



Title	A study on the interactive phenomena in the hybrid keyhole plasma arc welding-gas metal arc welding process
Author(s)	Wu, Dongsheng
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/82231">https://doi.org/10.18910/82231</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name ( WU DONGSHENG )	
Title	A study on the interactive phenomena in the hybrid keyhole plasma arc welding-gas metal arc welding process (キーホールプラズマアーク・ガスマタルアークハイブリッド溶接における相互作用現象の研究)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>In order to suppress weld defects and improve the weld bead formation, paraxial hybrid keyhole plasma arc welding and gas metal arc welding (KPAW-GMAW) process was proposed, in which the plasma torch was located at the leading direction, and the GMAW torch was located at the rearing direction. During the hybrid KPAW-GMAW process, a deep keyhole was formed under the plasma arc, and the bead formation can be effectively improved by GMAW.</p> <p>Some fundamental phenomena related to the weld pool convection, keyhole behaviors and energy propagation in the KPAW process were firstly investigated, then the interactive phenomena of the arc, droplet, keyhole and weld pool in the hybrid KPAW-GMAW process were analyzed.</p> <p>The interesting phenomenon that the weld pool temperature was relatively low in the KPAW process was explained. The much high arc pressure and plasma shear stress promoted the fluid flow and energy transportation, thus a large weld pool was formed, leading to a low weld pool temperature distribution in the KPAW process.</p> <p>The keyhole formation mechanisms in the KPAW process were revealed. The arc pressure was more dominant for the keyhole formation, and the plasma shear stress facilitated the fluid flow along the rear keyhole wall and decreased the curvature of the keyhole. Both the pressure balance and mass conservation mechanisms contributed to the blasting penetration. The material properties had great influences on the blasting penetration. Low melting temperature, low surface tension and bottom surface deformation facilitated the blasting penetration, while high thermal conductivity inhibited it.</p> <p>The interesting phenomenon that the energy efficiency was relatively low in the KPAW process was explained. In the KPAW process, the arc size was large, and the arc temperature was high, so the conduction energy loss and radiation loss of the plasma arc were high. The keyhole formation can't increase the energy absorption, and 11.5% of the arc energy were lost by the efflux arc. As a result, the energy efficiency for heating the anode was decreased.</p> <p>Owing to the formation of a direct current path between the KPAW cathode (tungsten electrode) and GMAW anode (welding wire) in the peak current stage, the ionized PA was extended to the GMA side. The wire extension length was shorter, and the arc length was larger in hybrid KPAW-P-GMAW in comparison with P-GMAW. The metal vapor from the keyhole had a minor influence on the droplet transfer, while the Lorenz force promoted the droplet transfer. The stable OPOD mode can be obtained in the hybrid KPAW-P-GMAW.</p> <p>In the hybrid KPAW-GMAW process, the Marangoni force and arc shear stress contributed to the appearance of "Pull-Push" flow pattern on the top surface of the weld pool between the two arcs. The droplet impingement had minor influence on the "Pull-Push" flow pattern. However, without the droplet impingement, few molten metals were transported from the region near the GMAW arc to the region near the KPAW arc.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( W U D O N G S H E N G )	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主 査 教授 田中 学
	副 査 教授 井上 裕滋
	副 査 教授 佐野 智一

## 論文審査の結果の要旨

本論文ではキーホールプラズマアーク-ガスメタルアークハイブリッド溶接プロセスにおける溶接欠陥を抑制するとともにビード形成を改善することを目的としており、実験観察と数値解析の両面からのアプローチによりそのプロセスメカニズムを詳細に解明している。本プロセスではプラズマアークトーチを先行極としガスメタルアークトーチを後行極として配置している。プラズマアークによりキーホールを形成することで深溶込みを達成し、ガスメタルアークによりビードを効率的に形成することができる。

本研究で明らかにされている点は以下の通りである。

(1) キーホールプラズマアーク溶接ではプラズマアーク温度が高くなるが、一方で溶融池温度は低い。また、主たる溶融池駆動力のうちアーク圧力及びアークせん断力の両者がキーホール形成に特に寄与する。高い熱伝導損失及び放射損失の影響によりアーク熱効率は低くなる。

(2) 本ハイブリッド溶接ではプラズマアーク側のタングステン陰極とガスメタルアーク側のワイヤ陽極の間の直接的な電流経路の形成により、通常のガスメタルアーク溶接と比較してワイヤ突出し長さは短くなりアーク長は長くなる。その結果、ローレンツ力の変化を通じて溶滴移行が促進され安定した1パルス1溶滴移行が得られる。

(3) 本ハイブリッド溶接ではマランゴニカとアークせん断力により両アーク間の溶融池表面での“プッシュアップ”流動パターンが誘起される。溶滴移行がこの流動パターンに及ぼす影響は小さいが、この移行した溶滴はガスメタルアーク側からプラズマアーク側への溶融金属の輸送に重要な役割を果たす。

以上のように、本論文ではキーホールプラズマアーク-ガスメタルアークハイブリッド溶接におけるプロセスメカニズムを詳細に研究し、アーク、溶滴、キーホール、溶融池の間の相互作用を通じて溶接欠陥の抑制やビード形成の改善が成されることを明確にしている。本研究により得られた知見は複数のアーク熱源から成る他のハイブリッド溶接プロセスにも広く適用可能であり、その溶接欠陥の抑制やビード形成の改善にも大きく貢献できるものと期待できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。