

ЛАЗЕРНО-ХИБРИДНО ЗАВАРЯВАНЕ В КОРАБОСТРОЕНЕТО

Пламен Ташев, Стефан Христов, Петър Вълчанов, Кристина Мачикова

weld@abv.bg s.hristov@me.com petar.valchanov@gmail.com krisikn@mail.bg

Институт по металознание, съоръжения и технологии “Акад. Ангел Балеvски” с център по хидроаеродинамика – БАН, бул. “Шипченски проход” 63, София 1574, БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: заваряване, лазер, лазерно-хибридно заваряване, корабостроене.

Резюме: Лазерно-лъчевите технологии навлизат все повече в индустрията. Компактните и здрави лазерни инсталации правят възможни изцяло нови приложения благодарения на лесното транспортиране на лазерния лъч до мястото на заваряване. За да посрещне нуждите на корабостроенето лазерната технология се съчетава с конвенционални заваръчни методи (например МИГ/МАГ), като по този начин се комбинират предимствата на двата метода и се постига по-добро качество на шева и многократно по-голяма производителност.

1. Въведение

Корабостроенето, като един от клоновете на индустрията с голяма интензивност на заваръчни работи, от години полага усилия да намали производствените разходи, като същевременно се увеличи качеството на заварените съединения, които са жизнено важни за подложената на корозивно влияние на морската вода и на сериозните напрежения от пренасяните товари и действието на вълните корабна конструкция. В момента в корабостроенето се използват главно полуавтоматично CO₂ и подфлюсово заваряване, но през последните години се разработват и реализират високопроизводителни заваръчни процеси с цел повишаване на ефективността и качеството на заваръчните работи. Такава е лазерно-лъчевата технология, която се използва в комбинация с конвенционалните заваръчни методи, за да се постигне лазерно-хибридно заваряване. Този нов метод вече се използва в корабостроенето и чрез него се постига висококачествен заваръчен процес, като благодарение на сравнително малката внесена топлина се избягват термичните деформации и с това допълнителните разходи за последваща обработка като изправяне и напасване на детайлите.

2. Развитие на твърдотелните лазери и употребата им в индустрията

Твърдотелните лазери се въвеждат в индустриалното производство още в началото на 70-те години на миналия век. Едно от първите им приложения е автоматизираното заваряване на спирални пружини за часовници. След това се развива заваряването на елементи по кинескопите на телевизорите, което довежда до революция в индустриалното серийно производство и се налага по целия свят. Днес съществува голямо разнообразие от твърдотелни лазери. Това разнообразие ги превръща в универсални инструменти. Те могат да режат, заваряват, спояват, пробиват и надписват.

Nd:YAG лазерът (итриево алуминиев гранат, активиран с неодим; Nd:Y₃Al₅O₁₂) спомага за пробива на твърдотелните лазери в индустрията и днес е станал синоним на твърдотелния лазер [1]. Днес такива лазери се използват, както за финни обработки в микро

областта, така и за заваряване на корабни панели. Три са качествата, които характеризират тази лазерна технология – високата мощност на лазерния лъч, възможността за съхранение на енергия в активната среда и дължината на вълната от 1064-1070nm. Превръщането на Nd:YAG лазера в универсален инструмент става благодарение на преноса на лъча чрез оптични влакна, от които се изграждат специални LLK-кабели (Фиг. 1). Това позволява не само разделянето на самата лазерна инсталация от мястото за обработка, а и дава възможност лазерният лъч да се раздели чрез няколко оптични влакна и по този начин да се използва на няколко места едновременно или последователно чрез оптичен превключвател. Възможността за лесен пренос на лъча чрез оптични влакна, както и появата на нови високомощни Nd:YAG лазери, е предпоставка за все по-честото им използване и предпочитани пред CO₂ лазерите, които доминират в рязането и заваряването на материали с големи дебелини. Това превръща Nd:YAG лазерите в перфектните мобилни заваръчни устройства.



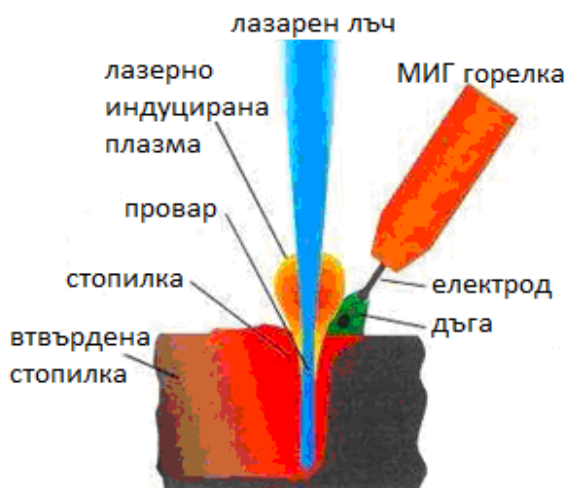
Фиг. 1 – LLK-кабел (Laser Light Cable) със съединителен елемент на фирмата HIGHYAG Lasertechnologie

