これを調査した結果を図4、図5に示す。ビードトリマを内蔵し、ビードを赤熱状態で切削することの利点は、溶接後トリミング完了までの時間短縮、1段バイトによる切削が可能なることその他に、ビードそのものに靱性があるため、断続的に切屑が出るのではなく、連続的にカール状に巻取られる切屑となることである。これにより、切削終了地点で塊状になった切屑がバイトから離れて下部のスクラップバケツに落下し、従来のように断片状の切屑が機械の摺動面などの部分に散乱、侵入することを避けることができた。

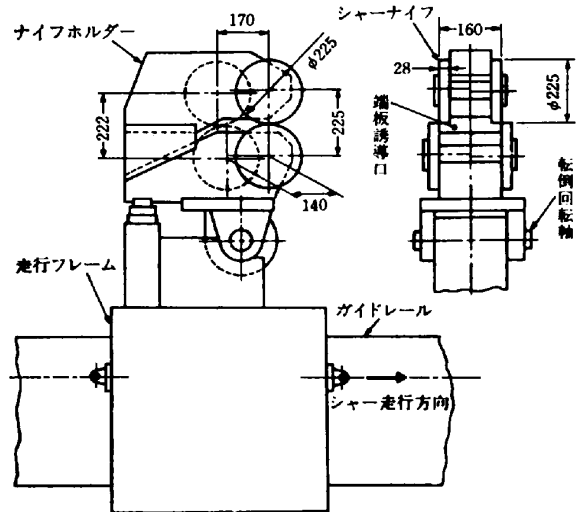


図3 ロータリシヤ構造全体図

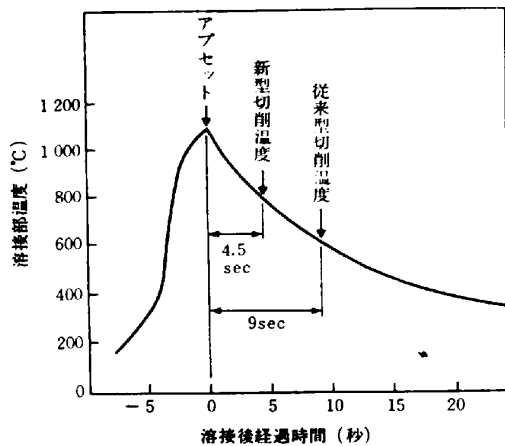


図4 溶接部温度の時間経過の実測値

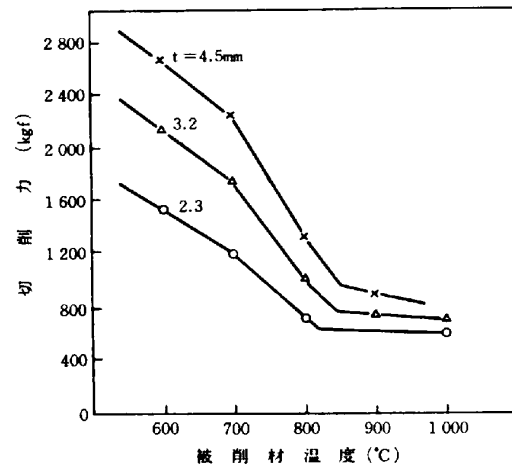


図5 被削材温度と切削力との関係

3.3 矩形波による接合面品質の向上

溶接機のフラッシュ発生状況は溶接接合面の品質に大きく影響するが、フラッシュ発生状況に対して2次無負荷電圧および電源インピーダンス等の溶接電源特性が大きな影響を及ぼすことが一般に認識されている。溶接電源の出力電圧波形はこうした電源特性の一つと考えられ、NMW溶接機には矩形波電源が採用されている。正弦波電源に比較して矩形波電源では次のような効果が見込まれる。(1)極性反転(ゼロクロス)前後の短い期間を除いて常に所定の電圧が印加されているためフラッシュ発生頻度が高い、(2)ゼロクロス

前後の過渡期間が短いのでこの短絡面積が小さく、これを破るための電流が小さい、(3)印加電圧にピークがなく常に最適の電圧を印加することができる。図6に正弦波電源と矩形波電源の比較を示す。

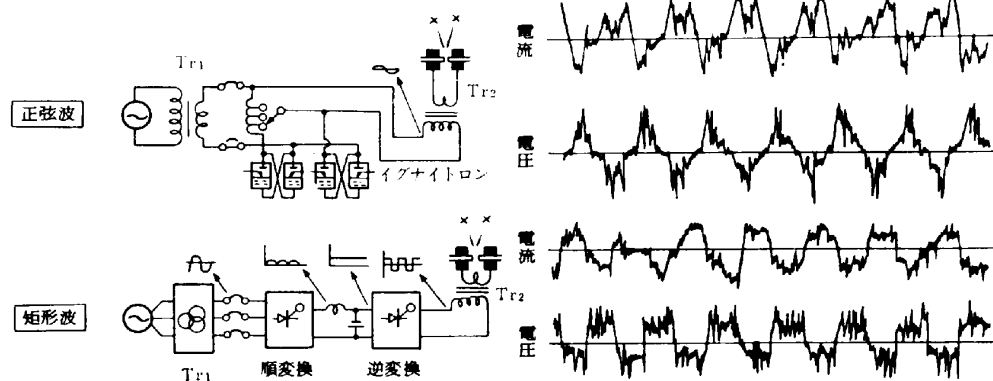


図6 正弦波、矩形波電源の比較

種々の外乱を避けてこの効果を確認するため、実験装置により電源波形の影響を比較実験した。供試鋼板は表1の3種類で行なった。実験条件を表2に示す。

表1 供試鋼材

記号	成分系	強度クラス	成分 (not 多)				板厚
			C	Si	Mn	Al	
A	低C-高Si	60%	0.04	0.95	1.61	0.082	2.9mm
B	高C-低Si	55%	0.17	0.14	1.24	0.023	8.0"
C	中C-中Si	50%	0.09	0.29	1.27	0.047	2.6"

