

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE VIBRATION AMPLITUDE ON THE ELECTRICAL PARAMETERS DURING THE VIBRO-ARC WELDING OF CAST IRON DETAILS IN ARGON<sup>7</sup>

**Prof. Mitko Nikolov, DSc**

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

“Angel Kanchev”, University of Ruse

Tel.: +359 82 888 458

E-mail: mnikolov@uni-ruse.bg

**Abstract:** *The research was carried out on a vibrating arc device for welding in shielding gases "ENTON-60" with an axisless inertial vibrator. The following criteria were used to evaluate the progress of the electric arc process and the formation of the vibro-welded coatings: short-circuit voltage, voltage at the beginning of arc burning, magnitude of the short-circuit current and magnitude of the current at the end of arc burning. It has been established that the vibration amplitude has a significant effect on the vibro-arc process, as the minimum magnitude of the short-circuit current and the lowest voltage at the beginning of arc burning occurs at a vibration amplitude of 1 mm when welding with the low-carbon wire Sv 08G2C.*

**Keywords:** *vibrating arc welding in argon, vibration amplitude, electrical parameters*

### ВЪВЕДЕНИЕ

С вибродъгово наваряване в аргон могат да се възстановяват разнообразни детайли с малки и големи размери, с проста и сложна форма, с външни и вътрешни повърхности от различни метали и сплави. Аргонът защитава надеждно дъгата и навареният метал от въздействието на кислорода и азота на въздуха, като се избягват образуването на пори, окиси и нитриди, които повишават крехкостта на наварения слой върху чугунените детайли (Bekana D. 2020; Kangalov P. 2019; Kangalov P., D. Beleva, K. Dyakova-Dimitrova 2015; Nikolov M., I. Todorov, V. Stoyanov, J. Valchev, 2019).

Електрическите параметри (напрежение и големина на тока) на процеса на вибронаваряване имат съществено значение за пренасянето на разтопеният метал и формирането на възстановителното покритие.

Повишаването на електрическото напрежение води до увеличаване на дъговият промеждутък, времето за електродъговия цикъл, изгарянето на легиращите елементи и дефектите в наварения метал. Повишаването на големината на тока на късо съединение и особено скоростта на нарастване на тази големина води до увеличаване зоната на термическо влияние и разпръскването на електродния метал. Изменението на тези параметри в зависимост от амплитудата на вибрациите при вибродъгово наваряване на чугунени детайли в аргон не е достатъчно изследвано (Bekana D. 2020; Delikostov T., 2020; Kangalov P., D. Beleva, K. Dyakova-Dimitrova, 2015; Marinov S., O Alipiev, T Uzunov 2019).

Цел на изследването е установяване влиянието на амплитудата на вибрациите върху електрическите параметри при вибродъгово наваряване на чугунени детайли в аргон.

Обект на изследването са възстановяваните чугунени детайли от автотракторната и земеделска техника, а предмет на изследването е процеса за получаване на вибронаварени покрития върху чугунени детайли в аргон.

<sup>7</sup> Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Ремонт и надеждност“ на 27 октомври 2023 г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА АМПЛИТУДАТА НА ВИБРАЦИИТЕ ВЪРХУ ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ ВИБРОДЪГОВО ЗАВАРЯВАНЕ НА ЧУГУНЕНИ ДЕТАЙЛИ В АРГОН

## ИЗЛОЖЕНИЕ

В качеството на критерии за оценка на протичането на процесите на вибронаваряването в аргон и изходни параметри на модела за изследване са приети (Marinov S., O Alipiev, T Uzunov 2019).

- векторът на параметрите на електрическото напрежение (напрежение на късо съединение, напрежение в началото на горене на дъгата);
- векторът на параметрите на големината на тока (големина на тока на късото съединение и големина на тока в края на горене на дъгата).

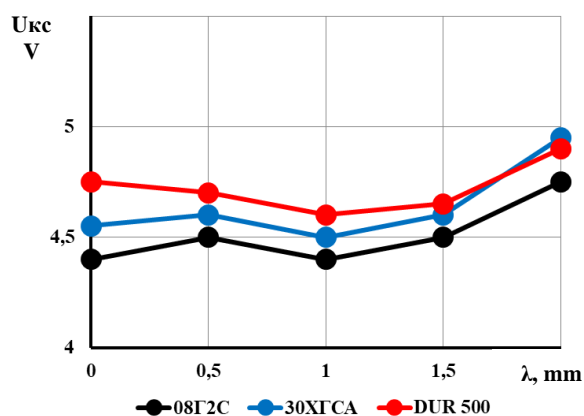
За входен фактор на модела за изследване е избрана - амплитудата на вибрациите на електродния тел.

