



Hiroshima University
Graduate School of Engineering

レーザー熱源とホットワイヤ法とを組み合わせた 新溶接技術および鋼材への影響

広島大学 大学院 工学研究院 材料・生産加工部門
材料接合工学研究室
山本 元道



研究背景

高強度・高靱性厚鋼板・極厚鋼板の適用範囲拡大

- ✓ 大型コンテナ船などの造船分野
- ✓ 高層ビルなどの建築分野
- ✓ 大型橋梁などの橋梁分野

大入熱用高強度・高靱性厚鋼板・溶材開発の長期化

高能率・低入熱溶接技術の開発・実用化

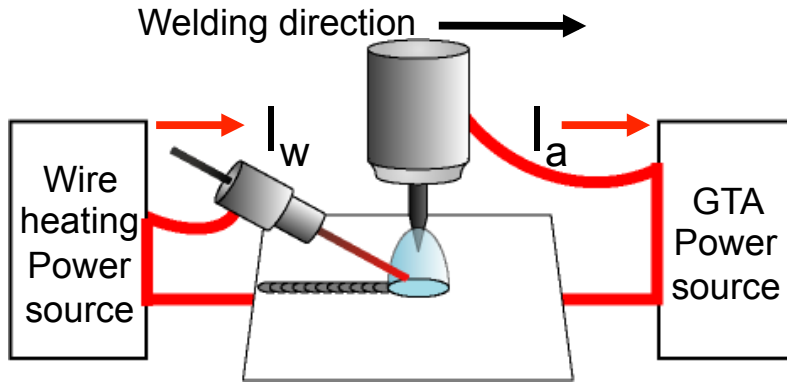
- ✓ 現場(ドック内など)適用可能な溶接技術
- ✓ ギャップ・開先性状・板厚などの施工裕度を満足する溶接技術
- ✓ 厚鋼板立向き溶接へ適用可能な溶接技術



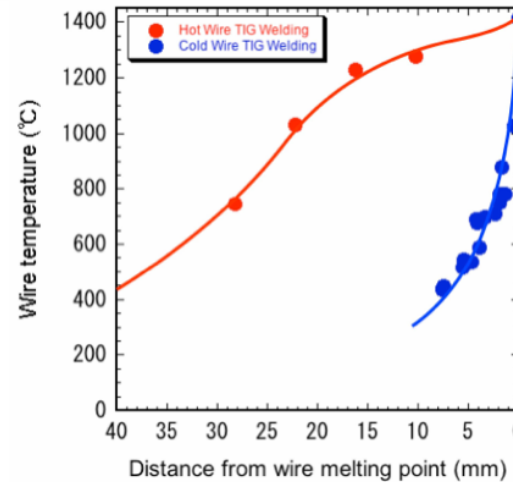
Hiroshima University

ホットワイヤTIG溶接技術の開発 - 高能率・高品質TIG溶接 -

Graduate School of Engineering



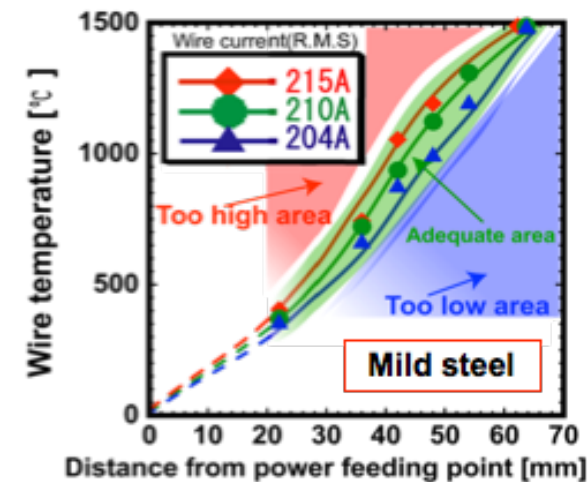
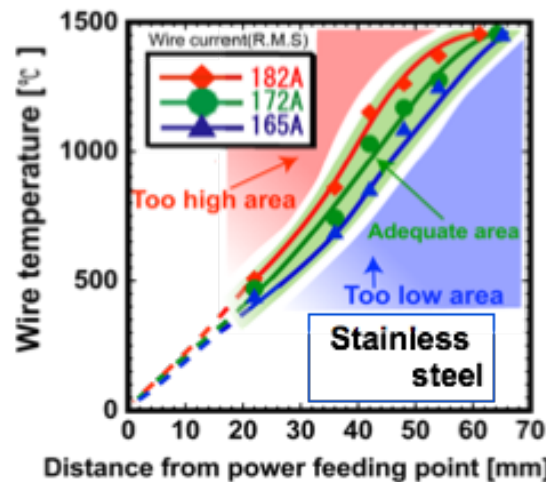
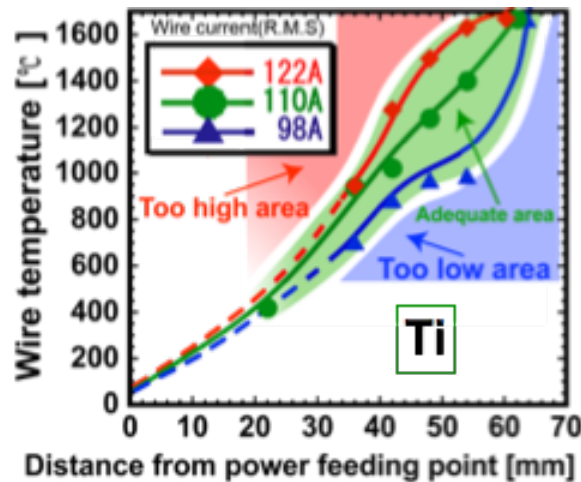
ホットワイヤTIG溶接法



Welding speed (m/min)	3.0
Wire current (A)	127
Wire feeding speed (m/min)	11
Arc current (A)	250
Wire feeding angle (°)	30

Welding speed (m/min)	0.2
Wire feeding speed (m/min)	1.2
Arc current (A)	150
Wire feeding angle (°)	30

