



Title	Comprehensive Evaluation of Double-Wire Narrow Gap GMAW Process and Dissimilar Joints Properties
Author(s)	Xiao, Ning
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/105490
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (XIAO NING)	
論文題名	Comprehensive Evaluation of Double-Wire Narrow Gap GMAW Process and Dissimilar Joint Properties (ダブルワイヤ・ガスシールドメタルアーク溶接によるナロウギャップ異材継手性能の総合評価)
Abstract of thesis The chute structure of scraper conveyors (chute structure) used in mining is assembled by welding dissimilar steel materials. Narrow-gap double-electrode gas-shielded metal arc welding (GMAW) is effective in improving the welding productivity of thick steel plates. This study systematically investigated the double-wire narrow gap GMAW process for dissimilar steel joints of chute structure and aimed to address critical challenges such as lack of fusion, low deposition efficiency, and premature wear in thick-walled components. Through experimental optimization and microstructural analysis, significant improvements in welding quality, mechanical properties, and wear resistance were achieved. Below is the main work summary of this thesis. Chapter 1 introduced the research background and significance, focusing specifically on the welding challenges associated with the chute structure. It provided a comprehensive review of narrow gap welding, including its definition, classification, and difficulties, while comparing the advantages and disadvantages of single-wire and double-wire GMAW narrow gap welding processes. Additionally, it summarized the current research status in areas such as high strength low alloy (HSLA) steel deposition, dissimilar steel welding, arc cladding, and numerical simulation. Finally, it clearly outlined the research objectives and the structure of the dissertation. In Chapter 2, GMAW experiments were conducted to observe the spray and drop transfer modes of droplets into a narrow gap on thick plates and to confirm the stability of the spray transfer mode. Then, GMAW process parameters such as the welding wire feed rate and the spacing between the two electrodes (spacing in the welding line direction and lateral direction) were optimized through experiments. As a result, in the case of a narrow gap 12mm for 30mm thick plates, the optimal welding wire feed rate (8m/min), welding electrode travel speed (8–11mm/s), and electrode spacing in the welding line direction (10mm) were determined, resulting in a welded joint with a good weld bead shape and no defects. Chapter 3 studied the mechanism of interlayer dwell time (IDT) control strategy for the synergistic improvement of strength and toughness of deposited metal (ER70-G). Specifically, the IDT control strategy refined the microstructure, reduced grain boundary ferrite content, increased dislocation density, and raised the proportion of high-angle grain boundaries. These favorable microstructural characteristics collectively ensured the synergistic enhancement of both strength and toughness in the deposited metal. In Chapter 4, defect-free dissimilar steel joints (NM450/ER70-G/ZG30SiMn) by the double-wire narrow gap GMAW process were successfully manufactured. The microstructural evolution was comprehensively evaluated through finite element simulation and experimental measurement. Additionally, a comprehensive assessment of the mechanical properties of different joints was conducted, including microhardness, tensile strength, impact toughness, and bending performance. The mechanical properties of the double-wire narrow gap GMAW welded joints met practical application requirements. In Chapter 5, Fe-Cr-C alloy welding wire (KB968) as cladding material on the heterogeneous joint surface was employed to significantly improve the wear resistance. Furthermore, results indicated that higher dilution ratios increased carbide content in the cladding layer with more uniform distribution, which is conducive to further enhancing wear resistance. Chapter 6 summarized the main findings of this research and discussed prospects for future work. This study also supplied important guidance for high-quality efficient manufacturing and enhanced durability of welded structures.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (XIAO NING)			
論文審査担当者	(職)		氏 名
	主査	教授	麻 寧緒
	副査	教授	大沢 直樹
	副査	准教授	辰巳 晃

論文審査の結果の要旨

鉱業採掘で使用されるスクレーパーコンベヤのシュート構造（以下、シュート構造）は、厚板異種鋼材の溶接により製造されている。現在、シュート構造の厚板溶接には、多量の溶着金属を必要とする V 字開先が広く用いられているが、溶接コストの増大などの課題が存在している。そこで、本研究では、溶接生産性の向上を目標として、溶着金属量の少ない狭開先と高入熱の二電極ガスシールドメタルアーク溶接（以下、GMAW : Gas Metal Arc Welding）の有効性を検討している。さらに溶接継手のミクロ組織および機械的特性を含む溶接継手性能を総合的に評価している。本学位論文は、以下 6 章から構成される。各章の概要は以下の通りである。

第 1 章では、本研究の背景、特にシュート構造の効率的な製造手法である狭開先溶接の意義を紹介すると共に、狭開先溶接の分類および溶接時の技術的課題を整理している。また、単電極および二電極 GMAW 狭開先溶接プロセスの利点と欠点を比較している。さらに、高張力低合金鋼（HSLA）の溶着金属、異材溶接金属、アーク肉盛溶接部、数値シミュレーションに関する研究の現状をレビューして、本研究の目的を明示している。

第 2 章では、GMAW 実験を行い、厚板狭開先溶接における溶滴のスプレー移行モードとドロップ移行モードを観察し、特にスプレー移行モードの安定性と優位性を検証している。さらに、板厚 30mm、溝幅 12mm の狭開先 GMAW において、溶接ワイヤ送給速度、二電極間の間隔（溶接線方向の間隔と横方向の間隔）などのプロセスパラメータを実験により適正化している。結果として、溶接ワイヤ送給速度（8 m/min）、溶接電極の移動速度（8 mm/s -11 mm/s）、溶接線方向の電極間隔（10 mm）の最適値を見出し、溶接ビード形状が良好で欠陥がない溶接継手を得ている。

第 3 章では、溶接層間時間（IDT: Interlayer Dwell Time）を制御することにより、溶着金属（ER70-G）の強度と靱性が共に向上するメカニズムを研究している。具体的には、IDT 制御によりマイクロ組織を微細化し、粒界フェライト量を低減し、転位密度および高角度粒界の割合を増やすことにより、有利な微細組織が得られ、溶着金属の強度と靱性が共に向上することを示している。

第 4 章では、二電極狭開先 GMAW により欠陥のない異材鋼材継手（NM450/ER70-G/ZG30SiMn）を作製し、有限要素解析と実験測定を組合せて、微細組織の形成メカニズムを解明している。また、溶接継手の機械的特性（マイクロ硬さ、引張強度、衝撃靱性、曲げ性能）を総合的に評価し、二電極狭開先 GMAW による継手が実用に十分な性能を有することを示している。

第 5 章では、異種鋼材溶接継手の表面に Fe-Cr-C 合金(KB968)の溶接材料 を肉盛することで耐摩耗性が大幅に向上することを摩耗実験で検証している。特に、希釈率が高いほど、肉盛層内における炭化物の量が増加し、その分布がより均一となり、耐摩耗性の向上にさらに寄与するメカニズムを明らかにしている。

第 6 章では、本研究の主要な結論をまとめ、今後の研究課題と展望について述べている。

以上のように、本論文は、高品質かつ高効率な狭開先二電極 GMAW プロセスのパラメータを適正化すると共に、溶接接手の総合性能（引張強度、衝撃靱性、曲げ性能、耐摩耗性）を向上する技術を確立している。本研究成果は、シュート構造の溶接だけではなく、船体や橋梁の溶接構造にも適用可能である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。