



Title	内部摩擦測定による鋼の水素脆化の研究
Author(s)	水田, 三千雄
Citation	大阪大学, 1961, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/28331">https://hdl.handle.net/11094/28331</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【 2 】

氏名・(本籍)	水 田 三 千 雄 <small>みず た み ち お</small>		
学位の種類	工 学 博 士		
学位記番号	第 154 号		
学位授与の日付	昭 和 36 年 2 月 27 日		
学位授与の要件	工 学 研 究 科 冶 金 学 専 攻 学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当		
学位論文題目	内 部 摩 擦 測 定 に よ る 鋼 の 水 素 脆 化 の 研 究		
論文審査委員	(主 査)	(副 査)	
	教 授 美 馬 源 次 郎	教 授 足 立 彰	教 授 多 賀 谷 正 義
	教 授 西 山 善 次	教 授 松 川 達 夫	教 授 茨 木 正 雄

論 文 内 容 の 要 旨

金属と室温附近で気体である元素、即ち水素、窒素、酸素等との間の関係は長年問題とされてきた。初期の研究では主として気体の溶解、拡散や気体溶解に起因する脆化現象の実体等が調べられ、最近に至って機械的内至は物理的性質への微妙な影響が調べられるようになった。

鋼中水素の場合は今世紀初めの米国に於ける相次ぐレール事故、第2次世界大戦中のニッケルクロム鋼砲身の破損事故等によりまづその有害影響が目ざされ、その後前述したような経過で研究が行なわれて多くの研究成果の報告が成されているが、レール材、大型鋼材の延性減少、亜鉛鍍金線材や引抜線材の脆化等の弊害は後を絶たない。そして鋼中水素に関する今後の問題は実際の脆化に立脚して成された現象論的説明と機械的内至は物理的性質の測定に立脚して成された理論的説明の間に関連性を与え、更に進んで水素による悪影響を予防及び除去する上に役立つ有用な知見を得ると云う事である。

従って私は以上の点に着目して次の実験を行った。即ち構造材として最も多量に用いられている炭素鋼数種、白点、毛割れ等の脆化現象が表われ易いとされているニッケルクロム、ニッケルクロム—モリブデン鋼及び脆化を起さないとされているニッケルクロム・オーステナイト鋼を試料として撰び、電解法により発生機の水素を多量に吸収させた後室温放置してこの吸収過飽和水素の放出過程に於ける放出水素量、実際の脆化の尺度として引張り性質、組織敏感な量として内部摩擦の三者の変化を時間的に平行して測定した。また鋼の内部摩擦に対する基礎的資料として各種の熱処理を施した代表的組織の鋼の室温内部摩擦の測定を行った。

その結果、水素を過飽和に吸収した状態で鋼の室温内部摩擦は増加を示し、この増加の程度は脆化の烈しい鋼種程大きい事及び室温放置により室温拡散性水素の大部分を放出せしめると脆化も内部摩擦の変化もニッケルクロム鋼の焼なまし組織の場合を除いて完全に回復し、ニッケルクロム鋼の場合に於いても100°Cの加熱を行うと両者は完全に回復する事等が分った。この事実は鋼の水素脆化は鉄格子中に存在

している不安定な状態の水素原子が主原因となって起って居り、従って脆化はこの格子中水素を室温内至は比較的低温での加熱によって拡散放出させる事によって完全に消滅させ得る性質のものである事を示していると考えられる。

以上結果の主なものについてのみ言及したが、本実験の詳細について説明を加えたものが本論文である。

## 論文の審査結果の要旨

本論文は内部摩擦の測定による鋼の水素脆化の研究、すなわち、電解法にて発生機の水素を種々の鋼(0.07, 0.08% Cの極軟鋼; 0.16, 0.37, 0.68, 0.84% Cの炭素鋼; 0.36% C-1.85% Ni-0.74% Cr鋼; 0.19% C-1.92% Ni-0.54% Cr-0.20% Mo鋼, および0.16% C-12.32% Ni-25.00% Cr-1.62% Siオーステナイト鋼)に過飽和に吸収させ、この過飽和水素の室温放出過程における放出水素量、鋼の脆化度、および室温内部摩擦の変化を時間的に相対させて研究し、鋼の水素脆性とその内部摩擦との関係および鋼の代表的顕微鏡組織をもつ種々の鋼の室温内部摩擦を解明したもので、4章11節に分けて説明している。

第1章では鋼の代表的顕微鏡組織と内部摩擦との関係に関する研究について述べている。1節は内部摩擦一般について説明するとともに鉄および鉄合金における格子中侵入原子による応力誘起拡散、転位の運動、および磁氣的因子が内部摩擦の主原因として考えられると説明している。2節は種々の熱処理を施した鋼の室温内部摩擦を測定した結果に関する説明で、試料の調整、内部摩擦の測定方法、実験結果およびその考察、の項に分けて説明している。すなわち、粗パーライト組織(0.37% Cおよび0.84% C鋼)、細パーライト組織(焼なましニッケルクロム鋼)、マルテンサイト組織(0.37% C, 0.68% C, および0.84% C鋼)、ソルバイト組織(0.84% C鋼)およびオーステナイト組織(ニッケルクロム・オーステナイト鋼)の鋼につき磁気歪振動法(約1.85KC横振動)にて共鳴曲線を求める方法と、自然減衰より求める方法とによって内部摩擦を測定し、それらの結果について詳しく考察している。3節は第1章の実験に対する結論を述べたものである。すなわち、i) マルテンサイト組織の炭素鋼の室温内部摩擦の値は含有炭素量に比例し、その原因は格子中炭素原子の応力誘起拡散によるものと考えられ、従ってマルテンサイト組織の室温内部摩擦は振巾非依存であるから水素を吸収させた状態での内部摩擦の変化を測定する場合には振巾の大きさには特別の注意を払う必要はない; ii) マルテンサイト組織を持つ試料の内部摩擦は焼入後に急減し、1,000分程度で減少が停止するから、水素吸収させた状態の内部摩擦の変化を測定するには焼入後1日以上経過した試料を用いる必要がある; iii) マルテンサイト試料の焼もどし時の内部摩擦の減少には250°Cを境として段階があり、第1段階では(マルテンサイト→低炭素マルテンサイト+ε-炭化物)の変化が、また第2段階では(低炭素マルテンサイト→フェライト+セメンタイト)の変化が起り、これら両段階とも格子中侵入炭素原子の量が減少する結果、内部摩擦は減少する; iv) 振巾依存性を示す遊離フェライトを含む試料の内部摩擦は振巾依存部分の値が振巾に比例することから不連続な磁壁の移動による履歴損失に基づくものと推定される; v) 遊離フェライトを含む組織の試料は焼もどしソルバイト状組織の試料に比べて大きい内部摩擦の振巾依存性を示す。これは同一鋼(セメンタイト量が一定)の場合に

