



TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA
ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ



FACULTY OF MACHINE TECHNOLOGY
МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ

XXVI INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

65 YEARS

FACULTY OF MACHINE TECHNOLOGY

**100 BIRTH ANNIVERSARY OF
ACAD. ANGEL BALEVSKI**

PROCEEDINGS

XXVI МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ

65 ГОДИНИ

МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ

**100 ГОДИНИ ОТ РОЖДЕНИЕТО НА
АКАД. АНГЕЛ БАЛЕВСКИ**

СБОРНИК ДОКЛАДИ

13-16 SEPTEMBER, 2010
SOZOPOL, BULGARIA

13-16 СЕПТЕМВРИ, 2010
СОЗОПОЛ, БЪЛГАРИЯ

<http://mtf65.tu-sofia.bg>

СЪДЪРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНИ ДОКЛАДИ	19
<i>Димитър БУЧКОВ</i>	
Слово за личността и човека Ангел Балевски	21
<i>Jivka OVTCHAROVA</i>	
A Systematic Approach towards Virtual Engineering	25
<i>Stefan DIMOV</i>	
Micro And Nano Manufacturing: Challenges and Opportunities	33
<i>Йовка ДРАГИЕВА</i>	
Наноразмерно състояние – единство на живата и нежива материя	34
МАТЕРИАЛОЗНАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ НА МЕТАЛИТЕ	35
<i>Александър ЖЕЛЕВ, Георги САЕВ</i>	
Относно концепцията на приложните хармонизирани стандарти за осигуряване на качеството на заварените конструкции - I част: Категоризиране на заварените съединения/конструкции	37
<i>Александър ЖЕЛЕВ, Георги САЕВ</i>	
Относно концепцията на приложните хармонизирани стандарти за осигуряване на качеството на заварените конструкции - II част: Изисквания и доказване на съответствието	45
<i>M. KIRCHGABNER, Ivan MARKOVSKI</i>	
Innovative Wearfacing Solutions as Part of Comprehensive Maintenance Concepts	58
<i>Теофил ЯМБОЛИЕВ, Димитър ДИМИТРОВ</i>	
Влияние на честотата на тока върху свойствата на съединението при импулсно ВИГ заваряване	66
<i>Серафим СЕРАФИМОВ, Красимир ТОДОРОВ, Румяна БАРЪМОВА</i>	
Оптимизиране на технологичните процеси при фабрикация и монтаж на резервоари в петролни терминали	72

<i>Пламен ТАШЕВ, Стефан ХРИСТОВ, Николай АЛЕКСИЕВ</i>	
Оценяване склонността към образуване на студени пукнатини при заваряване на кръгови шевове с малък диаметър	77
<i>Манахил ТОНГОВ</i>	
Хибридни методи на заваряване (обзор)	82
<i>Жулиета КАЛЕЙЧЕВА, Валентин МИШЕВ</i>	
Моделиране на количеството остатъчен аустенит в изотермично закалени високояки чугуни чрез изкуствени невронни мрежи	87
<i>Ангел ЗЮМБИЛЕВ, Илия ЗЮМБИЛЕВ</i>	
Относно влиянието на карбонитрирането в нискотемпературна плазма върху остатъчните напрежения	93
<i>Петър ДАСКАЛОВ, Румен МИТЕВ</i>	
Количествен металографски анализ с програмата "Matlab"	99
<i>Lyuben LAKOV, Krasimira TONCHEVA, Stanislav ASENOV, Valentin PETROV</i>	
Construction Solutions for Building Macro Dispersion Protection Modules	104
<i>Krasimira Toncheva, Lyuben Lakov, Iliia CHORBOV</i>	
Construction of Foam Glass Production Installation Model in Compliance with Patent № 65718/24.11.2004	108
<i>Роберт КАЗАНДЖИЕВ</i>	
Допустими режими на валцуване в многоклетков прокатен стан	114
<i>Тодор ПЕНЧЕВ, Иван АЛТЪПАРМАКОВ, Валентин КАМБУРОВ, Йордан ГЕНОВ</i>	
Методика и стенд за изследване на ефекта „комбиниран удар“ при пластична деформация	123
<i>Петър БОДУРОВ, Николай КЕМИЛЕВ, Тодор ПЕНЧЕВ</i>	
Изследване влиянието на формата на мелещи тела за топкова мелница върху твърдостта им след закаляване	129

HYBRID WELDING (REVIEW)

Manachil TONGOV

Abstract: A short review on hybrid welding methods.