コールドワイヤとホットワイヤとの比較



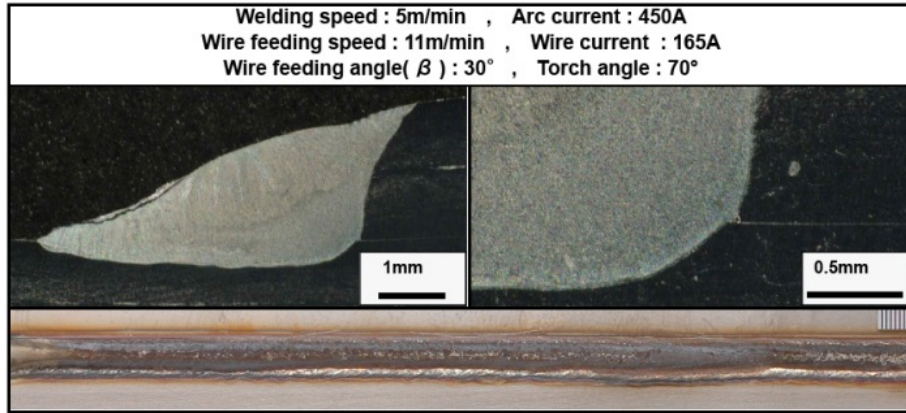
各種材料への適用



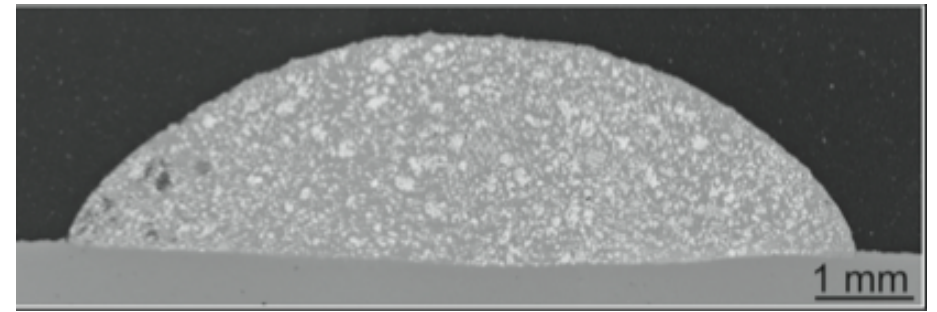
Hiroshima University

ホットワイヤTIG溶接技術の開発 - 高能率・高品質TIG溶接 -

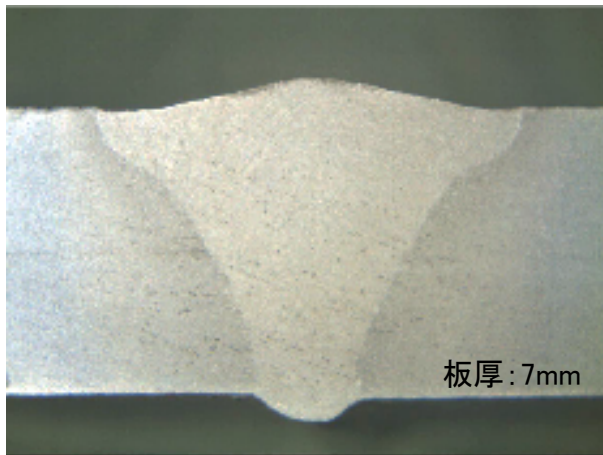
Graduate School of Engineering



超高速TIG溶接(溶接速度5m/min)



高能率TIG肉盛り溶接(WC硬化肉盛り)



高能率TIG溶接(溶接速度0.5m/min)

Width of weaving, mm	Arc current, A			
	190	210	230	250
0	/			
5				

2 mm

極低希釈TIG肉盛り溶接(Ni基合金耐食肉盛り)

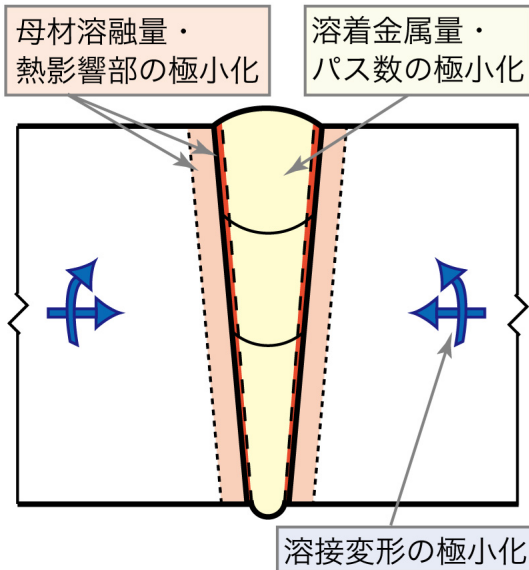


Hiroshima University

ホットワイヤ・レーザ溶接法を用いた 溶接技術の開発 - 狭開先付合せ継手 -

Graduate School of Engineering

ホットワイヤ・レーザ溶接法を用いた超狭開先溶接施工技術



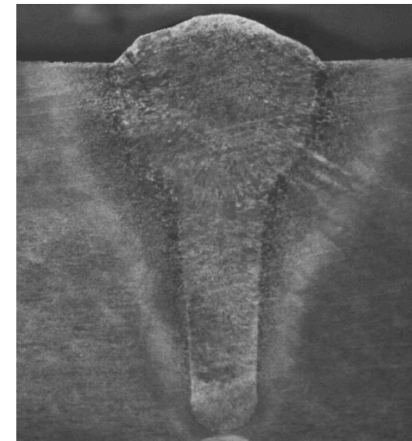
ホットワイヤ・レーザハイブリッドシステムによる高制御溶接技術

高品質化

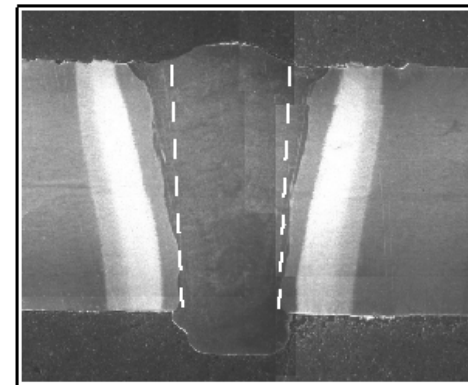
- ・母材希釈（溶融量）の低減
- ・溶接変形の低減
- ・溶接部組織（溶接部温度）の制御

高能率化

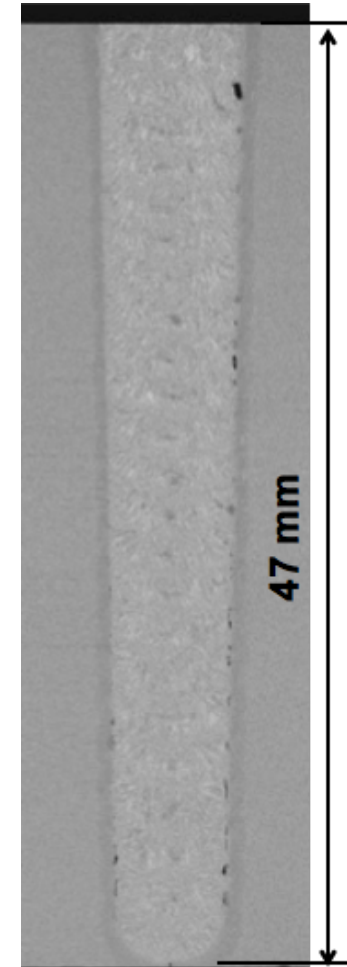
- ・パス数の低減
- ・溶着金属量の独立制御
- ・余熱条件の緩和
- ・低パワーレーザによる施工