は、セメント粒子の大きさが小さい程磁壁の移動が困難になるためと考えられる。従って遊離フェライトを含む試料について水素を吸収した状態の内部摩擦の変化を測定する時には、振巾の大きさに特に注意しなければならない、と結論している。

第2章では鋼中過飽和水素の放出過程について述べている。1節は一般金属中の水素の状態を一般的に説明するとともに、鋼中の水素は単純固溶状態にあると説明し、鋼の水素吸収について説明している。2節は鋼中過飽和水素の放出量を測定した結果、すなわち、水素の吸収条件の決定、放出量の測定結果、および結果に対する考察について述べている。3節は第2章の実験に対する結論を述べている。すなわち、i) 炭素鋼の粗パーライト組織の試料では含有炭素量と吸収水素量との関係からみて、遊離フェライトはパーライト中のフェライトよりも多量の水素を吸収すると考えられる。またマルテンサイト組織の試料の吸収水素量は僅かである；ii) 吸収水素の放出はほぼ拡散過程に従うと考えられる経過をたどり、拡散初期の水素放出率の時間的変化から求めた拡散定数は炭素鋼では、ソルバイトー、粗パーライトー、およびマルテンサイトー組織の順に小となる。この結果は本命題の研究中に発表された Nosyreva の測定結果、すなわち、水素透過速度は（微小セメント+フェライト）組織、（粗パーライト+フェライト）組織およびマルテンサイト組織の順に小さくなる、との結果とよく一致すると説明している。

第3章は第1および2章の実験結果に基づいて行なった水素脆化状態の鋼の室温内部摩擦に関する研究についての説明である。1節では鋼の水素脆化機構についての諸説を説明するとともに、本実験結果の考察すべき方向を予想し、これについて説明している。また2節では水素吸収した鋼の内部摩擦に関する論文を検討している。3節は水素脆化状態の鋼の室温内部摩擦を測定した結果と、その結果に対する考察についての説明である。4節では第1および2章の実験結果に基づいて行なった、本実験の結論、すなわち本論文の結論を述べている。すなわち、i) 相当烈しく水素脆化を起した炭素鋼、ニッケルクロム鋼、ニッケルクロムモリブデン鋼の焼なまし試料では、内部摩擦もかなりの増加を示すが、室温あるいは100°Cでの放置による水素放出によって内部摩擦および水素脆化は共に完全に回復する；ii) 水素脆化をほとんど示さなかった炭素鋼のマルテンサイト組織の試料およびニッケルクロム・オーステナイト鋼の溶体化試料では内部摩擦の変化は極めて僅かで、この変化も高温での短時間放置によって完全に回復する；iii) 水素吸収により内部摩擦の変化した試料では内部摩擦の変化と、断面収縮率あるいは伸び率の変化で表示した脆化度との間には直線的関係がある；iv) 水素脆化および内部摩擦が室温放置または比較的低温での焼なましによる水素放出経過に応じて完全に回復することから考えて、脆化に関与する水素は分子状の微視的空隙、あるいは転位の拘束物のような安定な状態で存在するよりも水素原子として格子中で不安定な状態にあると考えられる、と説明するとともに、水素脆化機構の説明には、三軸応力部脆化説が最も妥当なものであると結論している。

第4章では、以上に説明した第1、2および3章に説明した研究の応用として水素脆化の回復法および予防法について述べている。脆化状態にある鋼を、脆くない十分な延性を持つ状態に戻すには、鋼の格子中に存在する水素原子を拡散放出させればよく、これは材料の寸法に応じて室温放置または100~300°Cでの焼なましを行えば、十分その目的を達成できることを確認するとともに、水素放出後に、なお格子欠陥部および結晶粒境界などに安定な形で残存すると考えられる水素による害は実験結果に基づけば無視

できることを述べている。

以上の如く、著者は鉄鋼材料に重要な水素脆化問題の解明に全く新しい観点から内部摩擦の測定を応用して研究を行ない、材質的諸条件の異なる種々の鋼につき水素脆化度と構造敏感な物理的性質としての内部摩擦との関係を確立するとともに、水素脆化自身は回復性のものであることを発見し、さらに鋼の水素脆化の回復および予防に役立つ多くの知見を与えている。また鋼の吸収水素量と過飽和水素の放出速度について普遍的な関係、および各種の代表的組織の鋼について内部摩擦の測定を行ない、それらの結果に対して独創的な解釈を加えている。

このように著者の研究は冶金学および製造冶金工業の発展に貢献するところが少くない。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。