表2 試験片形状と溶接条件

試験片形状：板厚×80mm幅/Aℓキルド鋼				
溶接時	出し代(片側)	15mm	2次無負荷電圧	10V (矩形)
	フラッシュ代	5.9mm		10Vrms (正弦)
間	アブセット代	4mm	アブセット電流 (ピーク値)	9.5KA (矩形)
	最終電極間隔	20.1mm		12.8KA (正弦)
	フラッシュ時間	3.84秒	フラッシュ時の電極変位は2次曲線	
アブセット力	600kgf			

まず、図7は正弦波と矩形波の電源でそれぞれ溶接し、溶接部の曲げ試験を行なって接合線上に発生した割れ長さを評価した結果を示す。A鋼では明らかに矩形波の効果が見られるのに対してB鋼では差異が明瞭でない。溶接品質に対する電源波形の影響をみるという点からは、正弦波と矩形波の電源を別個に用意して行なうこのような実験では、それぞれの電源のインピーダンスおよび2次無負荷電圧の差異による影響も含んでいる可能性がある。

このためゼロクロス前後の低電圧期間の両波形による差異を単独にみるために、図8中に模式図を示したように、矩形波電源に休止期間(θ)を設けて溶接を行ない、溶接品質に対する影響を調べた。溶接条件は表2と同じであるが、純粹にフラッシュ過程に対する影響をみるためにこの実験はアップセット通電を行っていない。そのため図8の結果は図7に比較して割れは大きいのが、休止期間 θ の増大に伴ってA鋼では急激に品質が劣化しており、一方C鋼ではゆるやかな品質の劣化がみられる。

以上の結果は高い接合面品質を確保する上で矩形波電源が正弦波電源に比較して有利であることを示しているが、この効果はSi量が増えるに従ってより顕著であることを示している。これは接合面における割れの主な原因が溶接中に生じたSi, Mn, Alなどの酸化物であるという一般的な知見から考えると、矩形波電源のフラッシュ過程における効果は酸化物の低減化にあることを示している。

3.4 その他の特徴

NMW溶接機は前述の他に、各種自動化設備、溶接部欠陥の超音波探傷器、ポストアニール設備、フラッシュ吸引装置などを備え、溶接時間の短縮、溶接品質の向上、設備の信頼性向上、作業環境の改善を図っている。

4. 実機としての効果

NMW溶接機の実用1号機は名古屋製鐵所第3連続酸洗ラインにおいて次のような効果を発揮してきている。

(1) 溶接時間短縮による能率の向上

準備作業も含めて溶接による全休止時間が従来型溶接機の場合の103秒から72秒に短縮されたことにより11%の能率向上が達成された。

(2) 溶接品質の向上

後続工程である冷間圧延機での溶接部破断はほぼ皆無となった。

5. 結言

ホットストリップ接続用フラッシュバット溶接機として、ロータリシャ内蔵、ビードトリマ内蔵、矩形波電源採用などの新しい機構の高性能溶接機を開発して実用化した。また、フラッシュバット溶接における正弦波電源に対する矩形波電源の効果を実験により明らかにした。

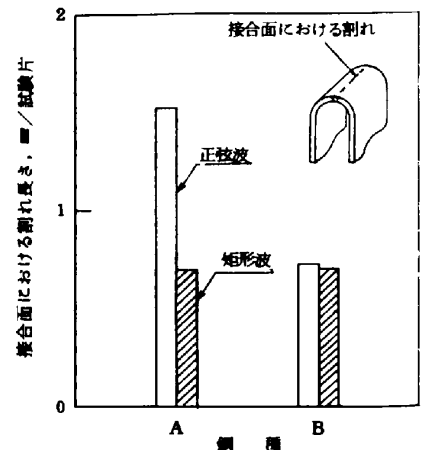


図7 正弦波電源と矩形波電源の比較

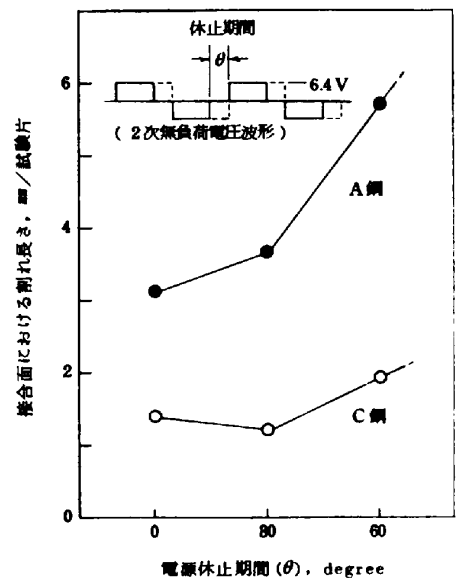


図8 接合面品質に対する電圧休止期間の影響