5mm



1mm



47 mm

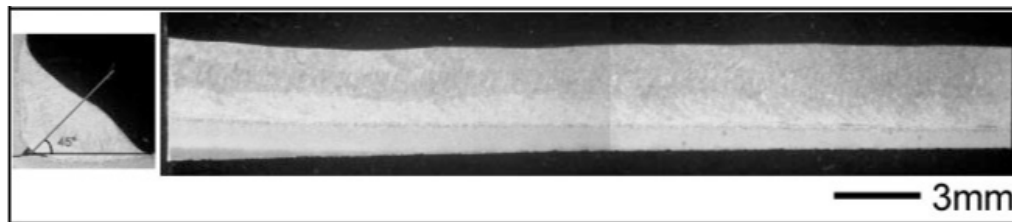
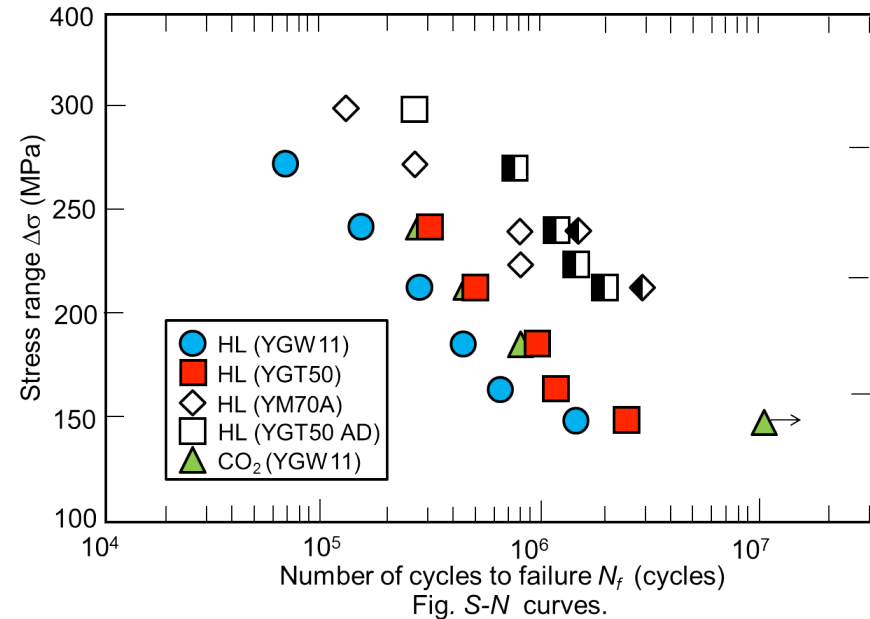
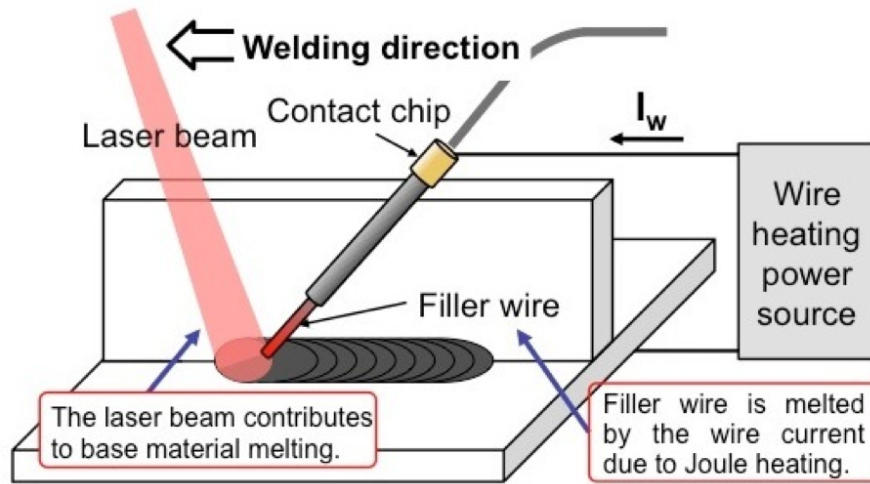
5mm



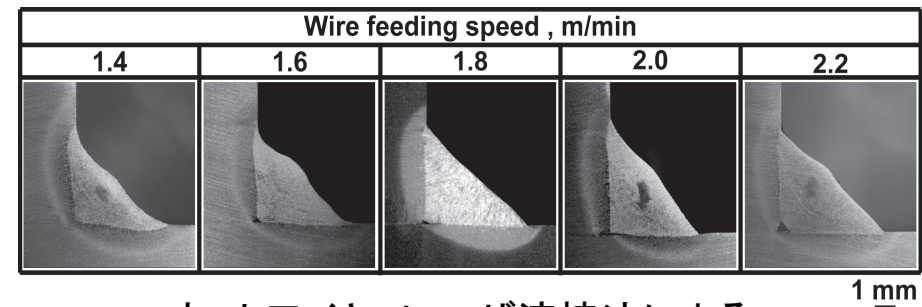
Hiroshima University

ホットワイヤ・レーザ溶接法を用いた 溶接技術の開発 - すみ肉継手 -

Graduate School of Engineering



ホットワイヤ・レーザ溶接法による
ピット・ブローホール・スパッタレス化



ホットワイヤ・レーザ溶接法による
すみ肉継手疲労強度向上(止端部形状制御)



研究目的

レーザー熱源とホットワイヤ法とを組み合わせた

極厚鋼板立向き溶接技術の開発

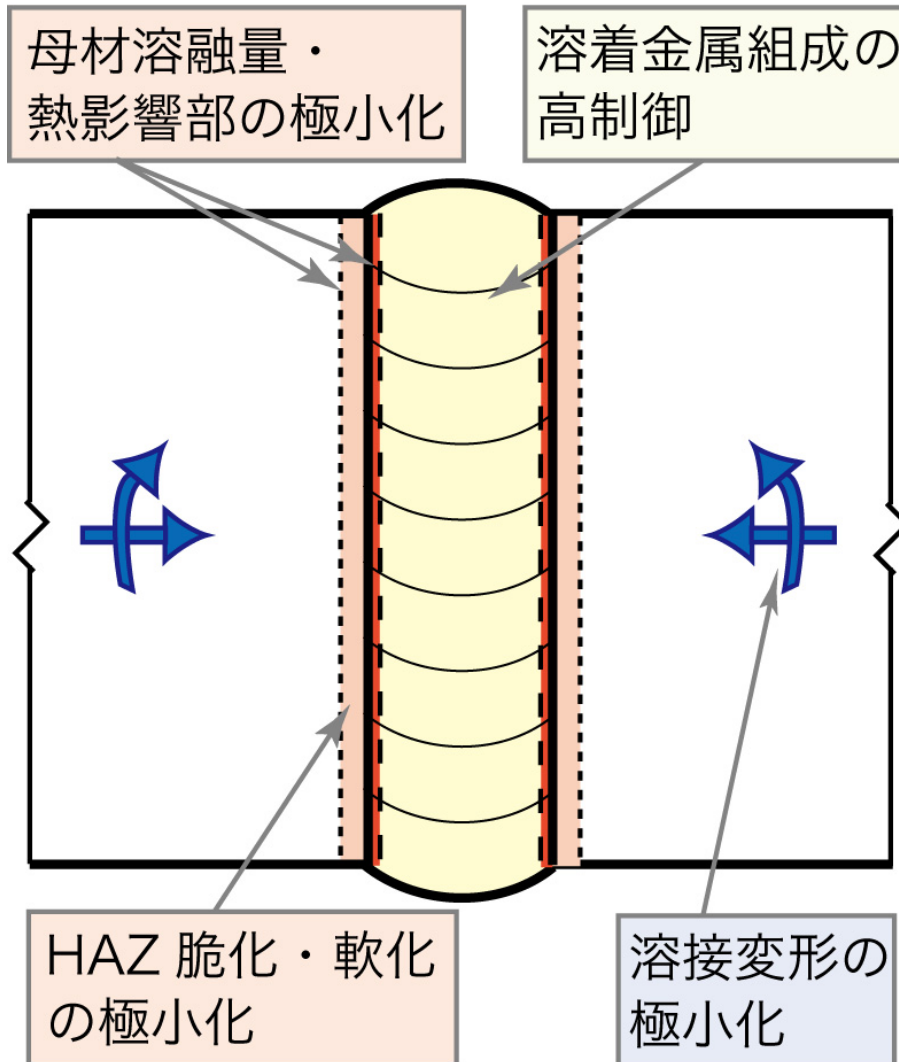
- ✓ エレクトロガス溶接に比べて大幅な入熱低減
- ✓ エレクトロガス溶接に比べて大幅な母材溶融量(希釈)低減
- ✓ エレクトロガス溶接と同等以上の開先加工裕度や施工裕度
- ✓ エレクトロガス溶接に比べて同等以上の施工能率
- ✓ 造船所建造現場での長時間・長期適用可能なレーザー溶接システムの開発



