

氏名	いまむら まさき 今村 雅紀
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第1003号
学位授与の日付	令和3年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学位論文題目	鋼板のガス切断における溶融物の固着抑制のためのペースト法に関する研究
審査委員	(主査)教授 佐久間淳 教授 横山敦士 准教授 飯塚高志 准教授 山口桂司

論文内容の要旨

論文は、鋼材(鋼板)のガス切断実施時に、鋼材裏面に強固に付着する酸化物からなる溶融物(スラグ)の制御方法を提示することにより、生産現場の課題を解決する方法について研究を実施した。

第1章において、この研究の背景と本論文の目的および構成について記述した。

第2章において、鉄鋼のガス切断に関する研究を実施するため、対象技術である鉄鋼のガス切断について原理を説明し、その後、加工対象である鉄鋼について、その物性と課題であるガス切断で発生するスラグ付着について課題点を論じた。また、鉄鋼およびそのスラグの分析方法として用いたXRD法および炭素濃度測定法について示した。さらに本論文で研究する酸化鉄ペースト法および炭素ペースト法の2つのペースト法を示した。

第3章においては、鋼板の裏面にスラグが付着するのを避けられないというガス切断の課題に関して、鋼板の下面に酸化鉄ペーストを使用してガス切断中のスラグ付着防止効果を調べたところ、このペースト法によって溶融スラグが鋼板裏面に付着を抑制できることを確認した。このメカニクスについて調べた結果、まず酸化鉄ペーストがガス切断後も鋼板裏面に残留し、この残る理由として酸化している酸化鉄ペーストは溶融スラグにより酸化されにくく発熱と溶融が抑えられることでスラグが滞留しにくくなる効果を示した。したがって、酸化鉄ペースト法(鋼板裏面に敷板・邪魔板となる酸化鉄ペーストを貼り付けた状態)でガス切断をした場合、酸化鉄ペーストは最後まで鋼板裏面に残り、溶融スラグが鋼板裏面に直接付着するのを結果として阻害することを示した。

第4章においては、炭素ペースト法によって鋼板裏面に固着するスラグ体積が減少することが分かり、この挙動を調べたところ鋼板表面の炭素が鋼材中に溶け込んで溶融金属の融点が低下すること、及び鋼板表面の炭素ペーストの燃焼で追加された熱エネルギーで鋼板の燃焼が促進する2つの効果により、溶融金属の流動性が高まって鋼板裏面に固着するスラグ体積が減少するメカニズムを明らかとした。しかしながら、鋼板に付着するスラグの剥離性の向上に炭素ペースト法は有意に寄与しない結果も明らかとなった。これは、対象としたSS400において炭素ペースト法を適用することによる炭素濃度が、比較した高い剥離性を有するS48Cよりも低かったためと考

えられ、さらに熔融金属中の炭素濃度を上げられる炭素ペースト法の考案が剥離性の向上に必要と考えられることを示した。

第5章の結論においては、まず酸化鉄ペースト法は鉄が酸化しているペーストが発熱と熔融を抑えてスラグが滞留しにくく熔融金属は結合性が抑制されること、および炭素ペースト法は熔融金属の融点低下によって熔融金属の流動性が上昇して鋼板裏面から酸素ジェットにより排出落下しやすくなることについて、これらをメカニクスから総括した。

以上の成果により、ガス切断では鋼板の裏面にスラグが付着するのを避けられないというテーマに対して、ペースト法によって課題を解決できるという研究体系の基盤を確立した。

論文審査の結果の要旨

本博士論文は、鋼材（鋼板）のガス切断実施時に、鋼材裏面に強固に付着する酸化物からなる溶融物（スラグ）の制御方法を提示することにより、生産現場の課題を解決する方法について研究を行い、その成果について報告したものである。

鋼材（鋼板）の切断において、ガス切断は主要な加工方法である。しかし、ガス切断を実施すると、熔融金属が切断溝を流れ落ちて鋼板の裏面に付着する。この熔融金属が冷えて固まり鋼板裏面に強固に付着するものは、スラグなどと呼称されている。本研究では、鋼材の炭素量が高くなると融点が低下するという炭素と鉄に関する学術的な知見と高炭素量の機械構造用炭素鋼鋼材（S48C など）は低炭素量の一般構造用圧延鋼材（SS400 など）と比較すると、スラグの除去が容易であること、すなわち鋼板に付着するスラグの剥離性が良いといわれている生産現場の経験・知見より着想を得て、ガス切断実施時にスラグ中に炭素が固溶することを企図して、鋼板表面に炭素からなる成形物である炭素ペーストを貼り付けることで、スラグの抑制および除去に効果的だと考えた。そこで、本研究では、炭素ペーストを鋼板表面に設置して、スラグの挙動と鋼板裏面のスラグ付着量と剥離性などを評価した。また、スラグ中の炭素濃度と成分分析を実施して、その効果を実験的に検証した。

本論文の基礎となっている学術論文は、レフェリー制度の確立した雑誌に掲載された、申請者を筆頭著者とする次の2編である。

1. 今村雅紀, 溝渕啓, 谷本遼太郎, 佐久間淳, スラグペーストによる鋼板のガス切断におけるスラグ抑制メカニクス, 設計工学, Vol.55(1), pp.33-42, 2020.
2. 今村雅紀, 溝渕啓, 深谷 康太, 佐久間淳, 炭素添加ペーストによる鋼板のガス溶断におけるスラグ固着抑制, 設計工学, Vol.55(11), pp.673-680, 2020.

以上の結果より、本論文の内容は新規性と独創性、さらに学術的な意義があり、博士論文としての水準に到達していると審査員全員が認めた。