OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Solidification Cracking Prevention by Thermal Strain Control
Author(s)	李, 齋炯
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/82229
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　李　齋炯　）	
論文題名	Solidification Cracking Prevention by Thermal Strain Control （熱ひずみ制御による凝固割れの防止）

論文内容の要旨

本研究では，溶接時に生じる凝固割れを熱ひずみの制御から防止することにある．凝固割れに関する高温延性曲線の実験的取得方法については様々な研究がなされているが，凝固割れを防止するための熱ひずみの制御方法などについては検討されていない．そのため，本研究では，溶接時の加熱に伴う温度履歴・分布により熱ひずみを制御することで防止を試みている．溶接部の冷却速度と熱影響部の温度分布が熱ひずみに及ぼす影響を明らかにすることで，凝固割れ防止のための指針を提案した．

第1，2章では，本研究の背景を凝固割れの現象や防止対策などの冶金学的検討について従来知見に基づき整理され，熱ひずみに着目した凝固割れ防止策を試みる目的を説明した．

第3章では，熱ひずみ制御による凝固割れ防止方法を検討するため，凝固割れ発生の定量的な予測手法を確立した．直接観察により凝固割れ発生ひずみを取得し，凝固割れに対する理論的検討から算出される凝固開始・完了温度から凝固割れに関する高温延性曲線を取得した．その高温延性曲線と熱弾塑性解析により求められる熱ひずみ曲線から凝固割れ発生の予測が可能であることが明らかとなり，凝固割れ発生予測手法を提案し，そのモデルの妥当性を立証した．

第4章では，第3章において構築された凝固割れ発生予測モデルを用いて熱ひずみ挙動に及ぼす溶接部の温度履歴の影響を解明した．冷却速度が大きくなる場合に凝固割れが抑制され，凝固割れ発生に溶接部の冷却速度が影響を与えることが明らかになった．

第5章では，第4章の結果を踏まえて凝固割れ発生と溶接部の冷却速度との関係をより定量的に考察するため，凝固割れ発生予測モデルを用いてレーザ照射による加熱・溶融池裏面冷却によるそれぞれの熱ひずみ挙動を明らかにした．溶接部の冷却速度の増加は，溶接部全体の温度上昇を抑制させることから温度依存性による溶接部の降伏強度低下を低減させた．よって，冷却速度が小さい場合に比して，溶接部の塑性変形が抑制可能となり凝固割れ発生につながる熱ひずみが軽減され，凝固割れ発生の抑制が可能であることを明らかにした．

第6章では，溶接部の熱ひずみが溶接部の冷却速度だけでなく，溶接部の温度分布にも影響を受けることから，溶接部の冷却速度が変化せず，溶接熱影響部（HAZ）の温度分布が変わるような溶接条件を選定することで，HAZ温度分布が凝固割れ発生の熱ひずみに与える影響を明らかにした．溶接速度，アーク電流を適宜変化させ冷却速度が変化しない溶接においては，溶接速度が減少する場合に凝固割れ発生が抑制された．溶接速度減少による凝固割れ抑制と熱ひずみの関係を明らかにするため，凝固割れ予測モデルを用いて考察した．溶接部の冷却速度を一定にして溶接速度が変化した場合，HAZ部の温度分布が変化し，溶接速度が減少する場合にHAZ部温度分布が拡大しHAZ部の温度の拡大に伴ってHAZ部の熱膨張が増大していた．これにより，溶接部にかかる熱ひずみが減少することとなり，結果として凝固割れ発生が抑制されることが明らかとなった．

第7章では，HAZ部における熱膨張を制御することで凝固割れに関わる熱ひずみが抑制されることから，レーザ照射による溶接部のサイド加熱で同様の効果を得ることで凝固割れ防止が可能かについて検証した．HAZ温度分布拡大による凝固割れ防止と同様に，レーザ加熱部の温度分布を最適化することで熱ひずみの抑制が可能であることがわかった．

本研究を通して凝固割れ発生に及ぼす熱ひずみの影響が明らかとなり，溶接部の温度履歴ならびに温度分布により溶接部の熱ひずみを制御することで，凝固割れ発生を抑制可能であることが定量的に解明された．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　　李　齋炯　　）	
	（職）	氏　　名
論文審査担当者	主 査　　教授	才田　一幸
	副 査　　教授	望月　正人
	副 査　　教授	井上　裕滋
	副 査　　准教授	小椋　智