Hiroshima University

レーザ熱源とホットワイヤ法とを 組み合わせた新溶接技術

Graduate School of Engineering



ホットワイヤ・レーザハイブリッド システムによる高制御溶接技術

高品質化

- ✓ 母材希釈（溶融量）の低減
- ✓ 溶接変形の低減
- ✓ 溶接部（WM・HAZ）組織の制御
- ✓ 脆化部・軟化部極小化

高能率化・低コスト化

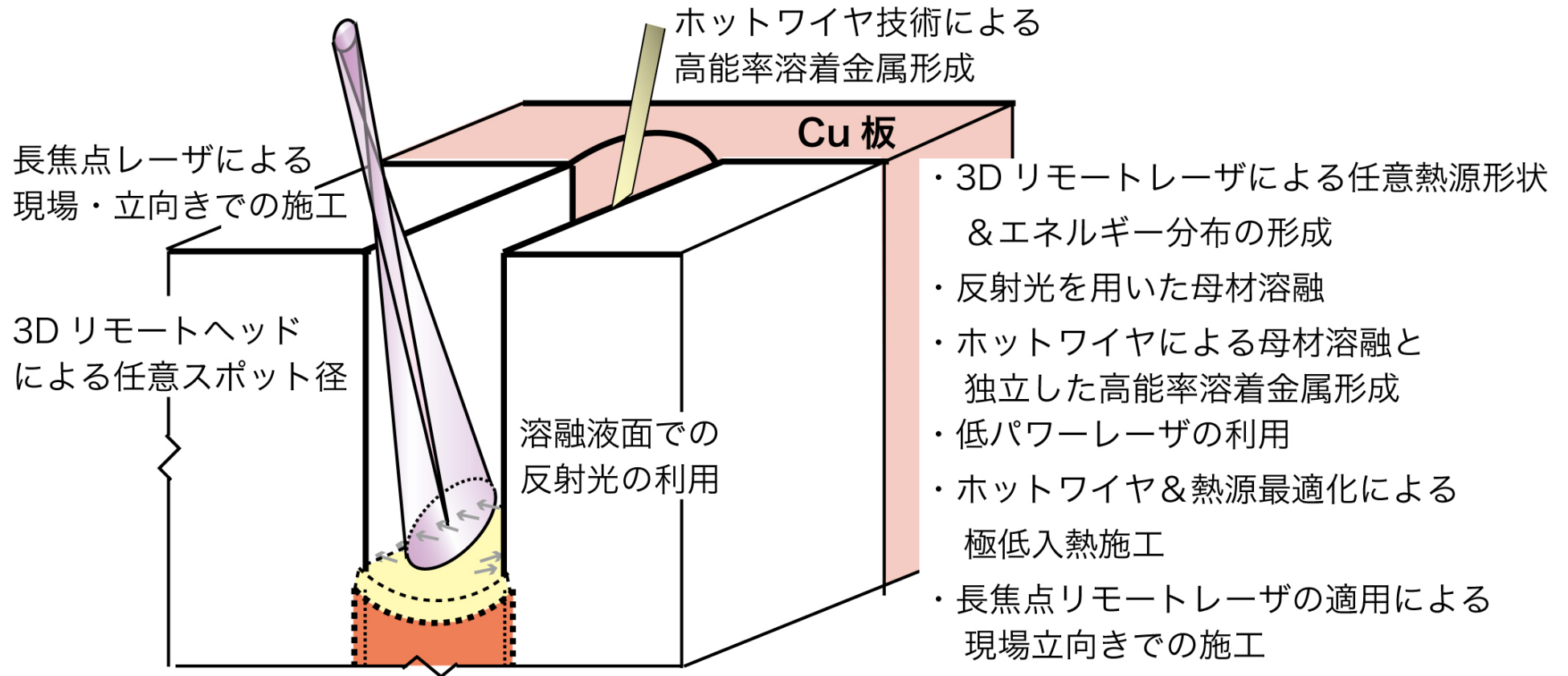
- ✓ リモートレーザによる熱源最適化
- ✓ 溶着金属量の独立制御
- ✓ 低パワーレーザによる施工
- ✓ 鋼材・溶材の設計条件緩和



Hiroshima University

レーザー熱源とホットワイヤ法とを 組み合わせた新溶接技術

Graduate School of Engineering





最終的な目標値

エレクトロガス溶接に比べて大幅な入熱低減

目標値: 10kJ/mm以下 (エレクトロガス溶接に比べて1/5~1/10)

