

Date of Submission:

平成 28 年 1 月 13 日

Department 機械工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 139108 号	Supervisors 指導教員	福本昌宏 安井利明
Applicant's name 氏名	渡辺吾朗			

## Abstract

## 論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	車両軽量化に向けた構造用金属材料の点接合技術に関する研究 (Study on Spot Joining Methods of Structural Metal Materials for Lightweight Car Bodies)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

<p>車両の軽量化に向けたマルチマテリアル化を実現するために、軽量化金属材料として重要な高張力鋼板とアルミニウム合金の点接合技術に関して研究を行った。特に、(1)超高張力鋼板同士の抵抗スポット溶接部の高強度化、(2)アルミ合金板同士の抵抗スポット溶接部の高品位化、(3)超高張力鋼板とアルミ合金の異種材点接合部の高信頼性化に対して、課題解決を検討した結果以下の知見を得た。</p> <p>(1) 凹み形状電極を用いることにより超高張力鋼板の抵抗スポット溶接における散り発生が抑制でき、これにより大径ナゲットを形成することができた。散りが抑制された理由は、電極の凹み部へ溶接膨張の逃げが形成されたためであった。ナゲット径が大きくなると破断形態が部分剥離破断からプラグ破断へと移行し、これと共に高張力鋼板で特に大きな課題である十字引張強さ (CTS) が増大した。これにより、超高張力鋼板スポット溶接継手の強度向上のための一つの方策を提案することができた。</p> <p>(2) アルミ合金板抵抗スポット溶接部に発生する割れ挙動解析を行い、次の知見を得た。</p> <p>①ナゲット内および熱影響部における割れは、何れもアルミ合金が溶融凝固したそのままの形態を呈していることから、凝固割れであることがわかった。②長時間通電あるいは予熱後に溶接を行うと、割れが小さくなりこの時の溶接部の引張残留応力が低減していた。これは、ナゲット周辺の温度が高まることにより引張応力が緩和され割れが抑制されたためであると考えられた。これらにより、アルミ合金板スポット溶接時に発生する割れの機構が、溶融部の熱膨張により周囲が塑性変形をおこし収縮時の引張応力を受けて生じたものであると推定され、高品位接合部を形成するための指針を得た。</p> <p>(3) 新規摩擦肉盛点接合法を提案し、超高張力鋼板とアルミ合金板の接合性を向上させることができた。この新しい手法は、消耗性アルミツールをアルミ合金側から回転させながら押込む方式で、所定時間保持した後、肉盛材を離してアルミ/鋼材間の点接合継手を形成させる。本方式には、肉厚を確保したことで継手部への応力集中を回避できることその他、アルミ側に予備穴を設けることにより塑性流動性が増しアルミ新生面が露出しやすいという特徴もある。軽量化材料として重要視される超高張力鋼板 (SPC980DP) とアルミ合金板 (A6061-T6) との組合せにおいて、表面酸化膜の厚い超高張力鋼板を研磨してから接合すると、継手強度 (TSS, CTS) が無処理に比べて約 2 倍増大した。研磨処理によって接合界面に残存する酸化層が大幅に減少し、これに伴って Fe-Al の薄い化合物層 (数十 nm 厚さ) が形成されたことが継手強度を向上させた要因であることが分かった。結果として TSS で約 6kN と、他の機械的接合法に匹敵する強度レベルが得られた。疲労特性においても従来の FSSW 手法に比べ時間強度において優位 (耐久限度は同等) となることがわかった。</p>
---

Date of Submission:

平成 28 年 1 月 13 日

Department 機械工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 139108 号	Supervisors 指導教員	福本昌宏 安井利明
Applicant's name 氏名	渡辺吾朗			

**Abstract****論文内容の要旨 (博士)**

Title of Thesis 博士学位論文名	車両軽量化に向けた構造用金属材料の点接合技術に関する研究 (Study on Spot Joining Methods of Structural Metal Materials for Lightweight Car Bodies)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

Spot joining methods of structural metal materials were studied for multi-material lightweight car body design.

1. In resistance spot welding of ultra-high-strength steel sheets, the generation of expulsion could be suppressed and large-diameter nuggets could be formed by using a concave electrode. The expulsion was suppressed because the clearance for expansion was formed when using the concave electrode. In addition, a transition from partial interfacial fracture to pullout fracture occurred as the nugget diameter increased, and the cross-tension strength tended to increase. Thus, we propose using a concave electrode to improve the joint strength in the spot welding of ultra-high-strength steel sheets.

2. The cracking behavior in spot welding of aluminum alloys has been investigated, and the following has been found. (1) The forms of fractures suggested that cracking in the nugget was solidification cracking and the one in the HAZ was HAZ burning. (2) The size of cracks and tensile residual stress in the radial direction of the weld could be reduced either by extending welding time or by preheating the sheets. In other words, the increase in the temperature around the weld nugget seemed to cause the decrease in both tensile stress and the ill chance of cracking.

3. Bonding between ultra-high-strength steel sheet and Al alloys was successfully improved by using friction surfacing and activation spot joining. This new procedure, called FSuSW, consists of pressing a rotating consumable Al tool into the side of the Al sheet bonded to the steel sheet. The tool is held in place for a specified time until an overlay is formed, and then it is removed to form the spot joint for the Al/steel bond. In this technique, a hole is first drilled from the Al side. The hole increases the plastic flowability and readily exposes a fresh Al surface. SPC980DP ultra-high-strength steel and A6061-T6 Al alloy, materials of high interest for light structural applications, were bonded in this study. When high tensile steel with a thick oxide surface film was polished before the bonding process, the tensile shear strength and cross tensile strength of the joint were approximately twice those of a joint of unpolished steel. The oxide layer remaining in the bond interface was greatly

reduced by the polishing treatment; it was found that the thin (several tens of nanometers) Fe-Al compound layer formed at the same time was a factor in the improvement of joint strength. A value of about 6 kN (tensile shear strength) was obtained, which was equal to mechanical joint level. In terms of fatigue property, the value of superior time-intensity and comparable fatigue limit was obtained by FSuSW relative to conventional FSSW.