テーマ特集 自動車用材料とその接合技術

自動車用ホイールの接合技術*

高 隆 夫**

Welding Process for Automobile Wheel*

by Takao Taka**

キーワード：抵抗溶接，フラッシュ溶接，パット溶接，アプセット溶接，アーク溶接，ホイール，割れ，溶接欠陥

1. はじめに

自動車部品の中でもホイールは、足まわりに使用されることから重要保安部品であり、その品質には高い信頼性が要求される。したがって、溶接部にも一品一品の厳しい管理が行なわれている。ホイールの製造工程を図1に示すが、スリットコイルより所定サイズに切断されたストリップをベンダーにより丸め、その両端を溶接した後、ロール成形により各種形状に製造されたリムを、別工程でプレス成形されたディスクと組立られ、ホイール

となる。

溶接工程としてはリムの両端部の接合およびリムとディスクの組立ての2工程となる。このリムとディスクの組立にはアーク溶接、スポット溶接が採用されているが、本稿では、特にその接合法に特徴があり、かつその技術に新しい変化が見えつつあるリムの溶接技術に焦点をあてて、最新の技術も含め紹介したい。

2. リムの溶接の特徴

リム溶接の特徴の一つは、成形後溶接するのではなく、

図1 ホイールの製造工程

*原稿受付 平成3年2月25日

**正 員 住友金属工業(株) Member, Sumitomo Metal Industries, Ltd.

溶接後接合部が大きな塑性加工を受けることである。したがって、もし接合部に不良がある場合その部分より成形工程で割れが発生する。図2、図3にその一例を示す。図3はヘアークラックと称する微小割れであるが、チューブレスタイヤではエアリークの原因となるため、強度低下はないがやはり不良品となる。このように、リム溶接部は成形工程により自動的に品質検査を受けることになるので、信頼性、歩留り向上のため高度な品質

図2 成形工程で発生した溶接部の割れ

管理体制のもとに製造されている。これら管理要因は溶接条件面だけではなく、機械精度、加工精度、材料面等極めて多くの要因からなり¹⁾、全てのトータルが品質となって現われる。

一方、溶接法にも特徴がある。溶接法としては従来よりフラッシュ溶接法が用いられているが、リム専用のフラッシュ溶接材では一般に知られているよりかなり高速で溶接が行われている。表1にA.W.Sの推奨条件と比較して示すが、フラッシュ時間、フラッシュ代との比較からわかるように、短時間溶接かつ速い電極(プラテン)の移動速度が採用されている²⁾。電極の移動は専用に作

図3 成形工程で発生した微小割れ

表1 リム溶接条件の特徴

	A.W.S	リムフラッシュ
フラッシュ時間	6.5 秒	1.5 ~ 3 秒
アブセット代	12 mm	5 ~ 7 mm
アブセット代	4.6 mm	4 ~ 6 mm
出し代	32 mm	20 ~ 25 mm

図4 カム式と油圧サーボ方式の比較

られたカムにより行なわれてきたが、最近油圧サーボにより移動制御するタイプが多く採用されつつある。カム式の場合には、カム形状によりほぼ溶接条件が拘束されるので自由度がなく、任意に溶接条件が設定可能な油圧サーボ式が好まれた事も理由であるが、加えて最近自動車の軽量化ニーズに応えるため、種々の高張力鋼板を採用時には自由に溶接条件を変えられるタイプの方がより好都合だったからである。図4にカム式と油圧サーボ方式の電流波形を比較して示す。油圧サーボ方式の場合電極移動速度、フラッシュ時間を任意に変えられることはもちろん、フラッシュ溶接部の性能を支配している短絡とアークの発生を油圧サーボにより移動台を精度よく、かつ素早く繰り返し前後させ、人意的に制御することも可能で、ホイール用として一般的に本方式が採用されている^{2,3)}。図中のパルス状の電流の高い箇所が移動台を前進させ故意に短絡を発生させている工程である。

一方、最近米国を中心にフラッシュ溶接の代わりにDCバット溶接法の導入が盛んで、日本においても徐々にその設置台数が増えつつある。DCは直流の意味で、フラッシュ溶接は交流(AC)を用いてきたことから、米国では区別する意味でDCと呼んでいる。接合原理はアプセット(バット)溶接と同様である。ただ、従来のアプセット溶接では不向きとされていた板材に適用した点、および電流密度が従来高々 $50\text{A}/\text{mm}^2$ 程度⁴⁾とされていたのに対し、約 $150\text{A}/\text{mm}^2$ と非常に高い値を採用している点が注目すべきところである。次章でこのDCバット溶接法についての詳細を紹介する。

項 目	DCバット溶接	フラッシュバット溶接
能 率	約0.5秒	約2秒
環 境	良(フラッシュ無)	悪(フラッシュ多数)
入 熱 形 態	界面の接触抵抗	フラッシュ
溶接割れ原因	1. 冷 接 2. 入熱過大	1. ベネトレーター (Si-Mn-Al系)

図5 DCバット溶接とフラッシュ溶接との比較

3. リム用DCバット溶接技術

DCバット溶接をフラッシュ溶接と比較して図5に示す。DCバット溶接の優れている点は能率と環境で、溶接時間は約0.5秒とスポット溶接並みに短かく、フラッシュ溶接の作業上の最大の問題とされているフラッシュの発生が全くなく、環境、メンテナンス面で優位であることである。入熱形態は母材の抵抗を含む界面の接触