エレクトロガス溶接と同等以上の施工速度

目標値: 2m/h以上

エレクトロガス溶接と同等以上の施工裕度

目標値: 【開先状態】ガス・プラズマ切断

【開先裕度】設定値 (例えば10mm) ±5mm

低希釈化 (母材溶融量削減) による溶接金属制御

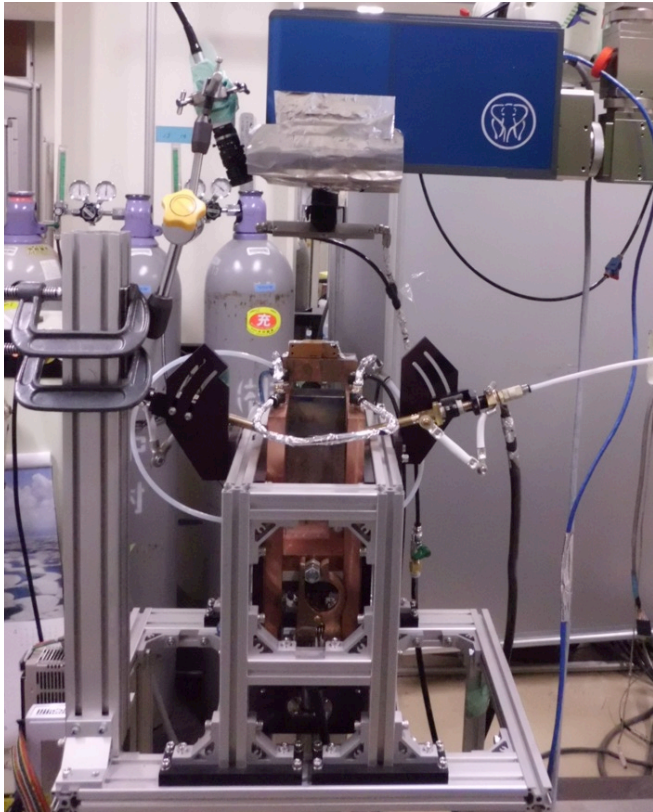
目標値: 希釈率20%以下



Hiroshima University

ホットワイヤ・レーザ溶接システム

Graduate School of Engineering



3Dスキャナヘッド



ホットワイヤ加熱電源



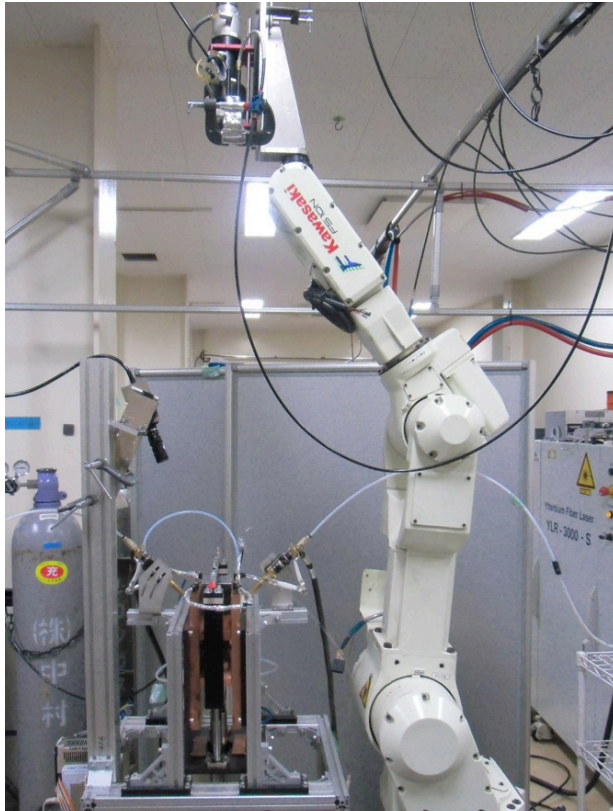
6kW高出力半導体レーザ
発振器



Hiroshima University

ホットワイヤ・レーザ溶接システム

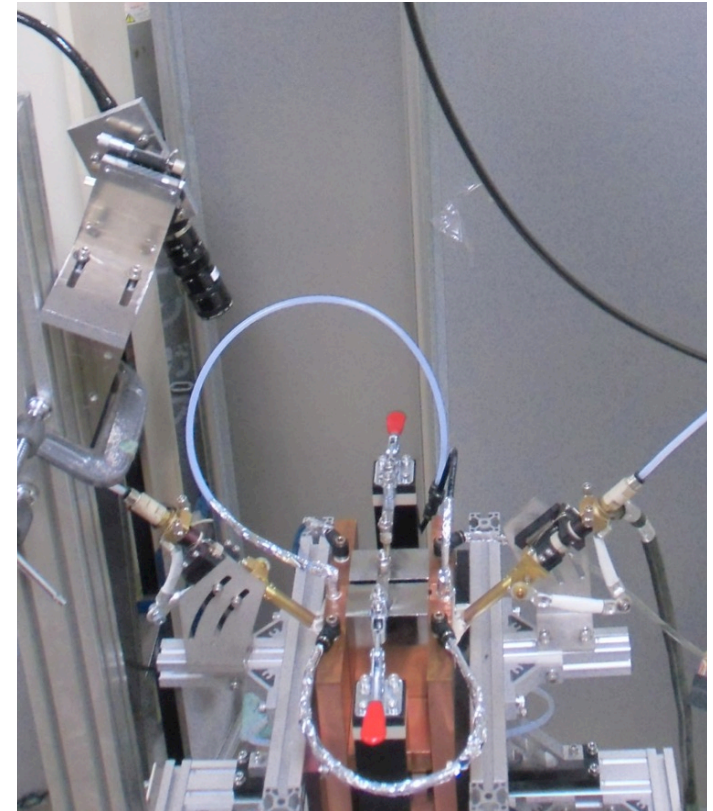