Голям проблем при използването на лазерната технология за заваряване се оказва изключителната ѝ чувствителност към точното позициониране на детайлите, които ще се заваряват. Минимални размествания и увеличаване на хлабината между детайлите водят до влошаване на качеството на заваръчния шев. Изследванията показват, че решението на този проблем е чрез използването на комбинация от лазерната технология и конвенционалните електродръгови методи. Така се развива лазерно-хибридно заваряване, чрез което се постигат по-добри качества на шева, по-високи заваръчни скорости, по-малки деформации и се намалява разхода на добавъчни материали. Същевременно се редуцират емисиите на вредни газове и UV-излъчването, като по този начин се покриват високите екологични норми и се създава по-безопасна и удобна работна среда [2].

3. Лазерно-хибридно заваряване за целите на корабостроенето

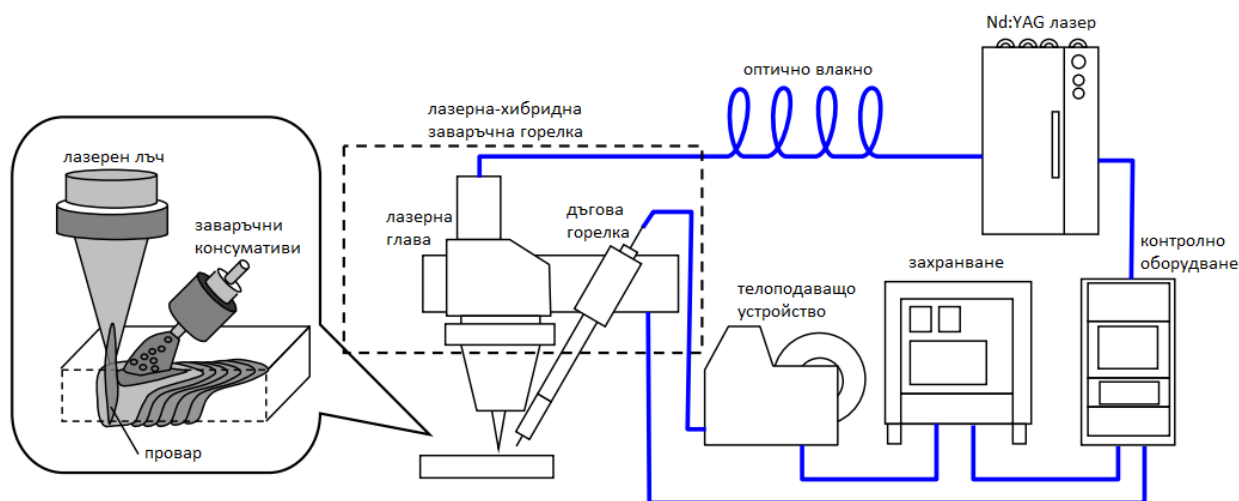
За лазерно-хибридно заваряване са възможни различни комбинации от лазер и конвенционалните заваръчни методи. Една от най-използваните комбинации е тази между лазер и заваряване в защитна газова среда (МИГ/МАГ). Чрез лазера се постига дълбок провар, малко количество внесена топлина и малка зона на термично влияние. Добавянето на МИГ/МАГ заваръчен метод значително разширява допустимите отклонения в позиционирането на детайлите, хлабината, условията на повърхността и възможните замърсявания, подобрява запълването на заваръчния шев и неговите качества. На Фиг. 2 схематично е представен работният принцип на лазерното-МИГ/МАГ-хибридно заваряване. МИГ/МАГ горелката е позиционирана зад лазерната глава [3]. В процеса на заваряване лазерният лъч първо разрушава оксидния слой на повърхността, като по този начин в някои случаи може да се избегне допълнителната обработка на ръбовете за МИГ/МАГ заваряването. По време на процеса се получава лазерно индуцирана плазма, която е високо йонизирана. Тя е предпоставка за запалването и стабилността на дъгата на МИГ/МАГ горелката. Използва се Nd:YAG лазер, защото плазмата не абсорбира много от лазерната енергия. Повечето от енергията достига метала и така се използва ефективно за заваряване. Съвсем различен е случаят при CO₂ лазерите – енергията им се абсорбира силно от плазмата

и за това трябва да се увеличи разстоянието между лазерния лъч и МИГ/МАГ горелката, но по този начин комбинираният ефект от двата метода е значително по-слаб.