論文審査の結果の要旨

本研究では，溶接時に生じる凝固割れを熱ひずみの制御から防止することにある．凝固割れに関する高温延性曲線の実験的取得方法については様々な研究がなされているが，凝固割れを防止するための熱ひずみの制御方法などについては検討されていない．そのため，本研究では，溶接時の加熱に伴う温度履歴・分布により熱ひずみを制御することで防止を試みている．溶接部の冷却速度と熱影響部の温度分布が熱ひずみに及ぼす影響を明らかにすることで，凝固割れ防止のための指針を提案している．

第 1, 2 章では，本研究の背景を凝固割れの現象や防止対策などの冶金学的検討について従来知見に基づき整理され，熱ひずみに着目した凝固割れ防止策を試みる目的を説明している．

第 3 章では，熱ひずみ制御による凝固割れ防止方法を検討するため，凝固割れ発生の定量的な予測手法を確立している．直接観察により凝固割れ発生ひずみを取得し，凝固割れに対する理論的検討から算出される凝固開始・完了温度から凝固割れに関する高温延性曲線を取得している．その高温延性曲線と熱弾塑性解析により求められる熱ひずみ曲線から凝固割れ発生の予測が可能であることが明らかとなり，凝固割れ発生予測手法を提案し，そのモデルの妥当性を立証している．

第 4 章では，第 3 章において構築された凝固割れ発生予測モデルを用いて熱ひずみ挙動に及ぼす溶接部の温度履歴の影響を解明している．冷却速度が大きくなる場合に凝固割れが抑制され，凝固割れ発生に溶接部の冷却速度が影響を与えることを明らかにしている．

第 5 章では，第 4 章の結果を踏まえて凝固割れ発生と溶接部の冷却速度との関係をより定量的に考察するため，凝固割れ発生予測モデルを用いてレーザ照射による加熱・溶融池裏面冷却によるそれぞれの熱ひずみ挙動を明らかにしている．溶接部の冷却速度の増加は，溶接部全体の温度上昇を抑制させることから温度依存性による溶接部の降伏強度低下を低減させる．よって，冷却速度が小さい場合に比して，溶接部の塑性変形が抑制可能となり凝固割れ発生につながる熱ひずみが軽減され，凝固割れ発生の抑制が可能であることを明らかにしている．

第 6 章では，溶接部の熱ひずみが溶接部の冷却速度だけでなく，溶接部の温度分布にも影響を受けることから，溶接部の冷却速度が変化せず，溶接熱影響部（HAZ）の温度分布が変わるような溶接条件を選定することで，HAZ 温度分布が凝固割れ発生の熱ひずみに与える影響を明らかにしている．溶接速度，アーク電流を適宜変化させ冷却速度が変化しない溶接においては，溶接速度が減少する場合に凝固割れ発生が抑制される．溶接速度減少による凝固割れ抑制と熱ひずみの関係を明らかにするため，凝固割れ予測モデルを用いて考察している．溶接部の冷却速度を一定にして溶接速度が変化した場合，HAZ 部の温度分布が変化し，溶接速度が減少する場合に HAZ 部温度分布が拡大し HAZ 部の温度の拡大に伴って HAZ 部の熱膨張が増大している．これにより，溶接部にかかる熱ひずみが減少することとなり，結果として凝固割れ発生が抑制されることを明らかにしている．

第 7 章では，HAZ 部における熱膨張を制御することで凝固割れに関わる熱ひずみが抑制されることから，レーザ照射による溶接部のサイド加熱で同様の効果を得ることで凝固割れ防止が可能かについて検証している．HAZ 温度分布拡大による凝固割れ防止と同様に，レーザ加熱部の温度分布を最適化することで熱ひずみの抑制が可能であることを明らかにしている．

本研究を通して凝固割れ発生に及ぼす熱ひずみの影響が明らかとなり，溶接部の温度履歴ならびに温度分布により溶接部の熱ひずみを制御することで，凝固割れ発生を抑制可能であることが定量的に解明されている．

以上のように，本論文は，凝固割れの抑制を力学的要因である熱ひずみを制御することで達成することを目的としている．本研究を通して，溶接部の温度履歴ならびに温度分布が熱ひずみに与える影響について，実験ならびに理論の双方から定量的に明らかにされている．凝固割れ発生に関わる熱ひずみと温度履歴ならびに温度分布の因果関係が明らかとされたことを活用して，凝固割れ発生を抑制・防止するための指針についても言及されている．凝固割れの防止を力学的現象に基づいて，実験・理論の双方から定量的に検討された例はなく，一連の取り組みから凝固割れと熱ひずみの関係の一部が解き明かされたものと言える．

よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める．