Key Words: hybrid welding.

ХИБРИДНИ МЕТОДИ НА ЗАВАРЯВАНЕ (ОБЗОР)

Манахил ТОНГОВ

Резюме: Направен е кратък обзор на хибридните методи на заваряване.

Ключови думи: заваряване хибридни методи.

Хибридното заваряване предполага комбинирането на два различни заваръчни технологични процеса в един с цел използване предимствата на всеки един от тях и по възможност премахване или намаляване на недостатъците на всеки един от тях. В настоящият момент в различна степен на използване и изследване се намират няколко основни комбинации, като всяка от тях има повече или по-малко специфични приложения: МИГ/МАГ + ВИГ; МИГ/МАГ + ПЗ (плазмено заваряване); МИГ/МАГ + ЛЗ (лазерно заваряване); ВИГ + ЛЗ; УЗ (ултразвуково заваряване) + ЗТ (заваряване чрез триене. Прави впечатление, че се развиват предимно процесите на заваряване чрез стопяване. Най-много публикации са посветени на комбинацията МИГ/МАГ + ЛЗ. Основната причина за това е, че този процес се очертава като най-гъвкав и с най-ярко изразено повишаване на скоростта на заваряване.

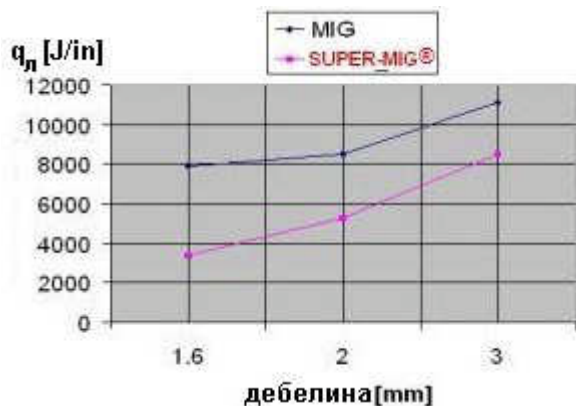
МИГ/МАГ + ПЗ. Процесът е илюстриран на фиг. 1 [1]. Той е разработен главно за заваряване на алуминиеви сплави, но намира приложение и в други случаи. Характеризира се с по-голяма проваряваща способност от стандартният МИГ/МАГ процес. Използва се в автомобилостроенето, тъй като е подходящ и при съединения с преогънати краища. Фирмата Plasma Laser Technologies го използва под търговската марка Super-MIG® [2].



Фиг. 1

На фиг. 2 е сравнена линейната енергия на заваряване на хибридната и стандартната технология. Вижда се, че при използването на хибридната технология линейната енергия е значително по-малка, което означава и много по-малка ЗТВ както и по-ниско ниво на заваръчните деформации. От гледна точка на проваряваща способност и производителност процесът е способен да конкурира стандартното подфлюсово заваряване.

МИГ/МАГ + ВИГ. Процесът е илюстриран на фиг. 3. Характерното за този процес е, че той не се осъществява с една горелка [3], но се реализира в обща ванна и обединена газова защита. Процесът има предимствата на високата производителност на МИГ/МАГ технологията и високата стабилност на провара, характерна за ВИГ процеса. Този хибриден процес изглежда като естествено развитие на ВИГ заваряването с ДГТ.

