OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Study on the Influence of Carbon Dioxide on the Oxy-Hydrogen Cutting Performance
Author(s)	Pinzón Acosta, César De Jesús
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/73577
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name	(César De Jesús Pinzón Acosta)
Title	Study on the Influence of Carbon Dioxide on the Oxy-Hydrogen Cutting Performance （二酸化炭素が水素ガス切断性能に及ぼす影響に関する研究）

Abstract of Thesis

During the last years, there has been a growing interest in using Hydrogen (H_2) for the preheating flame of the oxy-fuel cutting since the use of H_2 improves the cutting performance, reduces the thermal distortion of the workpiece and the Carbon Dioxide (CO_2) emission. In practical applications of oxy-hydrogen cutting, a fossil gas is added into H_2 gas to improve the preheating flame visibility and the process safety. The addition of fossil gas deteriorates cutting performance, but the mechanism of this deterioration has not been clarified yet. There is an incentive to clarify the mechanism and optimize the preheating gas composition, and these are objectives of this study.

The present study is composed of six chapters, as follows:

Chapter 1 gives a background of this study. Current problems and challenges concerning Oxy-Hydrogen cutting are presented. Additionally, this chapter states the problem, objectives and the structure of this study.

Chapter 2 presents the numerical theory used in this study. An inverse heat conduction analysis (IHCA) method which can identify the local heat transfer parameters (the gas temperature right on the plate, T_G, and the heat transfer coefficient, α) of the preheating flame, is proposed. A quasi-static three dimensional finite element code with moving coordinate systems is developed. This code can perform heat conduction analysis in which the heat supply due to preheating q_G and that due to metallic combustion q_B are separately assessed. A new estimation technique of the kerf temperature distribution based on the two-dimensional Matsuyama's solution is developed.

Chapter 3 presents the description and results of the experimental tests. Spot heating tests of thin circular plate are performed to identify T_G and α of the gases H_2, a mix of H_2-CO_2, and a mix of H_2-Ar, by using the IHCA method developed in Chapter 2. Piercing tests of thick steel plate, in which the minimum piecing time, t_{min}, is measured, are performed to validate T_G and α identified by the IHCA method. Cutting tests of thick steel plate are performed, and the groove geometry (cutting front shape, curvature of the cutting front, kerf width) are measured for various preheating gas conditions.

Chapter 4 presents the numerical results of IHCA for the spot heating test results and the direct thermal conduction analysis (DHCA) of the piercing tests. T_G and α are identified from thin plate's temperatures measured in the spot heating tests. Thick plate's heating face temperatures in the piercing tests are analyzed by DHCA in which T_G and α for the spot heating tests are adopted. By employing the steel kindling temperature as the prerequisite for piercing, t_{min} is calculated. The estimated and measured t_{min} show good agreement. This demonstrates the validity of the identified local heat transfer parameters and the developed IHCA method. It is found that the heat efficiency and piercing performance of Hydrogen preheating flame deteriorates with the increase of the inert gas's mixing ratio, and CO_2 has more harmful effect than Ar.

Chapter 5 presents the numerical results of three-dimensional quasi-static FE analyses of the oxy-hydrogen cutting process. It is shown that the kerf temperature estimation technique developed in Chapter 2 can achieve a smooth three-dimensional kerf temperature distribution for cases with heavy thickness and inclined cutting fronts. It is also shown that q_G shows substantial decline while q_B remains unchanged when CO_2 is added to H_2 gas. This suggests that the cutting performance deterioration due to CO_2, reported in the literature, is caused solely by the decrease in the heat transfer from the preheating flame.

