

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	自動車走行環境における鉄鋼材料への水素侵入機構に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	大塚真司
Author(English)	Shinji Otsuka
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11444号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:多田 英司,西方 篤,須佐 匡裕,河村 憲一,上田 光敏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11444号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	材料 系 コース	申請学位 (専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	大塚 真司	指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	多田 英司
		指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	西方 篤

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「自動車走行環境における鉄鋼材料への水素侵入機構に関する研究」と題し、6章から構成している。

第1章「緒言」では、車体軽量化と乗員安全性の両立のためには自動車用鋼板の高強度化が喫緊の課題であり、従来の腐食劣化対策に加え、水素脆化への対策が新たな課題であると述べた。その中で、自動車走行環境における鉄鋼材料の腐食反応にともなう水素侵入挙動の解明が不可欠であることを指摘し、自動車走行環境における腐食反応にともなう水素侵入挙動を評価するには、車載可能でその場で高精度に水素量を測定する技術が必要であることを述べるとともに、自動車走行時の腐食環境と腐食因子に関する従来研究を概括することで自動車走行環境における鋼板への水素侵入挙動について未解明点を整理し、本論文の目的と構成を述べた。

第2章「温度補償型水素侵入モニタリングシステムの開発」では、はじめに金属中に侵入した水素に関する既存の評価法を概観し、電気化学的水素透過法の優位性を述べた。電気化学的水素透過法では、金属内を透過してきた水素原子を電解酸化し、そのとき生じる電流から水素侵入量を定量評価するものであるが、測定電流には水素の酸化電流とは関係がない残余電流が含まれ、その除去が水素侵入量の分析精度向上と水素侵入機構の解析に必須であるとの考えから、残余電流の除去が可能な温度補償型水素侵入モニタリングシステムを開発した。このシステムを実車走行試験に適用し、その残余電流の除去効果および水素侵入量の分析感度を調査した結果、鋼板に腐食がない状況では残余電流除去後の電流が数 nA/cm^2 以下であり、これは水素濃度に換算して 10^{-6}ppm オーダーであることを述べた。また、システムに要求される水素濃度である 10^{-2}ppm オーダーに比べ $1/10000$ 以下と極めて小さい値であることを述べた。また、車両走行時、路面水の被水によって鋼板に腐食が生じた場合は十数 nA/cm^2 の水素透過電流が観測され、腐食がない場合に比べ数倍以上の値に増加することから、開発したシステムによって、自動車走行環境において鋼板の腐食にともなう水素侵入量を高感度分析が可能であることを明らかにした。

第3章「自動車走行環境下における鋼板への水素侵入挙動」では、融雪塩散布地域を走行するトレーラーの荷台下部に、第2章で開発した温度補償型水素侵入モニタリングシステムを取り付けて自動車走行試験を実施し、自動車走行環境において鋼板の腐食にともなう水素侵入量のその場測定に世界で初めて成功した。また、測定した温度、湿度、付着塩分量と水素侵入量変化との関係を詳細に考察し、鋼板への水素侵入は、自動車の走行時において溶解した融雪塩を含む路面水を鋼板が被水することにより開始し、その後停車中において水膜が乾燥して厚さが減少していく過程で水素侵入が促進されることを見いだした。また、気温と鋼板に付着する塩分量の増加が水素侵入量を増加させる主な環境因子であることを述べた。

第4章「乾湿繰り返し腐食環境下における鋼板への水素侵入に及ぼす環境因子の影響」では、第3章において、自動車が走行している状況に比べ、停車状態で水素侵入が促進されるとの知見に基づき、鋼板に付着した水膜の乾燥過程における水素侵入挙動を調査した。すなわち、10, 30, 50°Cの温度一定条件の下で、相対湿度を30~90%まで変化させる乾湿繰り返し条件下において水素透過電流の変化から鋼板への水素侵入挙動について解析した。その結果、乾湿繰り返し環境における水素透過電流の顕著な変化は、湿潤過程と乾燥直前において生じることを見いだした。これは鋼板表面に形成した水膜内の塩化物イオン濃度が高い状態において、鉄から腐食溶出した Fe^{2+} が水膜中の酸素によって酸化され、それによって生じた Fe^{3+} が加水分解反応によって鋼板表面の pH の低下をもたらすことが、水素発生反応の促進と水素侵入量の増加をもたらす主因であると説明した。

第5章「自動車走行環境における鋼板への水素侵入機構」では、自動車走行環境における腐食環境を整理し、鋼板への水素侵入機構を提案した。すなわち、自動車走行環境において、付着塩化物量、温度、湿度、路面水の付着などの腐食因子の変化が水素侵入挙動に影響を及ぼすこと、自動車走行環境における水素侵入量が促進されるのは特に水膜の減少過程であることを明らかにした。これらの知見に基づき、自動車走行地域の温度と付着塩分量に対して、鉄鋼材料内に侵入しうる最大の表面水素濃度を評価し、鉄鋼材料の水素脆化感受性が高い環境条件を視覚化できる等表面水素濃度図を提案した。

第6章「総括」では、本論文で得られた成果を総括した。

以上を要するに、本論文は、自動車への搭載が可能で、水素量の測定感度が高い、温度補償型水素侵入モニタリングシステムを開発し、それを利用して自動車走行環境における水素侵入挙動の実態を把握し、鉄鋼材料への水素侵入に及ぼす腐食因子の影響と水素侵入機構を明らかにするものである。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800

Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	材料 系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of (工学)
学生氏名： Student's Name	大塚 真司	指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	多田 英司
		指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	西方 篤

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this study, to prevent hydrogen embrittlement which is one of the issues for application of ultra-high strength steel sheet in the automobile field, elucidation of hydrogen absorption mechanism were carried out. It is defined that the automobile moving environment is distinguished into the environment in the moving period and the environment in the parking period based on the corrosion condition. To evaluate the behavior of hydrogen absorption in each environment, a temperature-compensated hydrogen monitoring system which is based on the electrochemical hydrogen permeation method was developed. Accordingly, on-vehicle test for hydrogen absorption monitoring by applying the developed system was carried out in a snow melting salt spraying area. This in-situ measurement of the amount of hydrogen absorption due to the corrosion of steel sheet was successfully achieved for the first time in the world. On the basis of the obtained data, the relationship between the changes of hydrogen absorption and environmental factors such as temperature, humidity, and amount of deposited salt was analyzed in detail. It was clarified that the hydrogen absorption into the steel sheet started when the steel sheet covered the road water containing snow melting salt during the moving of the vehicle, and that the hydrogen absorption was enhanced in the process in which the water film drying in the subsequent parking period. Based on these findings, it is clarified that the amount of deposited salt, temperature, humidity, and road water in the automobile moving environment act as the hydrogen absorption factors, and a model on the hydrogen absorption mechanism is proposed. In addition, the maximum hydrogen concentration was evaluated for temperature and amount of deposited salt of the vehicle traveling area, and the isosurface hydrogen concentration diagram which could visualize the environmental condition which relate to the hydrogen embrittlement sensitivity was proposed.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).