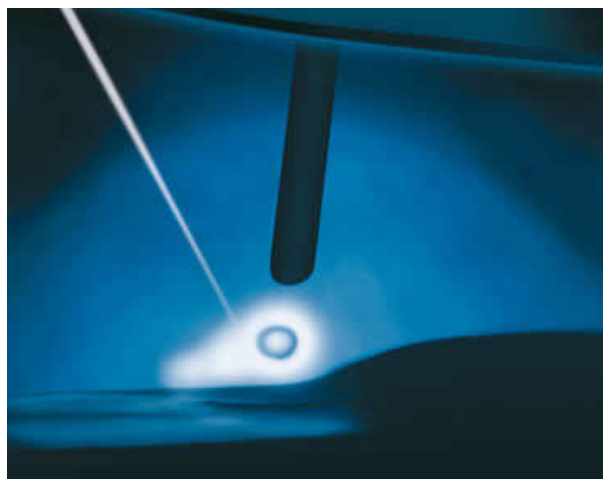


Фиг. 2



Фиг. 3

МИГ/МАГ + ЛЗ (фиг. 4). Това е най-разпространеният и най-дълбоко изследван процес на хибридно заваряване. Използва се високата концентрация на топлинния източник на лазерния лъч и високата производителност на стопяване на МИГ/МАГ процеса. Хибридният процес има две основни схеми на реализиране в зависимост от относителното разположение на лазерния лъч и горелката за МИГ/МАГ заваряване (фиг. 5) [7]. По време на заваряването се образува дълбок кратер и специфична форма на заваръчната ванна. Скоростта на заваряване е значително по-висока (до 5 m/min [5]) от тази при стандартния МИГ/МАГ процес.



