

## YAGレーザーstroボ撮影および高速ビデオカメラを用いた プラズマアーク切断(PAC)過程の可視化

### Visualization of plasma arc cutting (PAC) using YAG laser strobe photography and high-speed video camera

飯田桂吾\*1), 竹中裕亮1), 三田村直紀1), 上杉喜彦1), 田中康規1), 石島達夫1),  
山口義博2), 高田伸浩2)

Keigo Iida\* 1), Yusuke Takenaka1), Yoshihiko Uesugi1), Yoshihiro Yamaguchi 2), et al.

1) 金沢大自然科学, 2) コマツ産機(株)

1) Kanazawa University, 2) Komatsu Industries Corp.

#### 1. まえがき

プラズマアーク切断(PAC)は、大電流アークプラズマによる加熱と被切断物の酸化燃焼反応による燃焼熱で被切断物を局部的に熔融させ、溶断する熱切断法の一つである<sup>[1]</sup>。このプラズマ切断の技術的課題のひとつに被切断物へのドロス付着現象がある。ドロスとは、熱切断時に熔融した金属が切断底面に流れ出し、その一部が切断底面の切断溝に凝固・付着したものである<sup>[2]</sup>。鋼板底面に付着したドロスは削り落とす必要があり、作業工程を増やす要因となっている。そのため、ドロスフリーな切断手法の実現が求められている。そこで、本研究ではプラズマ切断面における熔融鋼の挙動やドロスの形成過程を観測することでドロス付着現象のメカニズム解明し、新たなドロス付着量軽減方法の開発を目指している。切断面における熔融鋼の挙動観測のため、高繰り返し YAG レーザとバンド・パス・フィルタ、高速ビデオカメラを組み合わせた高速レーザーstroボ撮影システムの開発を行い、実機規模のアークプラズマ切断機器を用いた軟鋼板切断時の熔融鋼挙動の観測結果を報告する。

#### 2. レーザstroボ撮影システム

Fig.1 に、レーザーstroボ撮影システムの概略図を示す。プラズマ切断ではアークプラズマの発光が非常に強力なため、通常の撮影方法では熔融鋼の挙動観測は困難である。そのため、アークプラズマの強力な発光を減光し、外部からプラズマの発光よりも強い光を切断面に照射し、反射光を極力減光させずに撮影する必要がある。そこで、可視化用の光源として高繰り返し YAG レーザの第二高調波( $\lambda=532\text{ nm}$ )を用いる。一方、バンドパスフィルタによって $\lambda=532\text{ nm}\pm 1\text{ nm}$ 以外のアークプラズマの発光を減光する。この波長領域の制限をかけて、切断面からの YAG レーザの反射光を高速ビデオカメラによって撮影する。また、高速ビデオカメラの露光時間を  $5\ \mu\text{s}$  とし、レーザーの発振タイミングを同期させ、レーザーが照射されたタイミングでのみ露光して撮影を行う。こうすることで、時間的制限をかけてアークプラズマの発光の寄与を抑制する。

#### 3. スペックルノイズ

レーザーstroボ撮影はプラズマ切断面における熔融鋼

挙動の観測には有用な手法である。しかし、レーザーのようなコヒーレント光を光源として用いる事でスペックルノイズ<sup>[3]</sup>と呼ばれる明暗の斑点模様が撮影画像に現れてしまう。スペックルノイズは鮮明な画像の取得を困難にするのでプラズマ切断面における熔融鋼挙動を観測する上で大きな問題となる。スペックルノイズの低減を行うためには、レーザーのもつコヒーレント性を低下させる必要がある。そこでレーザー光を拡散板に入射し、拡散された光を液体ライトガイドに透過させることで入射レーザー光のコヒーレント性を低下させる方法をとった。図2に、スペックルノイズ低減手法を用いたレーザーstroボ撮影と可視撮影によるプラズマ切断面の観測結果を示す。プラズマの発酵の影響を抑制し、熔融鋼の高速流動挙動の観測が可能となった。

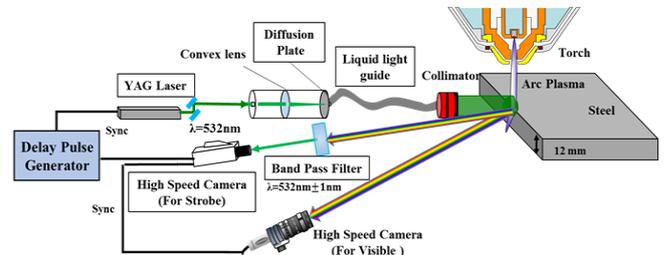


図1 レーザstroボ撮影システムの全体図

Fig. 1 Schematic of Laser Strobe System

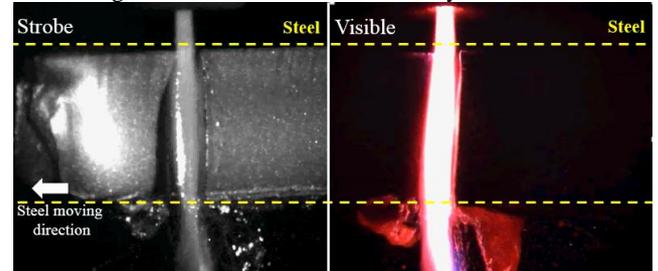


図2 可視・レーザーstroボ撮影によるプラズマ切断面の観測

Fig. 2 Observation of arc plasma cutting surface by laser strobe photography system

文献

- [1] R.Bini, et al. : J. Mater. Process. Technol., **196**, 13, 345355, 2008.  
[2] 竹中, 他 : 電学研資, PST-17-073, PPT-17-054, ED-17-091(2017)  
[3] B.Dingel, et al. : J. Optik, **94**, 132-136(1993)