

スポット溶接部の品質保証方法について

仲 田 周 次*

スポット溶接は、被溶接板を重ね合せ、接合個所を電極チップをもって加圧・通電し、そのジュール熱で接合部を溶融・接合する溶接法で、溶接法自体の特質に由来する多くの秀れた特色を有しているため、その適用は、大は建築・鉄骨などの厚板構造物の溶接から、小はICなど微小物の溶接などにおよんでいる。また、その応用分野も自動車工業をはじめとして家庭電化製品、鉄道車輛、航空機、建材、通信機器、事務機器などきわめて多岐にわたっている。

スポット溶接は、アーク溶接などに比べて、その溶接結果が作業者の技能に左右され難く、溶接条件なども正確に制御容易な自動溶接ではあるが、被溶接物も材質・加工状態、電源電圧の変動、電極先端形状の変化などにより、たとえば溶接条件の設定が同一でも溶接部の強さが大きく変動することがあり、しかも現在まで適当な非破壊検査の方法が確立されていないという大きな弱点を有している。この状況はひとりスポット溶接のみならず抵抗溶接法全般に通じる問題である。さらに本法が高溶接能率でかつ自動溶接であるということは、検査体制が不備の場合、一たん裏目に出ると、ぼう大な不良品をつくる可能性をもっている。このような特質をもつスポット溶接の普及に伴い、溶接部の品質の重要度も増大し、とくに航空機、自動車、鉄道車輛などにおいて、品質の保証に対する要求が年々増大し、その品質保証方法の確立が重要な問題の一つとして世界的な規模で取り上げられてきている。そこで、この品質保証の現状の展望と最も有望な保証方式と考えられる電極チップ間電圧検出方式について、私の研究室での

研究をもとに紹介し、その将来を展望する。

スポット溶接における溶接品質に影響する要素として、被溶接材の性状、溶接装置、制御装置、溶接条件、溶接作業などがあり、これらは複雑に影響する。現在、スポット溶接に適切な非破壊検査方法がないため、次善の方法として、溶接部の品質保証はもっぱら間接的手段である条件管理的な手法にたよっているのが普通である。しかし、この条件管理的な手法に限界がある現在、溶接過程において溶接諸条件を監視し、これらを設定値範囲内に納めることによって間接的に品質保証を行う間接的モニタリングシステムが次第に取り上げられつつある。たとえば、溶接電流、通電時間、エネルギー量などを溶接過程に検出・計測し、管理・制御する方法である。これら間接的モニタリング法は直接的に溶融部径（ナゲット径）を保証するものではなく、単に溶接部への供給するエネルギー量などの諸量を保証するものである以上、その効果に一定の限界があるのはいぬめない。

間接的モニタリング法の上記のような欠陥を克服するため、溶接部の品質と直接的に関連する現象を取り上げ、それらをもって溶接品質をモニタする方式が種々検討されてきている。たとえば熱膨脹検出方式、超音波方式、電極間抵抗検出方式、電極間電圧検出方式がそれである。

スポット溶接部の品質保証方法の研究・開発を当研究室においても数年前より行っているが、種々検討の結果、電極チップ間電圧検出方式は溶接過程での最も検出容易な情報量であり、かつ溶接部の温度上昇、ナゲット部の径と良好な相関をもっており、今後の積極的な品質保証としての適応制御化への可能性などを考慮し、電極チップ間電圧検出方式による品質保証方法の研究・開発を行っている。これについて

* 仲田周次 (Shuji NAKATA), 大阪大学, 工学部溶接工学科, 教授, 工学博士, 溶接機器, 溶接法

紹介しよう。

今、溶接部がジュール熱により温度上昇すると、それによりチップ間電圧は変化していく。

すなわち、チップ間電圧 V は $V = \int_{-L}^L i \cdot \rho dx$ で示される。ただし、 i : 電流密度、 ρ : 固有抵抗、 L : 電流通路。このうち ρ は温度の関数であり、 i は通電路の面積に関係している。これはチップ間電圧が溶接部の温度上昇および接合部面積に関係していることを示唆している。

