

Title	核融合炉用超伝導コイル容器の性能評価に関する研究
Author(s)	松本, 俊美
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/37858">https://hdl.handle.net/11094/37858</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>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名・(本籍)	まつ 松	もと 本	とし 俊	み 美
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	9837	号	
学位授与の日付	平成3年6月12日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
学位論文名	核融合炉用超伝導コイル容器の性能評価に関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授	上田 幸雄		
	(副査) 教授	岡田 東一	教授	冨田 康光 教授 豊田 政男

## 論文内容の要旨

本論文は、極低温(4.2K)下、強磁界による大負荷の過酷な状態で使用されるステンレス鋼製核融合炉用超伝導コイル容器の溶接製作のために必要な溶接金属を開発すると共に、溶接継手部の耐破壊安全性を確保できるような接合法を提案し、このような溶接金属と接合法を適用した超伝導コイル容器の性能を評価したもので、6章から成る。

第1章は緒論であり、研究の背景並びに課題を指摘し、本研究の意義並びに目的について述べている。

第2章では、代表的な容器用材料であるSUS316LNの定荷重保持試験を行ない、低温クリープを考慮した限界保持応力について検討した。その結果、容器のひずみが超伝導コイルの限界ひずみ値として想定される0.6%を超えないように制限するための限界保持応力の値は0.2%耐力の62%となることを明らかにし、0.2%耐力の45%を許容設計応力とする現在の設計基準(案)は妥当であることを確認している。

第3章では、容器用溶接材料として、耐高温割れ性に優れかつ4.2Kでの0.2%耐力が1,000MPa及び破壊靱性値が220MPa $\sqrt{m}$ であるGTAW用溶接材料を開発したが、現在の技術では0.2%耐力が1,200MPa以上及び破壊靱性値が200MPa $\sqrt{m}$ 以上という目標値を達成することは困難であることも確認している。

第4章では、溶接継手の耐破壊強度を確保するのに有効な低強度溶接材料の適用を想定し、低強度部を含む材の基本的な初期塑性変形挙動を検討しており、その結果、同一引張荷重下では低強度部の塑性ひずみは低強度部単一材の場合より小さくなり、その最大変形部のひずみを公称応力を用いて表わせるように定式化している。また、曲げ荷重下では、母材に先行して低強度部で塑性領域が生じ高

強度部に拘束されながら進展することが分かったので、このような材の局部塑性とひずみ並びにたわみとの関係を明らかにしている。

第5章では、有限要素法を用いて超伝導コイルの全体解析を行ない、容器内の超伝導コイルのひずみを制限値以下に抑え、かつ溶接部の構造安全性を確保するためには、低強度溶接材料の降伏強さの許容下限値を母材の降伏強さの70%とすべきであり、この条件下では容器の使用性能を考慮して溶接継手の位置設定の自由度もある程度確保されることを明らかにしている。

第6章では、本研究で得られた主要な結果を総括して述べている。

## 論文審査の結果の要旨

現在開発が進められている核融合炉は、高温のプラズマを特定の空間に閉じ込めるために高磁界を発生する超伝導コイルが用いられる。システム全体の小型軽量化のために、強大な電磁力によるコイルの変形を超伝導コイルの収納容器の剛性により抑制し、コイルの性能を維持せねばならない。このような状況のもとで、本論文は、極低温下の強磁界で使用されるステンレス鋼製核融合炉用超伝導コイル容器の溶接製作のために必要な溶接金属と接合法を開発し、コイルの性能を理論的に評価したもので、得られた主な成果は次のとおりである。

まず、代表的な容器材料である SUS 316LN の低温クリープ特性を明らかにし、超伝導コイルの性能を過酷な荷重条件で長時間保持しても、容器材料各部のひずみを所定の限界ひずみ内に制御できることを確認している。容器の GTAW 用溶接材料として、溶接による耐高温割れ性及び耐力に優れ、かつ破壊靱性の優れた材料を新しく開発している。これは、現在の最良の材料と考えられているが強度と靱性値の組合わせの目標値に達せず、溶接継手に高い耐破壊強度を確保するために有効な方法として低強度溶接金属部を含む継手を採用すること決定し、先ず、そのような継手において母材に先行して塑性領域が生じる低強度部の強度と変形特性を基礎的に明らかにしている。次いで、このような継手を用いて製作された超伝導コイル及びその容器の変形特性を考慮した容器の全体解析を行ない、構造の安全性を確保するためには低強度溶接材料の降伏強さの下限値を母材の降伏応力の70%以上とする必要のあることを明らかにすると共に、容器性能を考慮した溶接継手位置の選択に多少自由度が確保されることを確認している。

以上のように、本論文は、過酷な状態で使用される超伝導コイル容器の製作を可能にしたことは、核融合炉の構造工学のみならず溶接工学に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。