Изследването е проведено на вибродъгова уредба за наваряване в защитни газове "ЕНТОН-60" с осов безинерционен вибратор. Аргона се подава в дюзата на вибродъговият апарат под налягане от бутилка посредством стандартна газова апаратура.

За наваряване се използваха експериментални модели, изработени от сив чугун EN-GJL 200 с диаметър 50 mm и дължина 250 mm, които съответстват на модалните стойности от статистическото изследване на конструктивно-технологическите характеристики на детайлите от автотракторната и земеделска техника (Marinov S., O Alipiev, T Uzunov 2019; Nikolov, M. 2015; Nikolov, M. 2019; Nikolov M., 2021).

Наваряването се извърши с ниско, средно и високо въглеродни телове (Св 08Г2С, Нп 30ХГСА и DUR 500) с диаметър 1,6 mm при следния режим: работно електрическо напрежение 20V, големина на електрическия ток 150-180A; скорост на наваряване 1,26 m/min; скорост на подаване на електродния тел 2,3 m/min; стъпка на наваряване 3mm/tr; излаз на електродния тел 15 mm; честота на вибрациите 46,7 Hz и разход на защитен газ 15 l/min, ъгъл на точката на горене на дъгата-45°, ъгъл на подвеждане на електродния тел във вертикалната плоскост-30° и в хоризонталната плоскост-15°. Амплитудата на вибрациите на електродния тел се променяше безстепенно в диапазона от 0 до 2 mm, като в изследването заема следните стойности 0; 0,5; 1; 1,5 и 2 mm.

Изследването на процеса на вибродъгово наваряване на чугунени детайли е съпроводено със записване и отчитане на електродъговия и вибродъгов процес. За измерване и записване на големината на тока в захранващата верига на вибродъговия апарат са включени подходящи шунтове. Динамиката на изменение на тези параметри се записваше с помощта на аналогово цифровия преобразувател на NATIONAL INSTRUMENTS модел NI USB 6210 (Todorov, I. 2013; Valov, N., Valova, I. 2017; Valov, N., Valova, I. 2020).



Фиг. 1. Влияние на амплитудата на вибрациите ( $\lambda$ ) върху напрежението на късо съединение ( $U_{кс}$ ) при вибродъгово наваряване на чугунени детайли в Ag с различни електродни телове

Осцилограмите на процеса са записани в реално време с помощта на софтуерния продукт "Lab View". За всяка една промяна в амплитудата на вибрациите и материала на електродния тел са проведени по 3 записа, като са определени средните стойности на изходните параметри. Записаните данни са обработени с помощта на софтуерния продукт Microsoft Office Excel. Получените данни за електрическите параметри от осцилографирането на вибродъговия процес са обработени с известните статистически методи.

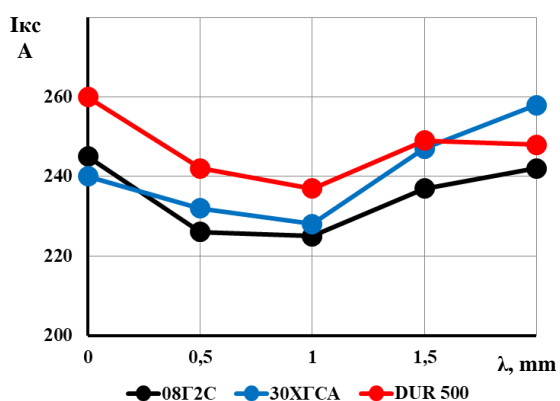
Въз основа на обработените данни са получени графическите зависимости за влиянието на амплитудата на вибрациите върху електрическите параметрите на вибродъговия процес и наварения слой (фиг. 1 - фиг. 4).

Увеличаването на амплитудата на вибрациите до 1 mm води до намаляване на напрежението на късо съединение и за трите електродни телове (фиг. 1). Най-ниски стойности от 4,4 V се получават при електроден тел Св 08Г2С.