Chapter 6 summarizes the conclusion of the main points in this study. This chapter also discusses further works that may improve the effectiveness and adequacy of the proposed technique.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	(César De Jesús Pinzón Acosta)		
	(職)	氏　名	
論文審査担当者	主 査	教 授	大沢　直樹
	副 査	教 授	藤久保　昌彦
	副 査	教 授	麻　寧緒　(大阪大学接合科学研究所)
	副 査	准教授	堤　成一郎　(大阪大学接合科学研究所)

論文審査の結果の要旨

近年，鋼材の酸素ガス切断の予熱に水素(H_2)を利用する場合が増えている．これは H_2 の使用により切断性能向上，熱変形の抑制，二酸化炭素(CO_2)排出量の削減が図れるからである．水素切断の現場適用では，爆発防止および予熱火炎視認性向上のため，H_2 に石化ガスを混合することが多い．H_2 に石化ガスを添加すると切断性能が低下することが知られているが，その理由は解明されていない．水素ガス切断技術の高度化には水素・石化混合ガス火炎の最適化が必要であり，そのために石化ガスによる水素切断性能低下メカニズムを解明する必要がある．本研究は，この石化ガスによる切断性能低下メカニズムの解明を目的としている．

本論文は以下の 6 章から構成されている．

第 1 章では，水素ガス切断技術に関する研究背景が示されている．先行研究の調査結果から解決すべき技術課題と，課題解決のための研究方針が示され，その結果として本研究の目的が示されている．

第 2 章では，本研究で採用した解析理論および数値計算法が解説されている．予熱伝熱を，時間で不変と近似する局所熱伝達率αおよび鋼材直上燃焼火炎温度 T_G を用いて評価する手法が採用され，α，T_G の空間分布を薄板円盤点加熱試験から同定する熱伝導逆解析(IHCA)手法が示されている．切断工程中の入熱は，Matsuyama の 2 次元伝熱解析理論と，移動座標に基づく 3 次元準定常熱伝導 FEM 解析を併用し，予熱入熱と金属燃焼入熱を分離して評価している．先行研究で開発した FEM 計算コードに切断溝側方熱境界条件の調整機能を追加して，傾斜カーフ前縁を有する厚板切断の解析を初めて実現している．

第 3 章では，薄板円盤点加熱試験，ピアッシング試験および切断試験の結果が示されている．予熱燃料に純 H_2 および H_2・不活性ガス（アルゴン，CO_2）混合ガスを使用している．薄板円盤点加熱試験で円盤温度が，ピアッシング試験で中厚鋼板の最小ピアッシング時間が計測されている．切断試験で厚板鋼板のカーフ幅・前縁形状が計測されている．

第 4 章では，薄板円盤点加熱試験結果から，提案 IHCA 手法によりα，T_G の空間分布を同定し，同定結果を入力とした熱伝導順解析(DHCA)結果が計測結果とよく一致すること，不活性ガス質量比が増すにつれα，T_G が低下すること，および CO_2 混合時の T_G 低下率がアルゴン混合時より顕著に大きいことを示している．また，ピアッシング DHCA で推定した最小ピアッシング時間が計測結果と良好に一致したことを示し，同定したα，T_G の精度の良さを実証している．

第 5 章では，第 2 章で提案した切断溝側方熱境界条件調整法を採用した改良 FEM 計算コードにより，カーフ前縁に傾斜が生じる厚板切断でも，予熱伝熱による板厚方向温度勾配を考慮した 3 次元カーフ温度分布が計算できることを示している．また，提案手法により純 H_2 および H_2/CO_2 混合ガスを使用した際の予熱入熱・金属燃焼入熱を比較し，CO_2 の添加が燃焼入熱にほとんど影響しないこと，および石化ガスによる水素切断性能低下が，主として予熱炎から鋼材への伝熱効率の低下で生じることを明らかにしている．

第 6 章では，本研究で得られた成果を結論としてまとめている．

以上のように，本論文は，石化ガス添加による水素切断性能低下のメカニズムを初めて精査し，切断性能の低下が CO_2 の添加による局所熱伝達率および燃焼ガス温度低下に起因するが，CO_2 は金属燃焼効率に影響しないとの新たな知見を得ている．これらは，水素ガス切断技術の高度化を図る上で非常に有用な知見である．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．