Graduate School of Engineering



長焦点レーザヘッド



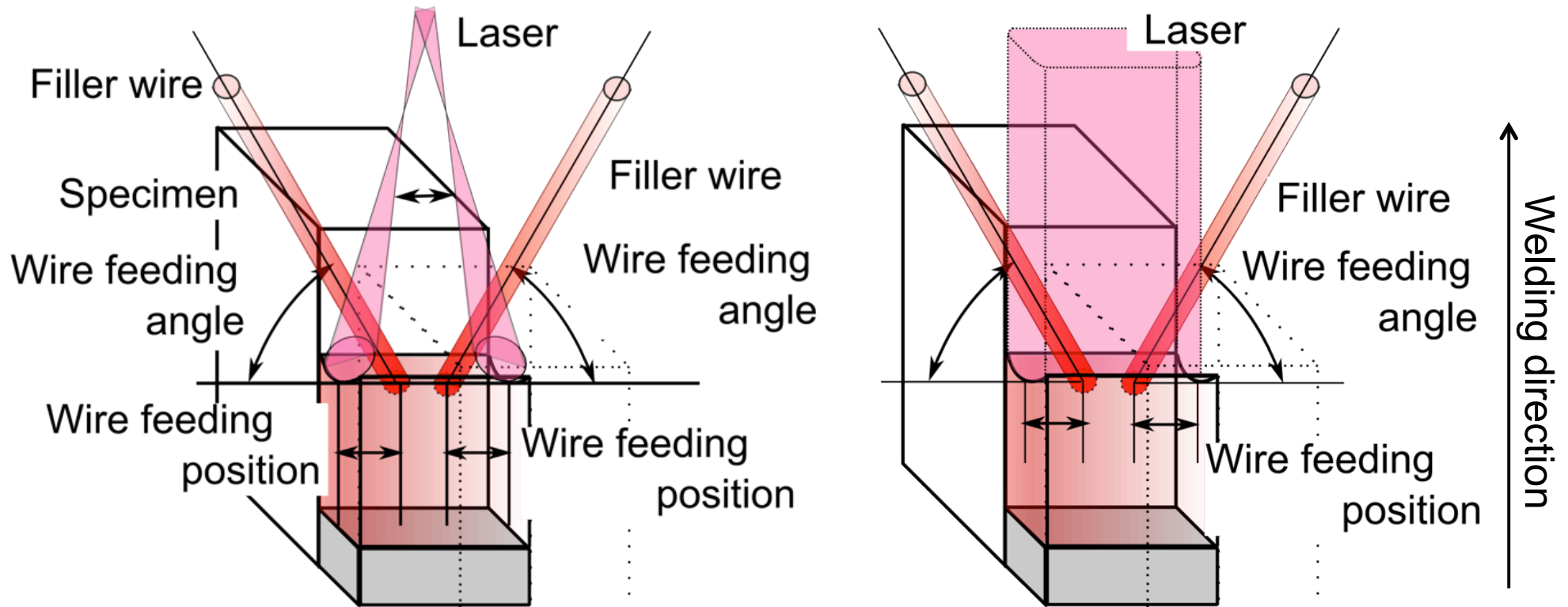
ホットワイヤ送給装置



溶接治具
小型高速度カメラ



半導体レーザーのビーム制御

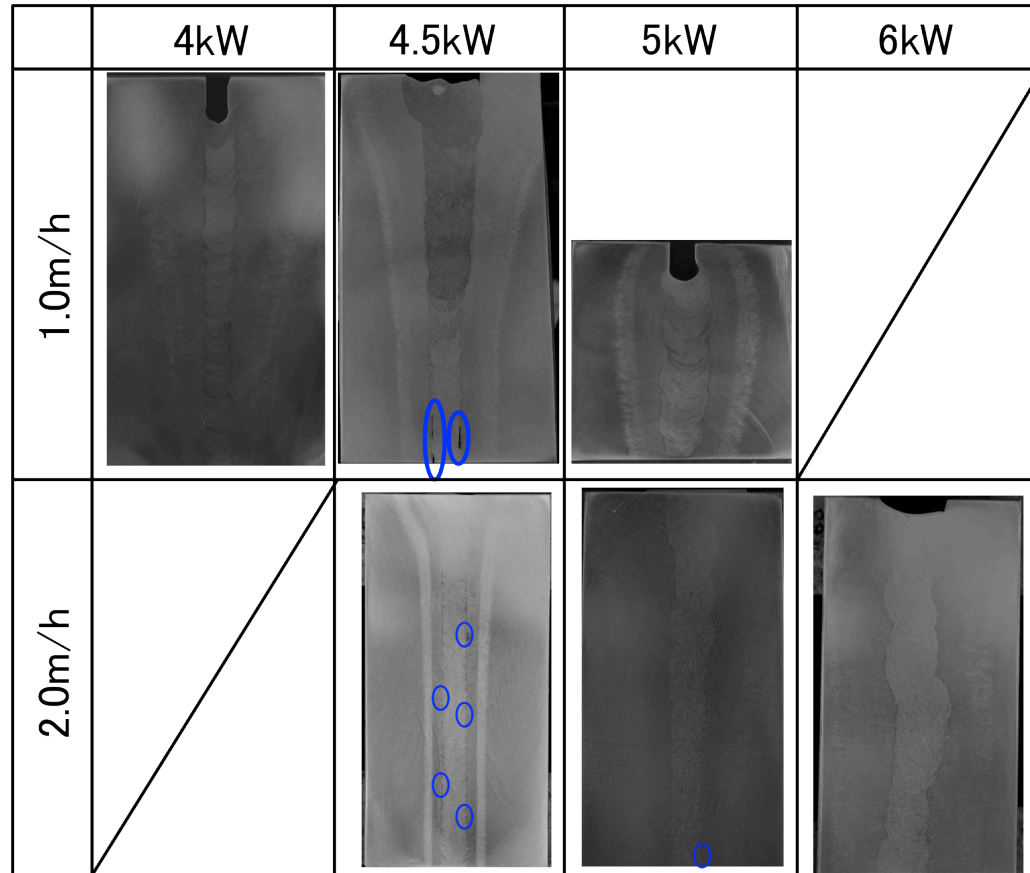


3Dスキャナを用いた
レーザービーム制御

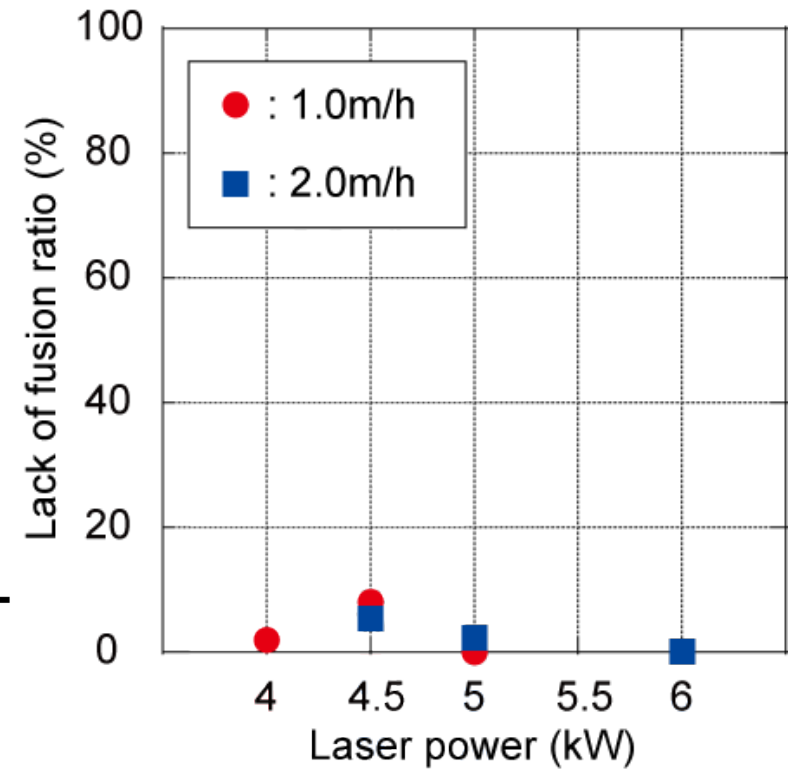
矩形光学レンズを用いた
レーザービーム制御



開先幅5mmでの実験結果



縦断面観察結果

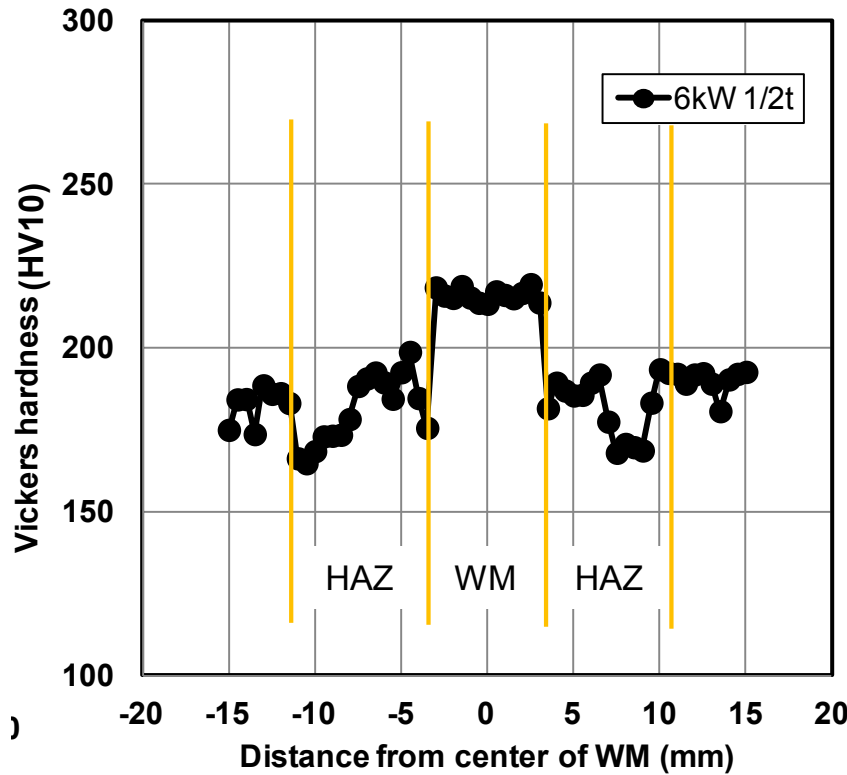


融合不良率

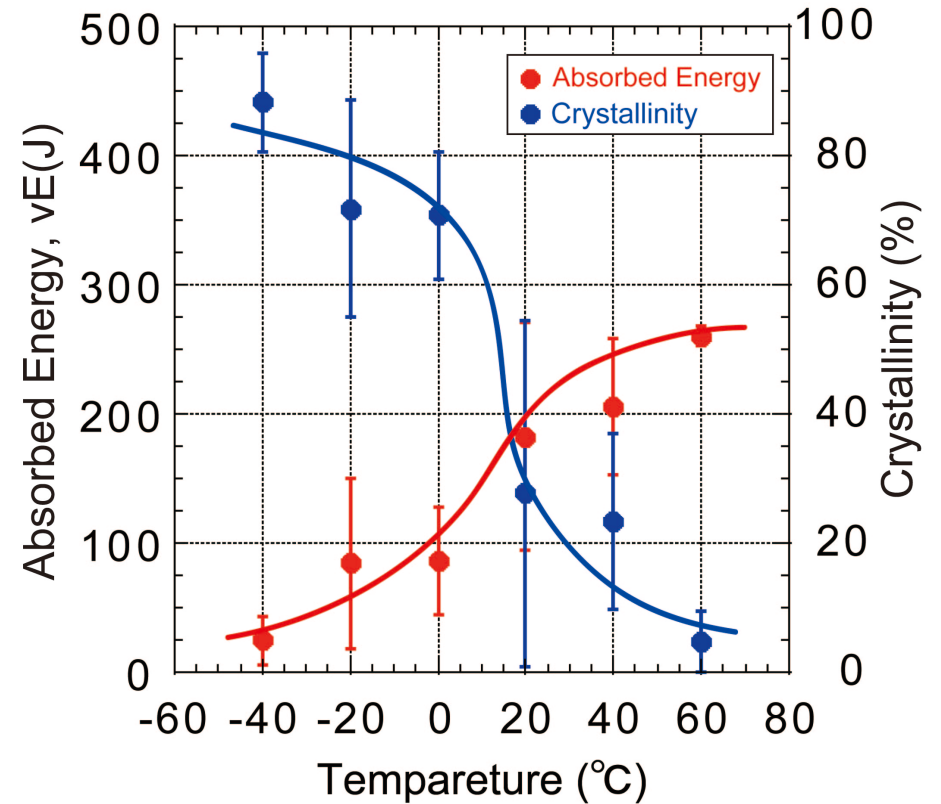
【供試材料】 EH47, YM-1N 【板厚】26mm 【レーザースポット】 矩形



