



УНИВЕРЗИТЕТ ОДБРАНЕ

ВОЈНА АКАДЕМИЈА

ЗБОРНИК АПСТРАКАТА



НАУЧНА
КОНФЕРЕНЦИЈА
ВОЈНИХ НАУКА

Наука у функцији одбране



ЗБОРНИК АПСТРАКАТА

*Научна конференција војних наука
„ВојНа 2023”*

МЕДИЈА ЦЕНТАР
ОДБРАНА

Издавач
Медија центар „Одбрана”

Библиотека „Војна књига”
Књига број 2567
Едиција *Зборници*

За издавача
Директор
Биљана Пашић, потпуковник

Начелник Одељења за издавачку
делатност – редакција „Војна књига”
Уредник издања
Горан Јањић, дипл. инж.

Главни графички дизајнер
Александра Капор

Ликовно-графички уредник
Душка Стефановић, дипл. графичар–фотограф

Корице
др *Јадранка Терзић*

Коректор
Слађана Грба

Тираж 160 примерака

Штампа
Војна штампарија, Београд

Copyright © Медија центар „Одбрана”, 2023.

ISBN 978-86-335-0827-8

МИНИСТАРСТВО ОДБРАНЕ
УНИВЕРЗИТЕТ ОДБРАНЕ
Војна академија



ЗБОРНИК АПСТРАКАТА

*Научна конференција
војних наука
„ВојНа 2023”*

(16–17. мај 2023)

Београд, 2023.

Организатор
УНИВЕРЗИТЕТ ОДБРАНЕ
Војна академија
ул. Вељка Лукића Курјака бр. 33

За организатора
пуковник
ванр. проф. др *Срђан Благојевић*

Превод на енглески
Центар за стране језике
Војне академије

била је постављена паралелно са непомичним доњом плочом израђеном од конструкционог челика ознаке S355 J2 дебљине 10 mm. Почетно одстојање између плоча износило је 4 mm, где су коришћена по 4 ивично постављена одстојника израђена од пластичне масе поли(метил метакрилат), скраћено ПММА. Коришћена су експлозивна пуњења три различите масе експлозива *Amonex*, који је у одговарајућем слоју био равномерно слободно насут на горњу плочу. Таквим експериментима омогућено је одређивање зависности квалитета завареног споја од масе примењеног експлозива.

За одређивање квалитета завареног споја примењене су две технике испитивања без разарања: метода са течним пенетрантима *MR68C* и испитивање ултразвучним дефектоскопом ознаке *Phasor XS*. Потом су плоче исечене за даљу анализу, где су извршени микроскопски преглед пресека заварених спојева помоћу оптичког микроскопа типа *Leitz Metalloplan*, опремљеног камером *DFC 295* и софтвером за обраду слике *LAS 4.3.1*. Ударна жилавост споја између експлозијом заварених плоча испитана је на одговарајуће припремљеним епруветама помоћу Шарпијевог клатна ознаке *Schenck trebel*.

Резултати испитивања показали су да експлозив *Amonex* може наћи примену у експлозивном заваривању, а најбољи резултати постигнути су код узорка завареног средњом количином експлозива. Код овог узорка добијене су највише вредности ударне жилавости на Шарпијевог клатну, док је код трећег завареног споја дошло до наглог пада ударне жилавости услед формирања међуслоја, растопљене фазе на споју, што је потврђено микроскопском анализом. Ултразвучна дефектоскопија је показала да средњи узорак има највећу површину завареног споја, а узорак са најмање експлозива најмању површину завареног споја.

Кључне речи: Заваривање експлозијом, *Amonex*, челик, пенетранти, ултразвучна дефектоскопија, ударна жилавост

THE POSSIBILITY OF USING AMONEX EXPLOSIVE IN THE WELDING OF VARIOUS STEEL PLATES AND THE INFLUENCE OF THE AMOUNT OF EXPLOSIVE ON THE QUALITY OF THE WELDED JOINT

Miloš Lazarević, Bogdan Nedić, Danica Bajić, Ana Alil, Nada Ilić, Aleksandar Ćitić

Abstract: Detonation of explosive substances releases a large amount of energy in a very short time, which is used for various types of useful work, both for economic and military purposes. In addition to the use of explosive substances in ordnance and for demolition in mining and construction, detonation energy has found its application in welding and metal processing. By applying the energy generated by the detonation of explosives, it is possible to weld metal, shape it, cut it, increase its solidity, etc. Explosion welding technology began to develop in the middle of the 20th century, and today it is used for the production of aircraft parts, weapons

and military equipment, armour plates with increased ballistic protection, special tanks, heat exchangers, pressure vessels, special industrial cutting tools and all other products which cannot be produced by any other conventional method of processing metal materials. Also, a significant advantage of this technology is the possibility of manufacturing multi-layer materials of large surfaces.

The explosion welding of metals is done as a result of the very fast collision of metals under the effect of detonation products, with the appearance of high pressure and plastic deformations in the form of waves at the fusion line and adiabatic local heating of the surface layers of metal materials.

In this paper, the possibility of using commercial explosive *Amonex* for the welding of plates made of *51CrV4* spring steel and *S355 J2* structural steel was analysed. For the selected explosive *Amonex*, which was produced by TRAJAL Corporation, the bulk density and detonation velocity were previously measured, whereby the method of measuring the time between two points in the explosive charge using an electronic counter with optical sensors was used.

During all conducted experiments, the same arrangement of plates was used. Plates of dimension 150×200 mm were used. The upper plate of 3 mm thick *51CrV4* spring steel, which was accelerated by the energy of the explosion, was placed parallel to a stationary lower plate made of 10 mm thick *S355 J2* structural steel. The initial distance between the plates was 4 mm, where 4 edge spacers made of plastic mass poly(methyl methacrylate), abbreviated *PMMA*, were used. Explosive charges of three different masses of *Amonex* explosive were used, which was evenly and freely poured in the appropriate layer on the upper plate. Such experiments made it possible to determine the dependence of the quality of the welded joint on the mass of the explosive used.

To determine the quality of the welded joint, two non-destructive testing techniques were applied: the method with liquid penetrants *MR68C* and testing with an ultrasonic defectoscope *Phasor XS*. Then the plates were cut for further analysis, whereby the microscopic examination of the sections of the welded joints was performed using the *Leitz Metalloplan* optical microscope equipped with a *DFC 295* camera and *LAS 4.3.1* image processing software. The impact toughness of the joint between the explosion-welded plates was tested on appropriately prepared test tubes using the Charpy pendulum *Schenck trebel*.

The test results showed that *Amonex* explosive can be used in explosion welding, and the best results were achieved with a sample welded with a medium amount of explosive. In this sample, the highest values of impact toughness were obtained on the Charpy pendulum, while in the third welded joint there was a sudden decrease in impact toughness due to the formation of an intermediate layer, a molten phase at the joint, which was confirmed by microscopic analysis. Ultrasonic defectoscopy showed that the middle sample had the largest area of the welded joint, and the sample with the least explosive had the smallest area of the welded joint.

Keywords: explosion welding, *Amonex*, steel, penetrants, ultrasonic defectoscopy, impact toughness.