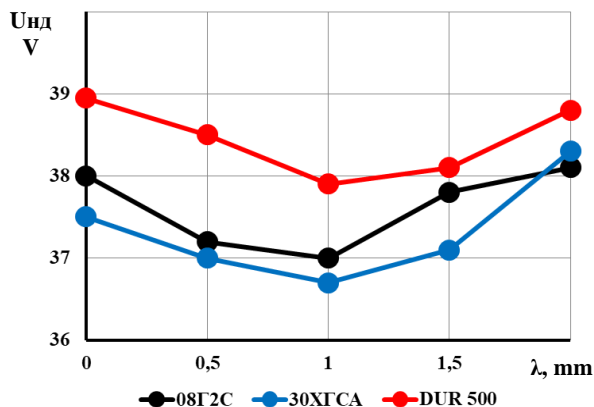
При понататъшното нарастване на амплитудата на вибрациите до 2 mm напрежението на късо съединение се повишава достигайки стойности от 4,75-4,9 V са трите тела. При наваряване с високо въглеродният тел DUR 500 се получава най-високо напрежение на късо съединение и повишено изгаряне на легиращите елементи в сравнение с другите електродни телове.

Амплитудата на вибрациите оказва съществено влияние върху напрежението в началото на горене на дъгата (фиг. 2). Изменението на това напрежение за ниско и средно въглеродните телове има екстремален характер, като минимални стойности се получават при амплитуда на вибрациите 1 mm. Това по-ярко е изразено за електродни телове 30ХГСА и DUR 500. Най-ниска стойност на напрежението в началото на горене на дъгата се получава за електроден тел 30ХГСА.

Наваряването със ниско (Св 08Г2С) и средно (Нп 30ХГСА) въглеродните телове се извършва при по-ниско напрежение на начало на горене на дъгата в сравнение с високо въглеродния тел DUR 500. Изменението на напрежението в началото на горене на дъгата оказва съществено влияние върху грапавостта на навареният слой. Между изменението на напрежението на начало на горене на дъгата и грапавостта на слоя се наблюдава корелационна зависимост (Kangalov P. 2012; Kangalov P. 2019, Nikolov M, 2019; Todorov, I. 2013; Todorov, I. 2019).



Фиг.3. Влияние на амплитудата на вибрациите ( $\lambda$ ) върху големината на тока на късо съединение ( $I_{кс}$ ) при виброръгово наваряване на чугунени детайли в Ag с различни електродни телове



Фиг. 2 Влияние на амплитудата на вибрациите ( $\lambda$ ) върху напрежението в началото на горене на дъгата ( $U_{нд}$ ) при виброръгово наваряване на чугунени детайли в Ag с различни електродни телове

Разликата между напрежението в началото и в края на горене на дъгата оказва съществено влияние върху качеството на навареното покритие. Колкото по-голяма е разликата между напреженията в началото и края на горене на дъгата, толкова по-голяма е скоростта на охлаждане на метала и се увеличава опасността от образуване на горещи пукнатини. Причините за това се дължат на бързо нарастващите вътрешни напрежения по време на кристализация на течната фаза и преминаване през т.нар. температурен интервал на крехкост, който обхваща интервала от началото на втвърдяване на дендритите до достигане на солидус състояние. В този интервал, металът се намира в полутечно-полутвърдо състояние, за което е характерно рязко понижаване на пластичността му в сравнение с пластичността в твърдо състояние.

При тези условия, пластичната деформация на метала се изразява във взаимно преместване на кристалите и тяхното деформиране. Тъй като кристализацията на метала е съпроводена с непрекъснато променящи се вътрешни напрежения, чиято интензивност се повишава с понижаване на температурата, то кристалите не могат да понесат пластичната деформация, при което се наблюдава тяхното разделяне в следствие на зараждащите се пукнатини.

Разликата между двете напрежения на горене на дъгата и късо съединение при наваряване в аргон е най-малка при оптималната стойност на амплитудата на вибрациите от 1 mm и е в порядъка на 32-33 V за двата газа. Това води до по-голяма вероятност за образуване на пукнатини в наварения метал при наваряване в аргона.

Едни от основните параметри на електродъговия процес са големината на тока на късо съединение и големината на тока в края на горене на дъгата.