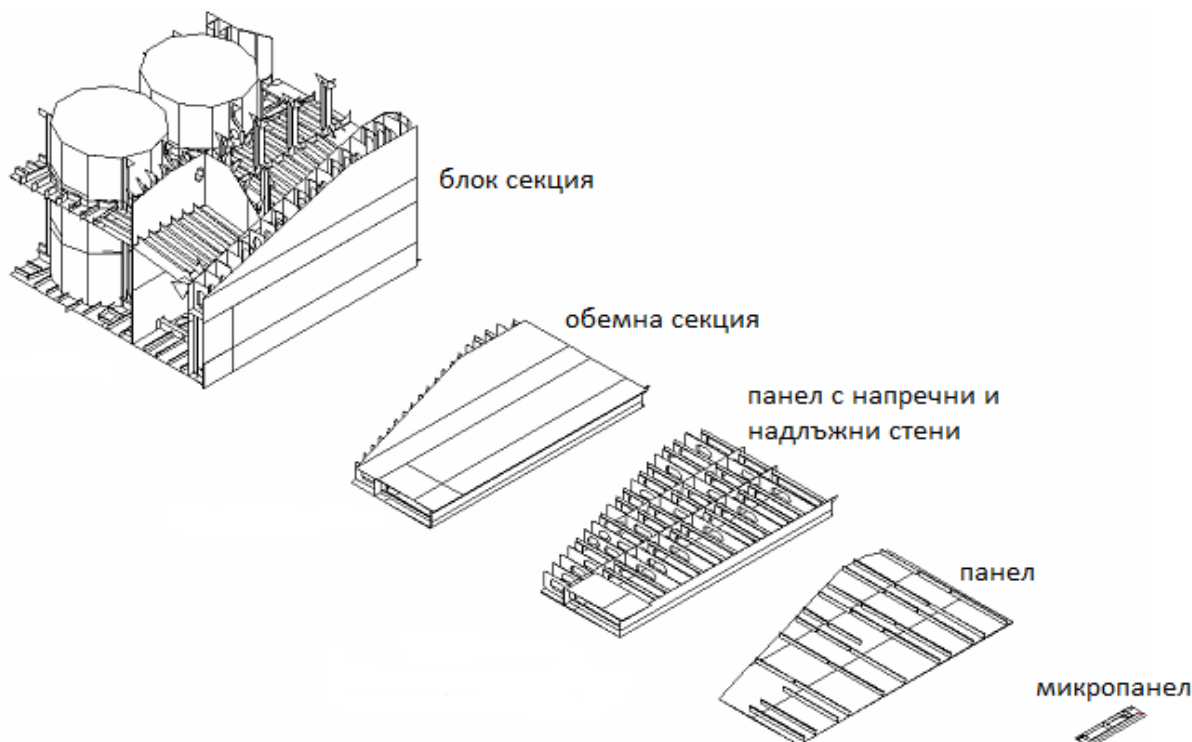
Фиг. 2 – Лазерното-хибридно заваряване комбинира елементите на МИГ/МАГ и лазерно заваряване

Благодарение на оптичните влакна самият Nd:YAG лазер е отдалечен от мястото на заваряване, като по този начин е защитен и същевременно улеснява заваръчните работи. Цялата инсталация се допълва от теплоподаващо устройство, захранване и контролно оборудване (Фигура 3).



Фиг. 3 – Принципна схема на лазерна-хибридна инсталация

Предварителният монтаж при корабостроенето се осъществява чрез изготвянето на панели и микропанели в производствените линии [4]. Фиг. 4 показва принципа на монтажните работи от микропанелите до блок секциите. Трудностите при реализацията на лазерното-хибридно заваряване идват при монтажа на обемните секции и блок секциите, но благодарение на съвременните технологии вече и това е възможно. На Фиг. 5 е представена вече реализирана от Ingenieurtechnik und Maschinenbau GmbH автоматична линия за заваряване и монтаж на панели.



