HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	炭素鋼上への粉末パック処理法を用いたMAX相成膜に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	藤﨑, 大地
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16116号
Issue Date	2024-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93685
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Daichi_Fujisaki_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　藤﨑 大地

審査担当者　主　査　教　授　林 重成
副　査　教　授　橋本 直幸
副　査　准教授　坂入 正敏

学位論文題名

炭素鋼上への粉末パック処理法を用いた MAX 相成膜に関する研究
(A Study on formation of MAX-phase layer on carbon steels by powder pack method.)

近年の自動車用エンジンで使用される金属チェーン部品の摩耗に対する環境は、より過酷なものとなっている。また、チェーンに限らず、工業製品の摺動部では摩擦・摩耗が生じており、全世界の全エネルギー消費における摩擦・摩耗によるエネルギー損失は 23 パーセントとなる試算もあり、鉄鋼材料が使用される様々な過酷摩耗環境へ適応できる新しい耐摩耗コーティングが必要である。粉末パック法は安価で均一なコーティングが可能であるため、工業的に広く用いられているが、現状では成膜可能なコーティングは限られており、粉末パック法を用いた新規な耐摩耗コーティングの開発が望まれている。

本論文は鋼製チェーンの耐摩耗性向上を目的として、粉末パック法を用いて V-Al-C 系 MAX 相をコーティング膜として成膜する手法を提案するとともに、形成した MAX 相コーティングの耐摩耗性を評価したもので、全 6 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、工業的背景として金属チェーンの取り巻く環境をまとめ、摩耗と耐摩耗性コーティング技術、MAX 相の耐摩耗性とその形成手法についての調査結果を総括している。また、粉末パック法を用いた MAX 相の成膜についての可能性を検討し、本研究の目的を述べている。

第 2 章「炭素鋼上への粉末パック法を用いたバナジウム炭化物膜の形成とそのメカニズム」では、粉末パック法によるバナジウム炭化物膜の形成、成長挙動を調査している。Fe-80V 合金と Fe-C 合金からなる拡散対を用いた拡散実験からは、V 炭化物膜は C の拡散により成長することを確認しており、この結果はこれまでの報告と矛盾しないが、粉末パック法では内部炭化物膜は内方へと成長することを確認している。この V の内方拡散による炭化物膜の成長について、バナジウム塩化物ガスが炭化物膜の欠陥等を経由して合金側へと拡散するメカニズムを提案している。

第 3 章「炭素鋼上への粉末パック法を用いたアルミニウムを含む炭化物膜の形成とそのメカニズム」では、粉末パック法によるアルミニウムを含む炭化物膜の形成、成長挙動を調査している。炭素鋼上への Al 粉末パック法では、表面から B2-FeAl 層が形成し、その直下で連続的な Fe_3AlC 膜が形成することを発見している。この炭化物膜は炭素量の多い炭素鋼では短時間で、炭素量が少ない炭素鋼では長時間の Al 粉末パック処理により形成することを明らかにしている。その上で、これら結果を状態図を用いた拡散パスを用いて説明している。

第 4 章「炭素鋼上への粉末パック法を用いた V-Al-C 膜の形成とそのメカニズム」では、第 2 章および第 3 章で形成した炭化物膜形成手法を組み合わせることにより、粉末パック法を用いて V-Al-C 系 MAX 相の成膜の可能性を検討している。その結果、Al 拡散処理後に V 拡散処理を行う

と、MAX 相は形成しないが、V 拡散処理後に比較的低温で Al 拡散処理を行うことにより均一な MAX 相コーティングを形成することに成功している。比較的低温の Al パック処理にて MAX 相が形成したメカニズムとして、炭素空孔を含んだ V 炭化物相が MAX 相の前駆体として働くメカニズムを提案している。

第 5 章「粉末パック法で形成した V_2AlC 膜の耐摩耗性特性」では、一般的な軸受鋼材である SUJ2 表面に MAX 相コーティングを施し、その耐摩耗特性を評価している。その結果、V 炭化物と比較して MAX 相の摩擦係数は高く、摩耗体積が多くなることを報告している。これは、本実験での摩耗条件では MAX 相の高耐摩耗性を示す際に見られる摩耗面でのアルミナ皮膜の形成が認められなかったためと結論づけており、アルミナの形成による高い耐摩耗性を示すと考えられる摩耗条件を検討し、耐摩耗性コーティング MAX 相の適用領域を明らかにする必要があることを述べている。

第 6 章「総括」においては、本研究で得られた結果を総括している。

これらを要するに、著者は鉄鋼材料上に安価かつ簡便な粉末パック法を組み合わせることにより、バナジウム系 MAX 相をコーティングする手法を提案するとともにその形成メカニズムを明らかにしており、工学的かつ学術的な進歩に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。