Изменението на големината на тока на късо съединение при вибродъгово наваряване в аргон има екстремален характер фиг. 3, като минималните му стойности се получават при амплитуда 1 mm и за трите електродни телове. Това довежда до по-малко разпръскване на електродния метал при откъсване на капката. При наваряване със средно въглеродният тел Св 08Г2С големината на тока на късо съединение е по-ниска през целия диапазон на изменение на амплитудата на вибрации отколкото при средно и високо въглеродните телове.

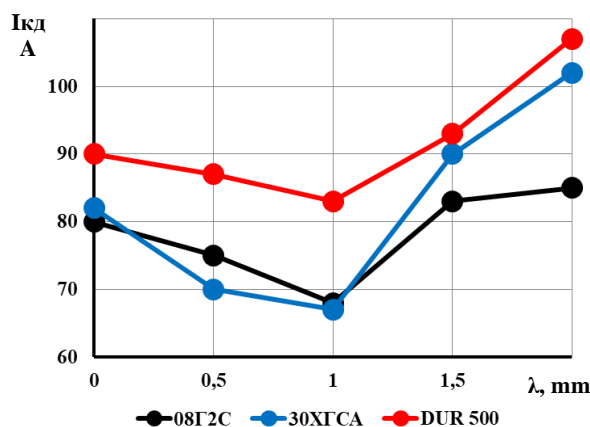
С увеличаване амплитудата на вибрациите големината на тока в края на горене на дъгата има екстремален характер, като минимални стойности се получават отново при амплитуда 1 mm фиг.4. Големината на тока на късо съединение има по-голяма скорост на изменение в сравнение с големината на тока в края на горене на дъгата. Средно легираните телове Нп-30ХГСА имат по-ниски стойности на тока в края на горене на дъгата в сравнение с ниско Св-08Г2С и високо DUR-500 въглеродния тел.

Разликата между големините на  $I_{кс}$  и  $I_{кд}$  при конкретните стойности на амплитудата на вибрациите оказва влияние върху степента на нагриване на основния метал, възможността за възникване на деформации в наварявания детайл и неравномерно формиране на наварения слой. От анализът на резултатите при вибродъгово наваряване на чугун в аргон се установи, че при амплитуда на вибрациите 1 mm за електроден тел DUR-500 разликата в големините на  $I_{кс}$  и  $I_{кд}$  е най-малка 154 A, което е предпоставка за по-малка степен на нагриване на детайла.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Амплитудата на вибрации оказва съществено влияние върху параметрите на напрежението и големината на тока (напрежение на късо съединение, напрежение в началото на горене на дъгата, големина на тока на късото съединение и големина на тока в края на горене на дъгата).

2. Увеличението на амплитудата на вибрациите води до екстремално изменение на големина на тока на късото съединение и в края на горене на дъгата, напрежението в начало на горене на дъгата, като минимални стойности се получават при амплитудата на вибрациите 1 mm.



Фиг. 4. Влияние на амплитудата на вибрациите ( $\lambda$ ) върху големината на тока в края на горене на дъгата ( $I_{кд}$ ) при вибродъгово наваряване на чугунени детайли в Ag с различни електродни телове

3. За амплитуда 1 mm стойностите на големината на тока на късо съединение и края на горене на дъгата при наваряване със ниско въглеродният тел Св 08Г2С са най-ниски.

## REFERENCES

Bekana D. (2020) Optimizing the maintenance of agro-industrial equipment, Academic Publishing House University of Ruse, p. 130, ISBN 978-954-712-800-2, (**Оригинално заглавие:** Бекана Д. (2020) Оптимизиране поддържането на аграрно-индустриалната техника, Русе: Академично издателство Русенски университет, с. 150, ISBN 978-954-712-800-2).

Delikostov T., (2020) Management of fuel combustion of internal combustion engines from agricultural and tractor equipment by maintaining the food system. Scientific Monograph. Ruse, Academic Publishing House University of Ruse, p.136, ISBN 978-954-712-799-9. (**Оригинално заглавие:** Деликостов Т. (2020) Управление разгода на гориво на ДВГ от земеделската и автотракторна техника чрез поддържане на хранителната система – научна монография. Русе: Академично издателство Русенски университет, р.136, ISBN 978-954-712-799-9).

Kangalov P. (2012) Statistical study of the wear of the housing and the gate of the hydraulic valve P-80, IN: Scientific works of Angel Kanchev University, Ruse, Vol 51, book. 1.1, Ruse, pp. 252-256, ISBN 1311-3321. (**Оригинално заглавие:** Кангалов П. (2012), Статистическо изследване износването на корпуса и шибъра на хидроразпределител P-80. В: Научни трудове на РУ-2012, том 51, с. 1.1, Русе, стр. 252-256, ISBN 1311-3321).