開先幅5mmでの実験結果



ビッカース硬さ分布

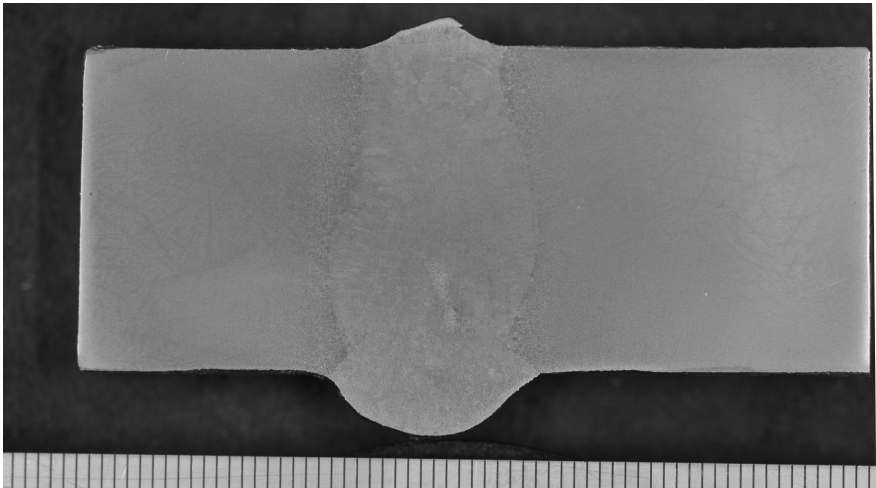
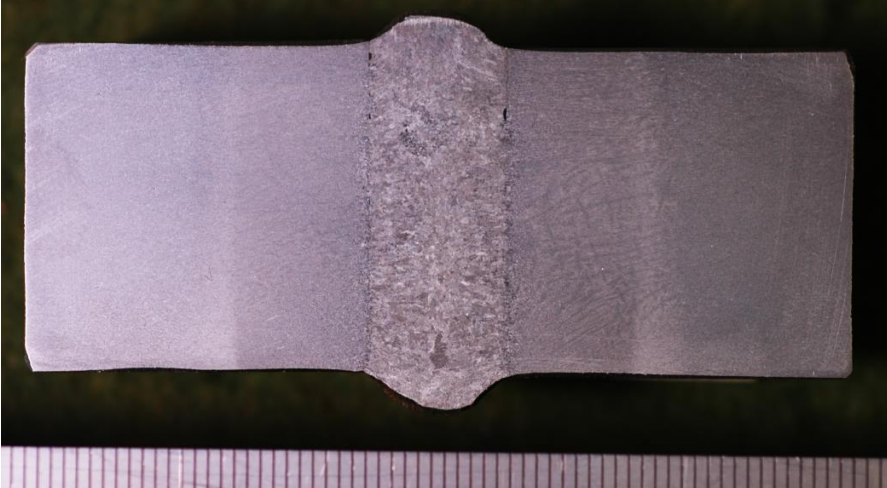


シャルピー衝撃試験結果

【供試材料】 EH47, YM-1N 【板厚】26mm 【レーザースポット】 矩形
【レーザー出力】 6kW 【溶接速度】 2m/h



開先幅10mmでの実験結果

Welding speed : 1 m/h	Welding speed : 2 m/h
	
<p>Joint fulfill : 100 % Lack of fusion : 0 % Penetration depth : 3.2 mm Dilution ratio : 26 %</p>	<p>Joint fulfill : 100 % Lack of fusion : 22 % Penetration depth : 0.6 mm Dilution ratio : 6 %</p>

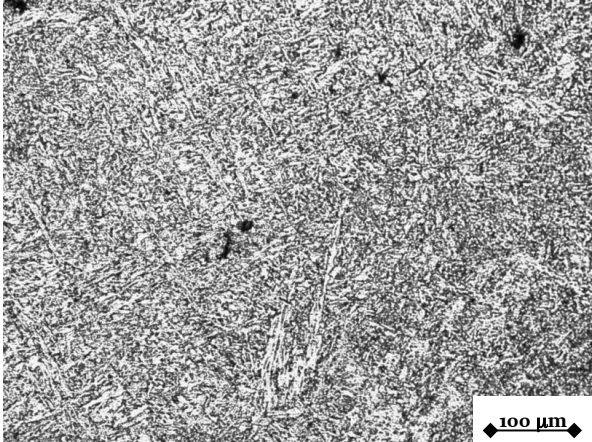
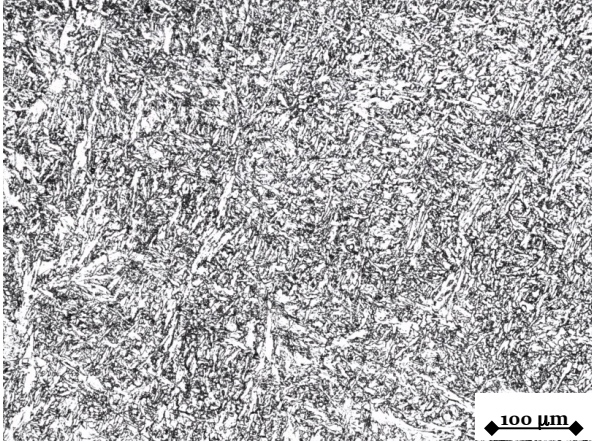
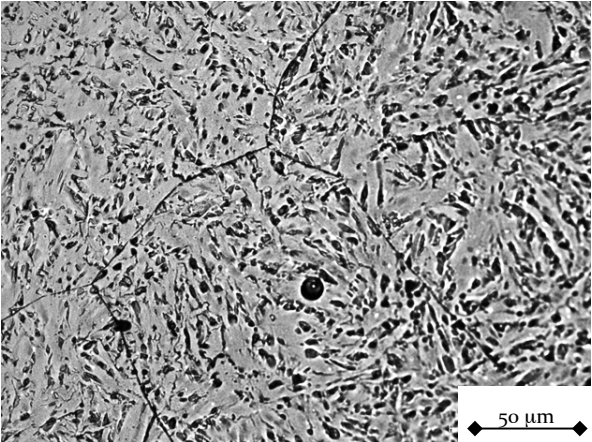
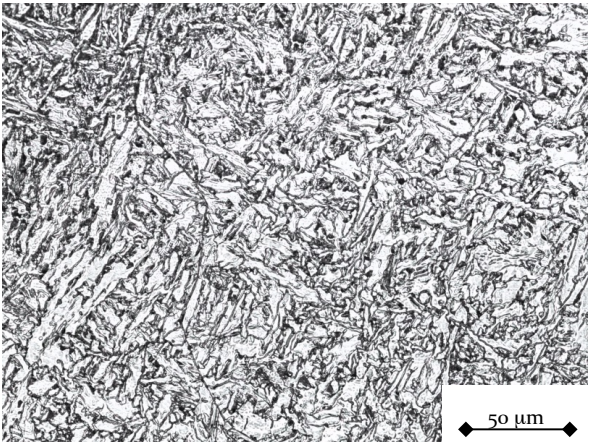
【供試材料】 EH47, YM-1N 【板厚】26mm 【レーザスポット】 矩形
【レーザ出力】 6kW 【ウィービング】 有



Hiroshima University

開先幅10mmでの実験結果 (溶接金属ミクロ組織)

