

Title	ボイラ配管用ニッケル基合金Ni-23Cr-7Wの高温疲労特性に関する研究
Author(s)	野口, 泰隆
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/72396">https://doi.org/10.18910/72396</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 野口 泰隆 )

論文題名

ボイラ配管用ニッケル基合金Ni-23Cr-7Wの高温疲労特性に関する研究

## 論文内容の要旨

本研究は、地球温暖化防止のために開発が進められているA-USC (Advanced Ultra Super Critical: 先進超々臨界圧) 発電などの次世代発電用ボイラ配管の候補材の一つであるニッケル基合金Ni-23Cr-7Wを取り上げ、同合金をA-USC発電に適用し、A-USC発電を実現するための課題である高温における疲労特性の評価と熱疲労寿命評価法の検討を実施した。

第1章では、研究の背景と現状の課題を示し、本研究の目的、論文の構成を示した。主たる課題はNi-23Cr-7W合金の温度変動下と高温に長時間曝された後の疲労特性評価、および、温度変動下の熱疲労寿命評価法の開発であり、これらの課題解決が本研究の目的であることを述べた。

第2章では、Ni-23Cr-7W合金の基本的な高温疲労特性を明らかにするために、A-USC発電での使用が検討されている700°Cの一定温度下でのクリープ疲労特性を評価した。また、Ni-23Cr-7W合金と同様にA-USC発電のボイラ配管候補材であるニッケル基合金Alloy 617のクリープ疲労特性と比較することで、疲労特性の観点ではNi-23Cr-7W合金のほうがAlloy 617より優れていることを明らかにした。

第3章では、Ni-23Cr-7W合金の温度変動下の疲労特性を明らかにするために、最高温度を700°Cとした熱疲労試験を実施した。また比較試験として、等温疲労試験、Bithermal fatigue試験を実施し、Ni-23Cr-7W合金の疲労特性に及ぼす温度変動の影響やひずみ負荷温度の影響を検討した。温度やひずみの負荷方法に依らず、引張と圧縮のクリープひずみの負荷方向が破壊形態と疲労寿命に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

第4章では、Ni-23Cr-7W合金が高温に長時間曝されたときの疲労特性を明らかにするために、700°Cで最長5000h時効した材料を用いてクリープ疲労試験を実施した。時効はNi-23Cr-7W合金の繰返し負荷後の応力-ひずみ応答に影響を及ぼすものの、疲労寿命に及ぼす影響は小さいことを明らかにした。

第5章では、新しい熱疲労寿命評価法を提案した。熱疲労負荷時の応力とひずみのヒステリシスループと熱疲労負荷の最高温度における繰返し応力-ひずみ曲線を使用して熱疲労負荷中のクリープひずみを求め、その結果をもとにひずみ範囲分割法で熱疲労寿命を評価する手法を提案した。また、提案法による寿命評価手順および寿命評価に必要なデータを示した。

第6章では、第5章で提案した熱疲労寿命評価法の適用性を検討し、提案法によりNi-23Cr-7W合金の熱疲労寿命を1/2倍~2倍の誤差範囲内で精度良く評価できることを示した。さらに、従来法より寿命評価精度が高いこと、および、最高温度を高めた熱疲労負荷への適用も可能であることを示した。提案法に使用した材料特性は等温疲労試験で取得できるものであり、温度変動下で材料に負荷される応力、ひずみが明らかになれば、提案法を用いることで熱疲労試験より簡単な等温疲労試験の結果から寿命を予測することが可能になった。

第7章では、本研究の結論として、本研究で得られた成果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 野 口 泰 隆 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	南 二三吉
	副 査	教 授	才田 一幸
	副 査	教 授	伊藤 和博
	副 査	クリフ特性 Gr リーダー	田淵 正明 (物質・材料研究機構 構造材料研究拠点)
<b>論文審査の結果の要旨</b>			
<p>CO<sub>2</sub>排出量が多い石炭火力発電では、近年、最高約 600℃の蒸気温度を 700℃超に高めて効率化する A-USC (Advanced Ultra Super Critical) 先進超々臨界圧発電の開発が進められている。それには、従来使用されてきたフェライト系耐熱材料やオーステナイト系ステンレス鋼では高温強度が不足し、候補材としてニッケル基合金の適用が検討されているが、ボイラ配管への適用実績がなく、高温疲労特性を解明する必要がある。</p> <p>本研究はこのような背景から、ニッケル基合金の 1 つとして、高温強度のみならず加工性・溶接性に優れている Ni-23Cr-7W 合金に焦点をあて、高温疲労特性を基本的立場から解明するとともに、Ni-23Cr-7W 合金の高温疲労寿命の評価手法の開発を行っている。本論文で得られた主な結論をまとめると以下のようである。</p> <p>(1) Ni-23Cr-7W 合金の疲労寿命は、クリープひずみが負荷されない条件では A-USC 発電用の別候補材であるクリープ強度の高い Alloy 617 と同等であるが、クリープひずみが負荷されると Alloy617 よりも長寿命となる。特に、引張クリープひずみが負荷されると Alloy617 は全面粒界破壊するのに対し、Ni-23Cr-7W 合金は粒内破壊も混在し、延性が Alloy 617 よりも高いことがクリープ疲労寿命を高める基本要因となっている。</p> <p>(2) Ni-23Cr-7W 合金の熱疲労試験では、温度や負荷方法によらず、クリープひずみの作用が破壊形態および疲労寿命を大きく支配する。熱疲労で生じる非弾性ひずみを塑性ひずみとクリープひずみに分割し、その大部分がクリープひずみの場合には、A-USC 発電での使用を想定した最高温度 700℃の Ni-23Cr-7W 合金の熱疲労寿命は、700℃一定の等温疲労寿命試験結果から予測できる。</p> <p>(3) ボイラ配管は高温で長時間使用されるため、時効の影響も懸念されるが、疲労寿命への影響はかなり小さい。これは、未時効材では繰返し負荷による加工硬化が大きい、時効材では時効中に粗大炭化物が析出して初期強度が高くなるものの、繰返し負荷中には炭化物は粗大なままで変化せず、繰返し硬化が小さいことによる。</p> <p>(4) このような特性をふまえ、Ni-23Cr-7W 合金の高温疲労寿命の評価法として、A-USC 発電での使用を想定した最高温度 700℃での繰返し応力-ひずみ曲線を使用し、ひずみ範囲分割法を適用して、繰返し負荷で生じる非弾性ひずみから 700℃時点での塑性ひずみを除いたものを、高温疲労寿命を決定するクリープひずみとして評価する手法を提案している。</p> <p>(5) この提案手法を、将来の A-USC 発電で予期される最高温度 750℃の熱疲労試験、および製鋼時のヒートや熱処理条件、温度・ひずみ負荷条件の異なる Ni-23Cr-7W 合金の熱疲労試験に適用し、疲労寿命を従来法（定常クリープ速度を使用する方法）に比べて精度良く予測できることを検証している。</p> <p>以上のように、本論文は A-USC 発電ボイラ配管材として期待の高い Ni-23Cr-7W 合金に焦点をあて、その高温疲労特性がクリープひずみ（非弾性ひずみから塑性ひずみを除いた成分）で支配されることを明らかとし、熱疲労の最高温度での繰返し応力-ひずみ曲線から高温疲労寿命を評価できる新たな手法を提案している。ここで開発された手法は、Ni-23Cr-7W 合金のみならず、高温で繰返し負荷を受ける機器材料の疲労寿命評価に適用でき、次世代発電用ボイラの設計・信頼性評価など、我が国のエネルギー開発技術の発展に資するところが大きい。</p> <p>よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。</p>			