図6 DCバット溶接の条件設定の一例

図7 電流、通電時間が溶接欠陥に与える影響

図8 加圧力が溶接欠陥に与える影響

抵抗を大いに利用した抵抗溶接を地でゆく方法で、フラッシュ溶接のように局所的な短絡、アークの繰り返し現象のような複雑な工程はない。したがって、DC バット溶接での管理因子としてはスポット溶接と同様、電流、通電時間、加圧力の3要素となる。図6に溶接条件の設定例を示すが、通電により端面が加熱され、そのため電極加圧力により材料が変形、アプセット工程に入るという極めて単純な工程である。

一方、溶接割れの原因についても、フラッシュ溶接では溶融端面の表面に形成されたSi-Mn-Al系の酸化物とアプセット後も接合部に残存したいわゆるペネトレータ⁹⁾が主因であるのに対し、DC バット溶接では入熱の大小に起因した割れ、具体的には入熱不足のため圧接温度には達しなかった冷接割れ、および入熱過大のためのアプセット不足による割れの両者が割れの原因となる⁹⁾。

図7、図8に前記管理因子の3要素である電流、通電時間、加圧力が割れ発生率(曲げ試験)に与える影響について示す。通電時間の増加にともなって冷接割れが減少

図9 溶接部橋面の変形率と溶接欠陥の関係

し、電流密度の増すとその時間が短時間に減少する。電流密度が高過ぎると冷接割れの消失と同時に入熱過大による割れが発生する。加圧力についても、低加圧により入熱が増し、冷接の減少開始時期が短時間側に移行する。電流密度の場合と同様、加圧力が低過ぎると冷接消失と同時に入熱過大による割れが発生する。このように、適正な電流密度、加圧力を設定すれば、通電時間を調整することにより容易に良好な継手を得ることができる。

一方、溶接部の良否は外観からも判断できる^{7,8)}。ガス圧接でも知られているように⁹⁾、圧接継手では接合部端面の変形率により品質が理解できる。図9はDC バット溶接後の端面の変形率 $\alpha (= W_1/W_2, W_2 \dots$ 初期板厚, $W_1 \dots$ 溶接後のビード高さ) と冷接による割れ発生率との関係を整理したものである。両者には良い相関があり、各々電流密度に対応して冷接を防止するための最低の臨界変形量が存在する。また、この臨界値は電流密度が高くなるほど、小さい値となる。すなわち、使用する電流値を決まれば、端面の変形率(ビード高さ)が臨界値を超えるように通電時間を設定すれば良いわけである。

また、溶接部の特性としては、フラッシュ溶接と比較してDC バット溶接では溶接時間が短かく入熱が低くなるので、図10に示すように一般的には溶接部の硬度が高くなる。

図10 フラッシュ溶接とDCバット溶接との溶接部硬度分布の比較

以上示したように、DCバット溶接はフラッシュ溶接に比べて簡単で、全く問題がないようにみえるが、DCバット溶接では初期の突き合わせ端面の精度がそのまま溶接性に影響を与えること、および完全に均一に突き合わせも、板材ではその接合機構から入熱の不均一が不可避免的に発生すること^{10,11)}等、実際の生産ラインでは技術課題が多い。しかしながら、生産管理システムの充実によりこれら問題点もすでに克服しつつあり、全くフラッシュ溶接と遜色がないレベルに到達している。板材に不向きとされたアプセット溶接をこのような高い品質を要求する部位に使いこなしたことは、大いに注目すべきことで、環境、能率面で優れていることから、今後のよりいっそうの普及が予想される。

4. おわりに

自動車用接合技術の中でホイールの分野についてとり挙げた。自動車ボディの主力接合法であるスポット溶接と比較するとあまり目立たない分野であるが、こうしてとり挙げてみると、その技術の完成度、技術の進歩に改めて驚かされる。カム式のフラッシュ溶接から新方式の油圧サーボフラッシュ溶接、さらにはDCバット溶接法と次々と新しい技術を導入しつつ、高い生産性、優れた品質を維持している。一つの技術分野を築いているといっても過言ではないであろう。

参考文献

- 1) 丹羽：溶接技術，No. 3 (1976)，63-67
- 2) 小保方，吉村，長谷川：抵抗溶接研究委員会資料 (1985)，RW-313-85
- 3) 中根，下岡：抵抗溶接研究委員会資料 RW-357-87
- 4) 現代溶接技術大系 No. 8 (産報)
- 5) 例えば山内，高：溶接学会論文集 5-1 (1987)，70-75
- 6) 山内，高，河野，下岡：溶接学会全国大会講演概要，第39集 (1987)，168
- 7) 高，有持，井坂：溶接学会全国大会講演概要，第43集 (1988)，216
- 8) 宮崎，市川，斎藤：軽構造接合加工研究委員会資料 (1990)，MP-42-90
- 9) 大石橋，上山，大原：抵抗溶接研究委員会資料 (1981)，RW-191-81
- 10) 井坂，有持，高：溶接学会全国大会講演概要，第43集 (1988)，218
- 11) 三村，柴田，細田，郡田，橋本：鉄と鋼，73-13 (1987)，S1416