Graduate School of Engineering

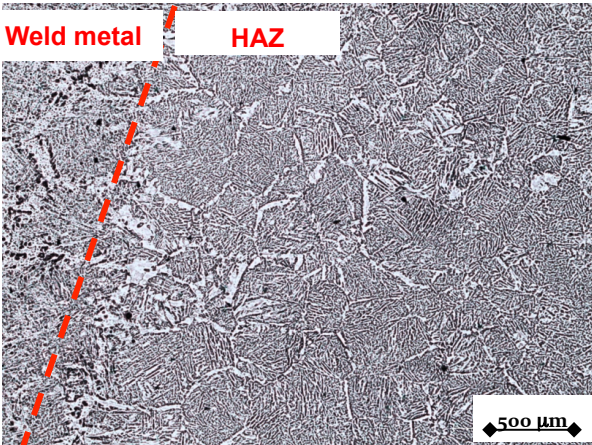
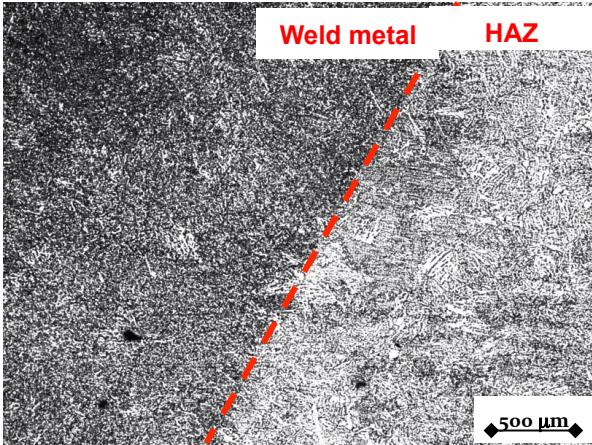
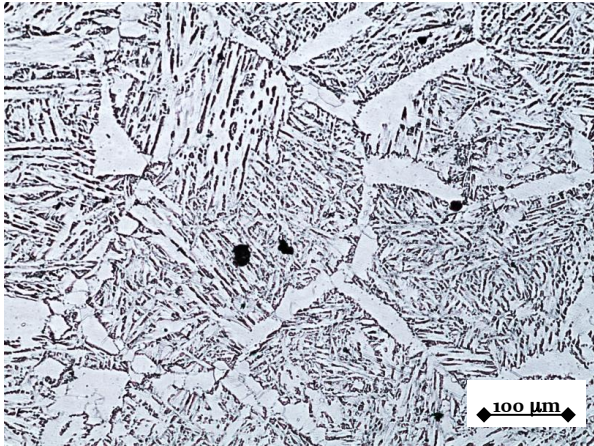
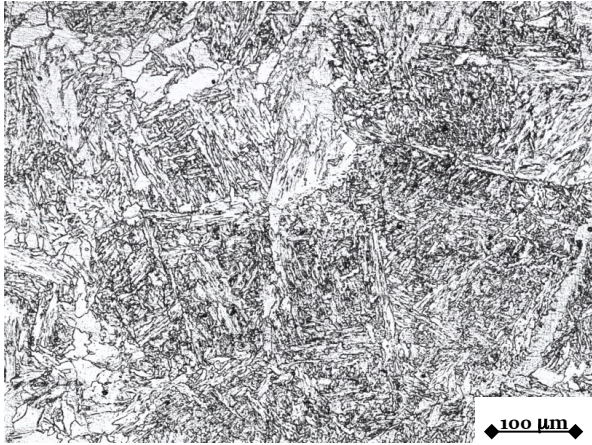
Investigated zone	Stationary laser beam 6 kW Welding speed 0.25 --> 1.0 m/h	Weaving laser beam 6 kW Welding speed 1.0 m/hour
Weld metal (x 200)		
Weld metal (x 500)		



Hiroshima University

開先幅10mmでの実験結果 (溶融境界ミクロ組織)

Graduate School of Engineering

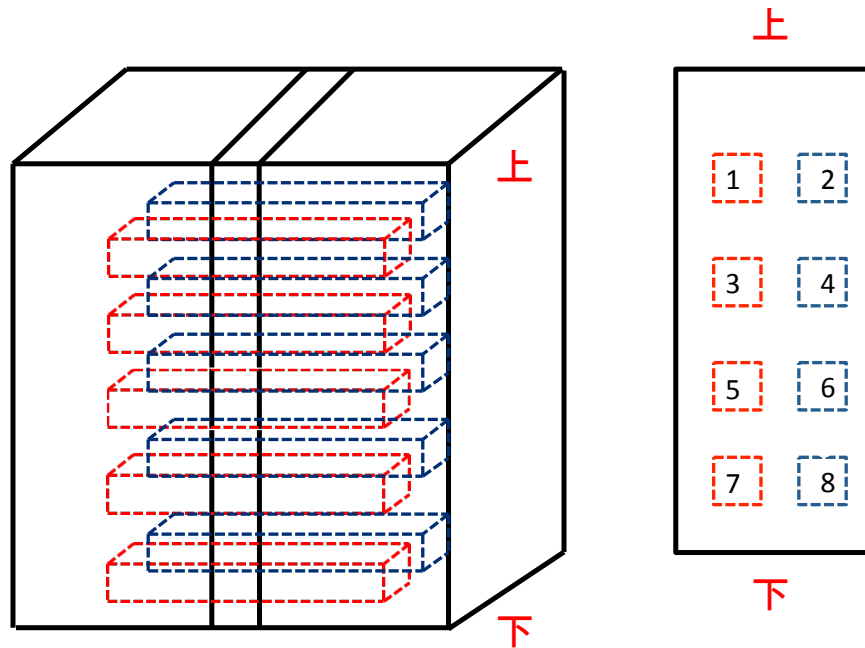
Investigated zone	Stationary laser beam 6 kW Welding speed 0.25 --> 1.0 m/h	Weaving laser beam 6 kW Welding speed 1.0 m/hour
Fusion boundary (x 50)		
Fusion boundary (x 200)		



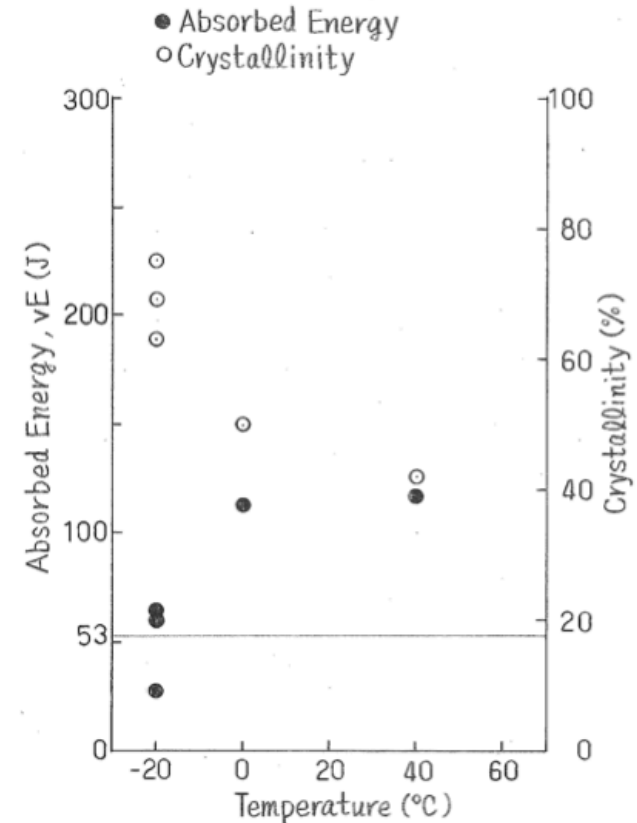
Hiroshima University

開先幅10mmでの実験結果 (シャルピー衝撃試験結果)

Graduate School of Engineering



試験片採取位置



シャルピー衝撃試験結果

【供試材料】 EH47, YM-1N 【板厚】26mm 【レーザスポット】 矩形
【レーザ出力】 6kW 【溶接速度】 1m/h 【ウィービング】有



まとめ

レーザ熱源とホットワイヤ法とを組み合わせた，低入熱極厚鋼板立向き溶接技術の開発を目指して種々検討し，概略以下の結果を得ることができた．

- ✓ 3Dスキャナヘッド，矩形光学系レンズによるビーム成形，ウィービングヘッドなどを用いたレーザビーム制御法を提案し，開先幅5～10mmの厚板鋼板立向き溶接用熱源としてレーザが適用可能であることを明らかにした．
- ✓ ホットワイヤ法を上記レーザ熱源と効果的に組み合わせることで，低入熱かつ高能率な厚鋼板立向き溶接が可能になることを明らかにした．
- ✓ 上記ホットワイヤ・レーザ溶接法を適用することで，厚鋼板立向き溶接時の低入熱化，開先裕度の向上，組織微細化などの実現が可能になる．
- ✓ 提案するホットワイヤ・レーザ溶接法は，一般的なレーザ溶接およびレーザアークハイブリッド溶接で問題となっている，開先裕度，極厚鋼板への適用性，溶接金属特性制御，レーザ発振器出力増大に伴うコストの増加などを，大幅に改善できる．



Hiroshima University
Graduate School of Engineering

Thank you for your attention!



本研究開発は、学校法人長崎総合科学大学，三菱重工業株式会社，新日鐵住金株式会社，パブ日立工業株式会社，一般財団法人日本海事協会との共同研究体制により実施すると共に，同協会の「業界要望による共同研究スキーム」による支援を受けて実施しました。