Фиг. 4 – Принципна схема на монтажните работи в корабостроенето



Фиг. 5 – автоматична лазерно-хибридна заваръчна и монтажна линия на фирмата **Ingenieurtechnik und Maschinenbau GmbH**

За въвеждането на лазерно-хибридно заваряване в корабостроенето не са достатъчни предимствата на лазерно-лъчевата технология. Важно е при преоборудването на корабостроителниците да се запазят и използват вече съществуващите заваръчни портали, подемни и транспортни инсталции, като по този начин разходите се запазят в разумни граници. Благодарение на съвременните твърдотелни лазери, които имат големи предимства пред CO_2 лазерите по отношение на мобилността, това е напълно възможно. Вече някои европейски корабостроителници в опита си да се преборят със силната конкуренция от югоизточна Азия въведоха лазерната-хибридна технология. Основните предимства на лазерното-хибридно заваряване чрез Nd:YAG лазер за целите на корабостроенето са:

- високата мощност
- КПД до 30% и повече

- високо качество на лъча
- почти никакви механични части и по този начин ниски ремонтни разходи и дълъг живот
- компактни размери
- малка собствена маса и голяма мобилност
- до 200m дължина на оптичните кабели и по този начин лесна употреба в производството
- лесна инсталация към вече съществуващи заваръчни портали

При производството на панели са възможни заваръчни шевове с дължини до 22m. Такива заваръчни шевове поставят значителни изисквания към заваръчната технология. При предварителната подготовка на големите корабни панели термичните деформации са на практика неизбежни. Дори и чрез използването на лазерно рязане, при което няма физически контакт с метала, са възможни термични деформации, особено когато става въпрос за панели с такива екстремни размери. Тук трябва да се отбележи, че деформации могат да се получат и при самия транспорт на панелите и дори при използването на максимално прецизна технология те винаги влияят на качествата на заваръчния шев. За да се избегне тяхното влияние се използват хидравлични преси, които притискат металните листове и по този начин се намаляват отклоненията в паралелността на листовите. Възможни са и решения с използването на силни магнитни полета, но те не са за предпочитане, защото могат да влязат в употреба и немагнитни метални листове. Хидравличното притискане обаче оказва значително влияние върху самия заваръчен портал и за да се запази точността на заваряване се използва сложна сензорна система, чрез която се изравняват деформациите на портала. Тук може да се използва и предимството на Nd:YAG лазера за лесно разделяне на лазерния лъч чрез LLK-кабел и да се извърши двустранен лазерно-хибриден заваръчен процес. Изследванията показват, че двустранното Nd:YAG-лазерно-хибридно заваряване многократно превъзхожда заваряването с CO₂ лазер.



Фиг.6 - Nd:YAG лазер с мощност 10kW

4. Допълнителни мерки за защита

При инсталацията на лазерни устройства за целите на корабостроенето трябва да се вземат в предвид специфичните условия на работа. Трябва да се помисли за пълното капсулиране на лазерния източник, за да се предпази от напращане и замърсяване, които са неизбежни в корабостроителниците. Същевременно трябва да се предвиди температурна стабилност и да се избегне кондензация на водни пари, като за тези цели е необходимо да се използва допълнително отопление в защитния контейнер на лазера. То може да се окаже особено важно през зимните месеци, когато при нужда от широко отваряне на вратите на корабостроителното хале температурата може да спадне изключително бързо. Поради

липсата на механични части в лазерния източник в повечето случаи не е нужна защита от вибрации.

5. Заключение

Прогнозите за развитие на лазерните технологии в индустрията са много добри и за това има множество причини, като например намаляващите инвестиционни разходи за ват лазерна мощност или нарастващият КПД. Вече се предлагат разнообразни лазерни технологии, които се отличават със своите качества като дължина на вълната или мощност. За много приложения вече съществува подходящият лазер или лесно може да се пригоди вече съществуващ лазер. Сигурните и надежни лазерни инсталации задоволяват изцяло нуждите на клиентите.

Лазерните-хибридни заваръчни методи подобряват значително качествата, намаляват производствените времена и разходи. Лазерната-хибридна технология има потенциал драматично да промени познатите ни производствени методи. Корабостроителниците инвестирани в лазерно-хибридно заваряване вече имат големи предимства пред конкурентите си и скоро ще налагат стандартите в съвременното корабостроене.

Литература

- [1] Stab, Faser und Scheibe – Die Geschichte des Festkörperlaser, LASER MAGAZIN 1/2010
- [2] F. ROLAND, G. PETHAN, A. DOMINGUEZ, U. JASNAU. Mobile Laseranwendungen im Schiffbau – von der Vision zur Realisierung. DVS-Berichte Band 240 (ISBN-13: 978-3-87155-699-9)
- [3] U. JASNAU, J. HOFFMAN, P. SEYFFRATH. Nd:YAG-Laser-MSG-Hybridschweißen von Aluminiumlegierungen im Schiffbau. DVS-Berichte Band 225 (ISBN 3-87155-683-1)
- [4] PETER SEYFFARTH. Erfahrungen des Werftausrüsters IMG bei der Einsatzvorbereitung von Lasertechnologien für den Schiffbau. Ingenieurtechnik und Maschinenbau GmbH, Rostock. 5. Laser-Anwenderforum, Bremen 13./14.09.2006