図1はチップ間電圧が溶接電流によってどのように変化するかを示したもので、電流の大小すなわちなゲット（溶融部）の大小によりチップ間電圧は大きな影響をうけることを示している。さらに、このようなチップ間電圧と溶接部中央での温度とはある一定の関係をもっていることが確認されている。

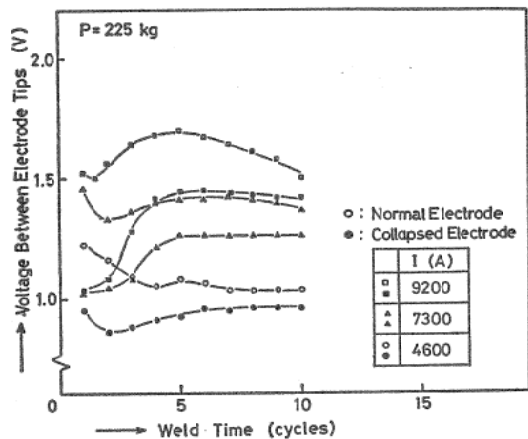


図1. 溶接電流の電極チップ間電圧への影響

チップ間電圧曲線を代表する一つの指標として最も簡単なものに電圧の最大値があるが、この最大値と溶接部の引張剪断強さとの間には良好な相関関係が存在している。さらにこの相関関係は電極チップ先端の圧潰および分流電流の存在する場合にも崩れることはなく、実用化に際し、一つの大きな特徴をもっている。

溶接中に電源電圧が変動する場合、電圧最大値法が電圧曲線のある時刻での値を採用する方式であるため、電圧曲線の指標としての適格性を失うにいたるため、電圧最大値法は採用困難

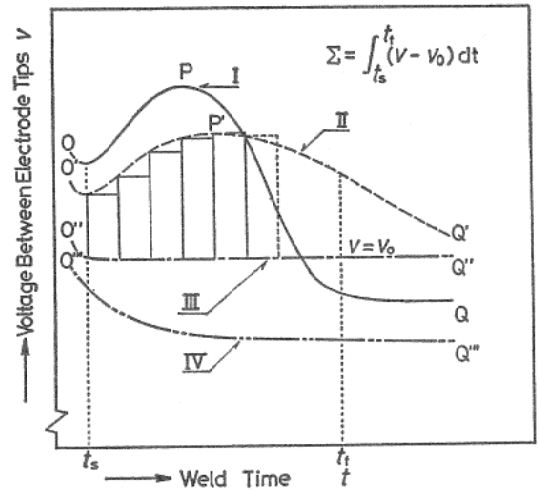


図2. 電極チップ間電圧積分法の説明

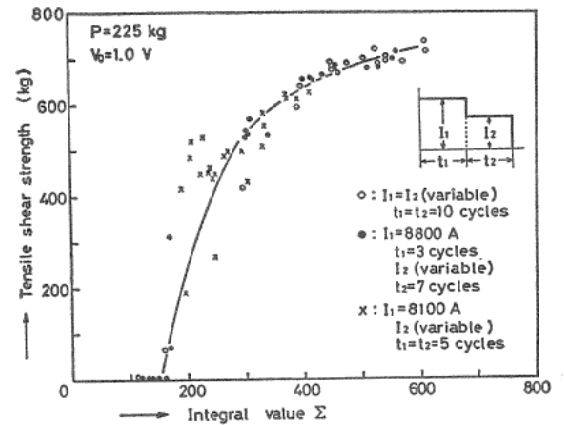


図3. 溶接部の引張剪断強さとチップ間電圧積分値との関係

となる。この場合には、図2に示すチップ間電圧の積分値 Σ を採用することにより溶接中にたとえ電流が変動しても、電圧積分値 Σ と溶接部の引張剪断強さとの間には、図3に示すような良好な相関をもたし得、ナゲット径または溶接部の引張剪断強さをモニタしうる。

現在、電極チップ間電圧方式はスポット溶接部の品質を判別するのに有効であることが明らかにされているが、スポット溶接が高速自動溶接であるため、不良溶接部の処置が非常に困難であることを考慮すると、今後はチップ間電圧を指標として、溶接機器により品質を積極的に保証していく溶接品質保証システムを開発していく必要がある。