

Title	ガス加熱による船体外板曲げ加工における鋼板への熱移動に関する基礎的研究
Author(s)	新海, 信隆
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/42396">http://hdl.handle.net/11094/42396</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

氏名	しん かい のぶ たか 新 海 信 隆
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 6 2 5 3 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科船舶海洋工学専攻
学位論文名	ガス加熱による船体外板曲げ加工における鋼板への熱移動に関する基礎的研究
論文審査委員	(主査) 教授 富田 康光  (副査) 教授 矢尾 哲也 教授 内藤 林 助教授 松村 清重 助教授 村川 英一 助教授 中長 啓治 助教授 大沢 直樹

### 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、ガス加熱による板曲げ作業時の火炎から鋼板への入熱過程を熱流動、熱伝導同時解析による数値シミュレーションと詳細な温度場計測実験を行い、従来の研究では限定された条件下を除けば定量的推定ができなかった入熱量を任意の加熱条件下で求める手法を提案するものである。本研究ではその成果を用いて、加熱方法が異なる場合の鋼板内温度分布と鋼板の最終曲げ変形量について考察した。このような研究成果をまとめた本論文は以下の6章から構成されている。

第1章は緒論であり、バーナー火炎を用いた線状加熱における加熱中の物理現象およびその解析方法について述べるとともに、従来の線状加熱研究の問題点を挙げ、任意の加熱条件と鋼板への入熱量分布との関係を明らかにする必要性を述べている。そして、ガス加熱による板曲げ過程の中で本論文の研究対象を明確にしている。

第2章ではまずバーナー火炎を用いた線状加熱による船側外板の曲げ加工の原理について述べている。次に加熱中の伝熱現象、特に強制対流熱伝達による熱移動の物理的な意味を考察し、熱伝達率の取扱いと評価方法について述べている。次にガス加熱中の衝突噴流火炎場の形態と熱移動機構について述べ、燃焼火炎から鋼板への入熱量算出法として、燃焼火炎を高温噴流ガスに置き換えた簡易解析方法を提案している。そしてこの方法を構築する際の、高温噴流噴射条件の決定方法と、衝突噴流場全領域で熱移動条件として与える対数則について述べている。

第3章では、ガス加熱中の燃焼火炎および鋼板表面近傍の温度場計測に採用したレーザー誘起蛍光(LIF)法の原理と、実験装置および実験条件について述べている。そして、計測された燃焼・流動形態と、燃焼火炎温度および鋼板内温度の時刻歴を示し、その特徴について述べている。

第4章では、第2章で述べた高温噴流モデルで必要になる噴流噴射条件を、第3章で述べた実験結果をもとに決定している。そして、固定トーチから噴出する2次元流と3次元軸対称噴流で鋼板を加熱する場合のそれぞれについて、鋼板表面近傍の温度分布、鋼板内温度分布を計算し、計算結果を実験結果と比較検討することにより、噴射条件および計算手法の妥当性を検証している。さらに、計算結果を用いて加熱ガスから鋼板への熱伝達の性質について考察を加えている。

第5章では、第2章で提案した簡易解析法と、第4章で決定した高温噴流噴射条件とを用いて、実際の線状加熱のように熱源が移動する場合の熱流場の解析を行い、物理的直感に反しない鋼板表面直近と鋼板内温度の時間的・空間的分布が得られることを示して、提案する計算手法の妥当性を示している。そして、加熱方法が異なった場合の最終

変形形状の違いについて考察している。

第6章では、本研究により得られた成果を総括し、今後の課題について述べている。

### 論文審査の結果の要旨

ガス加熱による船体外板曲げ加工において、錬度の低い技能者のための作業支援システム、さらには自動工作機を開発するためには、任意の加熱条件下での鋼板への入熱量を数値的に求める必要がある。本論文では、線状加熱中の熱流場から鋼板への入熱量を求める方法として、解析が困難な衝突噴流火災の代わりに、高温の非燃焼ガスを用い、速度場と温度場の相似則が衝突噴流の衝突領域にも成立すると近似して解析することを提案している。

さらに、高温ガスの噴射出口を切り替えることにより、熱源が移動する場合の熱流場および鋼板内温度を計算することを提案し、鋼板の熱弾塑性変形解析による線状加熱時の曲げ変形を計算している。そして、加熱方法が異なった場合の最終変形形状を調べるために直線状を一斉加熱した場合の熱弾塑性変形計算している。

本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

- (1)LIF法により火炎着火後の火炎温度場の過渡変化と鋼板表面近傍の薄い温度境界層を計測することに成功した。  
この過渡変化の様子から、火炎熱流場は極めて短い時間で定常になり、鋼板内の温度上昇にはほとんど影響されない。
- (2)線状加熱の加工条件である火口温度、火口流速を本研究の解析法における流体の噴射温度、噴射流速に対応させ、噴射温度として火炎内の最高温度を、噴射口の幅として観察された燃焼火炎の幅を与えて解析することを提案した。2次元噴流では熱伝達現象で重要な鋼板表面近傍の温度分布を十分な精度で計算できる。3次元円形軸対称噴流では、高温ガスの温度分布の横方向への広がりには計測した火炎温度分布のそれよりも小さくなるが、鋼板表面での火炎中心にあたる温度は十分な精度で計算できる。
- (3)本研究の解析法を用いれば、これまで限定された条件下でしか推定できなかった鋼板への入熱量分布を任意の加熱条件に対して数値的に求める事ができる。
- (4)(2)の計算手法を、高温ガスの噴射出口を切り替えた場合に適用することで、線状加熱時の熱流場および鋼板内温度の時間的な変化の定性的性質を調べることができる。
- (5)与える総熱量や自然冷却時間が同じであっても、加熱手順の違いにより鋼板内の温度時刻歴は異なり、したがって、最終変形量も異なる。
- (6)提案した手法を用いれば、種々の加熱方法に対する鋼板内温度分布およびそれに対応する最終変形量を計算でき、より効率的な加熱方法を見出すことに適用できる。

以上のように、本論文は、ほとんどの造船現場で使われているガス加熱の場合の任意の加熱条件から曲げ変形量を求める一貫した解析を行うことを可能にし、線状加熱作業の高効率化・自動化に役立つもので、船舶海洋工学に寄与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。