Kangalov P. (2019) Rebuilding electrolytic alloys coatings. Scientific Monograph. Academic Publishing House University of Ruse, p. 170, ISBN 978-954-712-785-2 (**Оригинално заглавие:** Кангалов П. (2019) Възстановителни покрития от електролитни сплави – научна монография. Русе: Академично издателство Русенски университет, с. 170, ISBN 978-954-712-785-2).

Kangalov P., D. Beleva, K. Dyakova-Dimitrova, (2015), Determination of the initial structural characteristics of the pair of shaft-plain bearing by tractor engines. IN: Scientific works of Angel Kanchev University, Ruse, vol. 54, book 1.1, pp. 210-216, ISSN 1311 3321. (**Оригинално заглавие:** Кангалов П., Д. Белева, К. Дякова-Димитрова, (2015) Определяне на началните структурни характеристики на двоицата вал-плъзгащ лагер от автотракторни двигатели.// Научни трудове на Русенския университет, том 54, с.1.1, стр. 210-216, ISSN 1311-3321).

Marinov S., O Alipiev, T Uzunov. (2019) Interference of the profiles when meshing internal straight splines with gear shapers. MATEC Web of Conferences, No 287, 01015.

Nikolov M., (2021), Statistical distribution of the details from agricultural machinery made from cast iron.//Proceedings of university of Ruse - 2021, vol. 60, book (1.1), 49-55, ISSN: 1311-3321

Nikolov M., I. Todorov, V. Stoyanov, J. Valchev. (2019) Determination of the Structural Characteristics of the Parts of Agricultural Machinery Subject for Repair. В: PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE – 2019, No v 58, b 1.1, pp. 44-48, ISSN 1311-3321.

Nikolov M, (2019) Rebuilding Overlaid Coatings Obtained Through Vibrating Arc Overlaying Process in an Atmosphere of Shielding Gas and its Mixtures - Scientific Monograph, Academic Publishing House University of Ruse, p. 144. ISBN 978-954-712-756-2 (**Оригинално заглавие:** Николов М. (2019), Възстановителни вибрационни покрития в защитни газове и техните смеси - научна монография, Русе: Академично издателство „Русенски университет, р. 144, ISBN 978-954-712-756-2).

Nikolov, M. (2015), Research on the impact of amplitude of vibrations on electrical parameters of vibroarc weld overlay in argon.//Acta Technologica Agriculturae, vol. 18(2), pp. 46-48, ISSN 1335-2555, DOI: 10.1515/ata-2015-0010

Todorov I. (2019) A Research about Wear Process of Details from Belt Conveyor.// Agricultural, forest and transport machinery and technologies, Vol. VI, pp. 5-10, ISSN ISSN 2367-5888.

Todorov I., Uzunov T. (2015), Experimental study of main characteristics of a screw conveyor, В: Scientific works of Angel Kanchev University, Vol 54, s 1.1, Ruse, pp. 168-172, ISSN 1311 3321, (*Оригинално заглавие: Тодоров И., Т. Узунов. Експериментално изследване на основни характеристики на винтов транспортър. Научни трудове на Русенски университет, Русе, т. 54, сер. 1.1, стр. 168-172, ISBN 1311-3321.*).

Todorov, I. (2013) Influence of the amplitude of vibrations on the technological parameters of the mode during vibroarc surfacing of details from the tractor and agricultural machinery. В: Scientific works of Angel Kanchev University, Vol 52, s 1.1, Ruse, pp. 293-296, ISSN 1311 3321, (*Оригинално заглавие: Тодоров И., (2013) Влияние на амплитудата на вибрации върху технологическите параметри на режима при вибродъгово наваряване на детайли от автотракторната и земеделска техника. В: Научни трудове на РУ „Ангел Кънчев“ том 52, с. 1,1, Русе, с. 293-296, ISSN 1311 3321.*).

Valov, N., Valova, I. (2017) Drying process management laboratory with remote access. International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2017, doi:10.1109/ITHET.2017.8067800.

Valov, N., Valova, I. (2020) Home automation system with Raspberry Pi. International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, EE and AE 2020 - Proceedings, doi:10.1109/EEAE49144.2020.9278998.