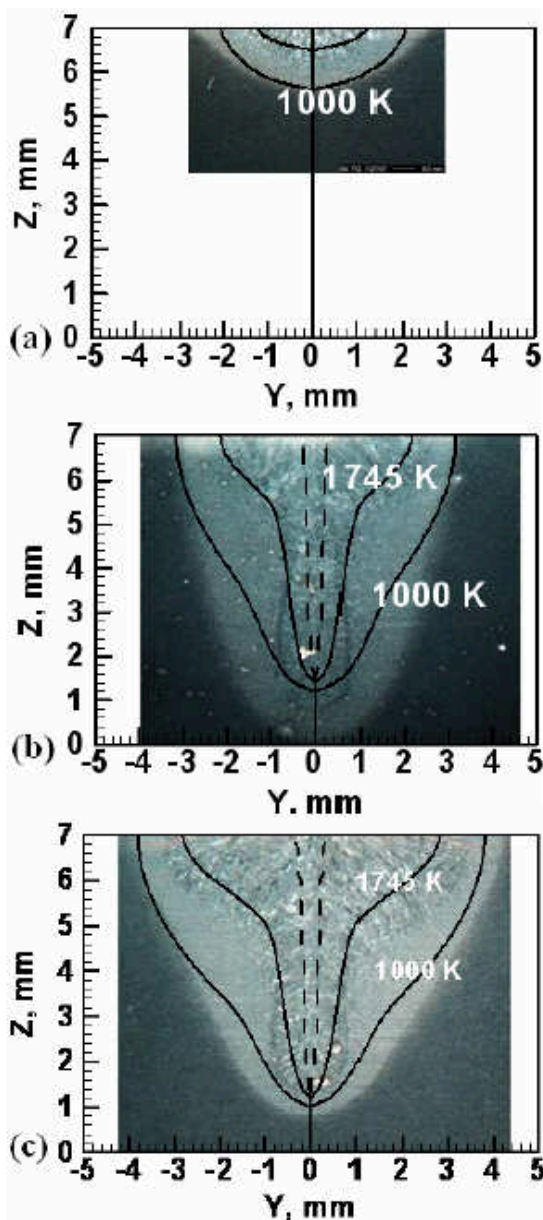
Фиг. 4



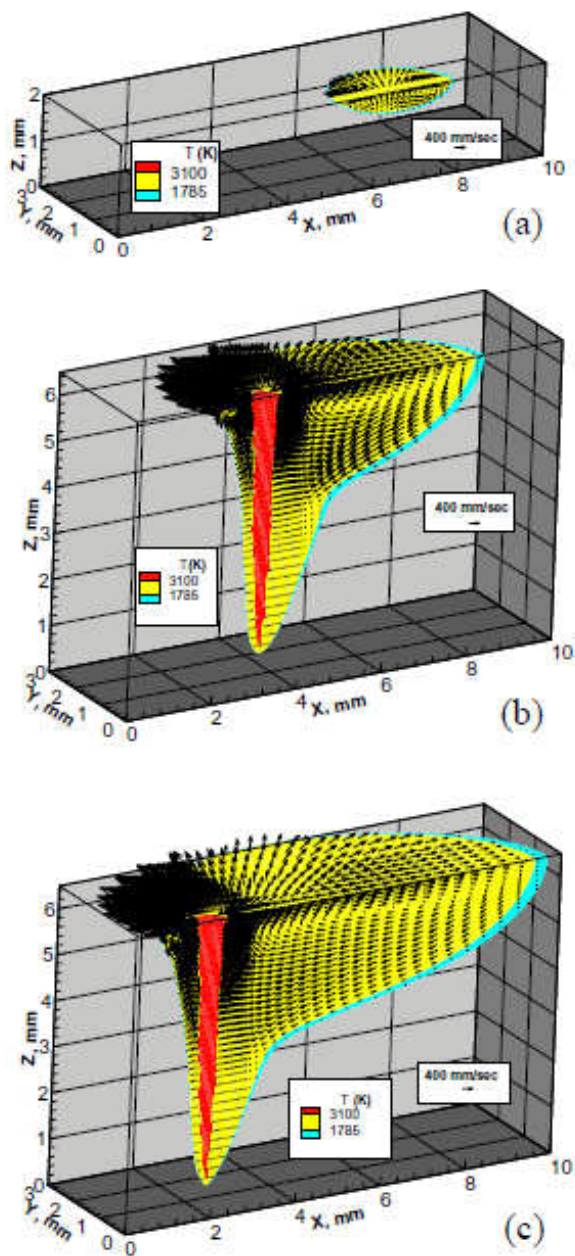
Фиг. 5

На фиг. 6 и фиг. 7 [4] (а – ВИГ, b – ЛЗ и с – хибридно заваряване) показан резултат от симулиране на процеса по МКЕ, където добре се вижда съчетаването на предимствата на двете технологии. Илюстрирани са температурното поле и полето на скоростите на течната фаза в заваръчната ванна. Тук фактически е моделиран процес без допълнителен метал (ВИГ), но достатъчно добре се описва формата на ваната както в напречно така и в надлъжно сечение.

При реализирането на процеса един от основните параметри е взаимното разположение на лазерния лъч и горелката (фиг. 8) [6]. В зависимост от това се получават както различни форми на провара така и различна структура. Значителен брой изследвания са посветени на определянето на оптималното разстояние между лъча и горелката и изводът е, че това разстояние зависи както от заваряваната дебелина така и от основния метал. Повечето от изследванията се провеждат върху високояки стомани.



Фиг. 6

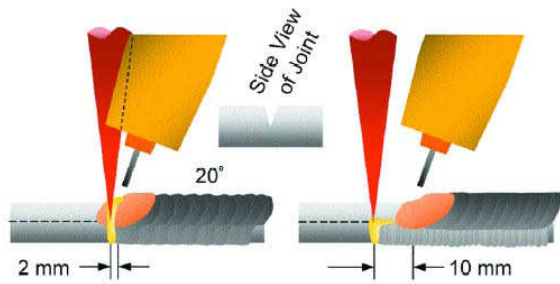


Фиг. 7

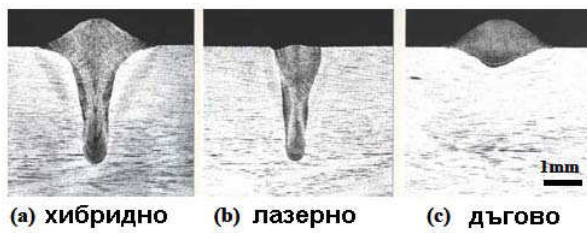
Формата на провара (фиг.9, [5]), съчетава характерните особености на лазерното и МИГ/МАГ заваряване. Вижда се значително по-голямата проваряваща способност, дължаща се на лазерния лъч и характерната за заваряването в защитно – газова среда изпъкналост на шева. Формирането на шева силно зависи от разстоянието между лазерния лъч и заваръчната дъга (фиг. 10) [6].

На фиг. 11 са сравнени формите на провара при хибридно заваряване и подфлюсово заваряване [6]. Тук ясно проличават предимствата на хибридният метод по отношение на разхода на метал и скосяването на краищата.

Високите скорости на заваряване и значително по-ниската линейна енергия водят до много по-малки деформации при заваряването [8]. Това е илюстрирано на фиг. 12.

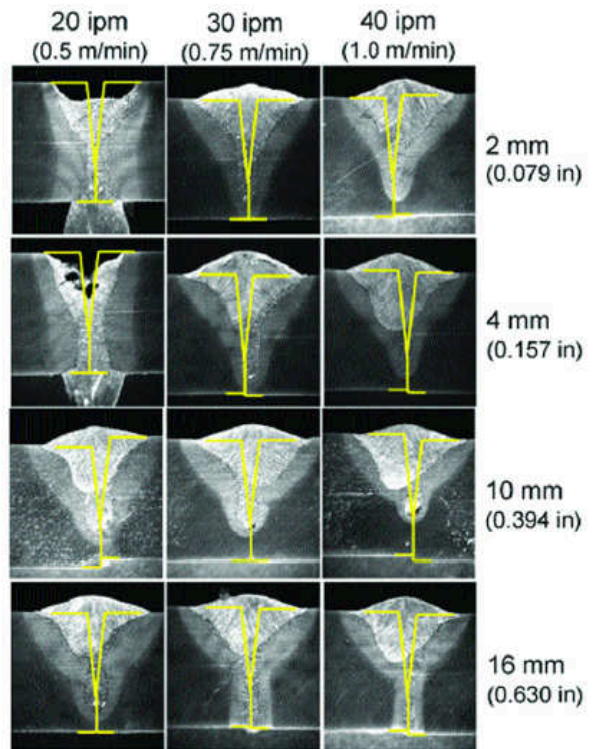


Фиг. 8



(a) хибридно (b) лазерно (c) дъгово

Фиг. 9



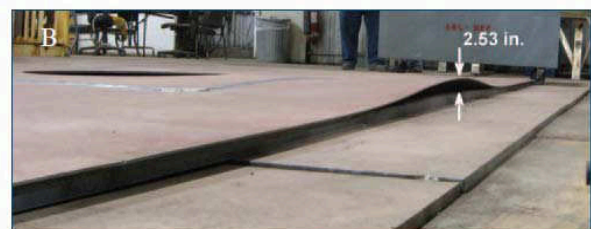
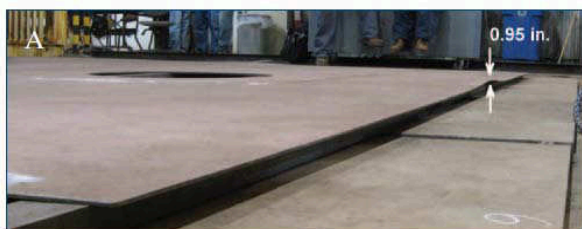
Фиг. 10

еднопроходно
хибридно

многопроходно
конвенционално



Фиг. 11



Фиг. 12

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитието на отделните технологични процеси доведе до създаването на хибридни такива. Независимо от огромния напредък, особено в лазерните хибридни процеси, за мащабното използване на новите технологии в индустрията са необходими изследвания, които да докажат както техните чисто технически така и икономически предимства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Asai S., T.Ogawa, Y.Ishizaki, T.Minemura, H.Minami and S.Miyazaki. *Application of Plasma-MIG Hybrid Welding to Dissimilar Joint between Copper and Steel*. - IIW Doc. No.XII-1972-09.
2. <http://www.plasma-laser.com/new/technologies.asp?catID=2&subCatID=1>.
3. Dykhno, I., R. Davis. *Joining GMAW and GTAW*, THE FABRICATOR, November, **2006**.
4. Ribic, B.D., R. Rai, T.A. Palmer, and T. DebRoy. *Arc-Laser Interactions and Heat Transfer and Fluid Flow in Hybrid Welding*. Trends in Welding Research, Proceedings of the 8th International Conference Stan A. David, Tarasankar DebRoy, John N. DuPont, Toshihiko Koseki, Herschel B. Smartt, editors, pp. 313-320.
5. Moriaki Ono, Yukio Shinbo, Akihide Yoshitake and Masanori Ohmura. *Development of Laser-arc Hybrid Welding*. Nkk Technical Review, No.86, **2002**, pp.8-12.
6. Reutzel, E. W., Michael J. Sullivan, and Darlene A. Mikesic. *Joining Pipe with the Hybrid Laser-GMAW Process: Weld Test Results and Cost Analysis*. Welding Journal, june **2006**, pp.66-71
7. Kah P., A. Salminen, J. Martikainen. *The effect of the relative location of laser beam with arc in different hybrid welding processes*. ISSN 1392 - 1207, Mechanika, Nr.3(83), **2010**, pp.68-74
8. KELLY, S. M., S. W. BROWN, J. F. TRESSLER, R. P. MARTUKANIITZ, AND M. J. LUDWIIG. *Using Hybrid Laser-Arc Welding to Reduce Distortion in Ship Panels*. Welding Journal, MARCH **2009**, pp.32-36.

КОРЕСПОНДЕНЦИЯ

доц. д-р Манахил ТОНГОВ
ТУ–София, катедра МТМ, МТФ
e-mail: tongov@dir.bg