

ISPITIVANJE KVALITETA KABINA RADNIH STROJEVA

QUALITY TESTING OF THE OPERATING MACHINES CABINS

Kemal Dekanović¹
Emir Bajramović²
Esad Bajramović²

¹ KRUPA KABINE
 d.o.o. Bosanska Krupa
² University of Bihać,
 Faculty of Technical
 Engineering

Ključne riječi: kabina,
 ispitivanje zavera, kontrola
 kvaliteta zavera, ROPS
 ispitivanja, FOPS
 ispitivanja

Keywords: cabine,
 weld testing, weld quality
 control, ROPS testing,
 FOPS testing

Paper received:
 16.05.2018.

Paper accepted:
 29.06.2018.

Stručni rad

REZIME

Osnovni cilj ispitivanja mašinskih konstrukcija jeste da se smanji broj konstrukcija bez zadovoljavajućeg kvaliteta koje se odbacuju kao neusklađen proizvod ili se upućuju na doradu. Ispitivanjem bez razaranja se mogu otkriti površinske i unutrašnje greške u konstrukcijama u zavisnosti od primjenjene metode ispitivanja čime se obezbjeđuje potpuni kvalitet proizvoda bez ikakvog oštećenja konstrukcije. Također mogu da se prate i analiziraju razvoja kvaliteta kao i održavanje kvaliteta u procesu eksploatacije, obezbjeđujući balans između kontrole kvaliteta i kontrole troškova. Provedena ispitivanja neće samo otkriti grešku u konstrukciji već mogu odrediti njenu veličinu, intenzitet, oblik i položaj. Greška je utoliko manje ozbiljna, što se ranije otkrije u toku proizvodnje. Greška se obično lakše može odstraniti u ranijim fazama proizvodnje, dok se na završnom proizvodu to možda više i ne može izvesti. U ovom radu prikazana je kontrola koja se provodi na zavarenim spojevima kabine a posebno su prikazane ROPS i FOPS metode ispitivanja važne za ove mašinske konstrukcije.

Professional paper

SUMMARY

The basic objective of machine structure testing is to reduce the number of structures without satisfactory quality, which are either discarded as scrap or sent for additional machining. The non-destructive testing can detect surface and internal errors in structures, depending on the applied testing method, which enables total quality of the product without structure damage. One can also monitor and analyze the quality development and costs control in the exploitation process, thus enabling the balance between quality control and cost control. Carried out tests would not only detect the error in the structure, but they can also determine its size, intensity, shape and position. The error is lesser if discovered early in the manufacturing process. The error is usually easier to remove in the early stages of production, which may not be possible in the finished product. This papers shown the control on welded joints of cabine, especially ROPS and FOPS methods important for these machine structures.

1. UVOD

Zavarivanje je tehnološki postupak za spajanje istih ili sličnih metala. Spajanje elemenata se ostvaruje uz pomoć visoke temperature koja izaziva topljenje dodatnog i osnovnog materijala na mjestu spoja. Rastopi osnovnog i dodatnog materijala (elektrode ili žice za zavarivanje) se međusobno miješaju i dolazi do njihovog fizičkog i hemijskog sjedinjavanja. Nakon hlađenja dolazi do očvršćavanja, čime se stvara šav, kao fizički kontinuitet materijala. Na ovaj način se ostvaruje kontinualan spoj elemenata koji se zavaruju [12].

Zavarivanje spada u najekonomičnije načine spajanja materijala. Uštede materijala i

1. INTRODUCTION

Welding is a technological process for joining same or similar metals. The joining of the elements is achieved with high temperature that causes melting of added and base material at the joint. The solution of the base and added material (electrodes or welding wires) is mixed, which enables their physical and chemical synthesis. Cooling process is followed by hardening, thus creating a joint as a physical continuity of the material. In this way, a continual joint of welded elements is formed [12].

Welding is the most cost-effective way to join materials. Material savings and material

obezbjeđivanje materijalnog kontinuiteta su osnovne prednosti koje zavarivanje pruža u konstruktivnom smislu.

Prednosti zavarivanja u odnosu na druge postupke spajanja materijala jesu sljedeće:

- postiže bolje iskorištenje materijala i lakša konstitucija,
- može se primijeniti za sve konstrukcije,
- primjenjuje se u svim područjima metaloprerađivačke industrije,
- daje gotovo neograničene mogućnosti,
- spada u red najjeftinijih postupaka spajanja metala.

Kao tehnološki postupak zavarivanje ima i svojih ograničavajućih faktora, a to su:

- utjecaj čovjeka na kvalitet,
- postojanje strukturnih nehomogenosti,
- mogućnosti prisustva grešaka materijalne nehomogenosti,
- mogućnost prisustva unutrašnjih napetosti.

Procesi zavarivanja su široko upotrebljavani za proizvodnju brojnih konstrukcija u industriji. Takve konstrukcije se izrađuju u širokom dijapazonu od sudova pod pritiskom do opreme za domaćinstvo i poljoprivrednu opremu uključujući i takvu opremu kao što su kranovi, mostovi i druge zavarene konstrukcije. Također, zavarivanje značajno utiče na troškove proizvodnje i kvalitet proizvoda. Veoma je važno naglasiti to, da je potrebno osigurati da se zavarivanje izvede na najefikasniji način i da

odgovarajući vidovi kontrole budu sprovedeni u svim aspektima svake operacije [10, 11, 14].

2. OSIGURANJE KVALITETA U PROCESU ZAVARIVANJA

Kontrola i ispitivanje su neodvojivi poslovi u svim fazama nastajanja i eksploatacije zavarenog spoja. Osnovna zadaća im je da stvore uvjete za nesmetano izvođenje zavarenog spoja, te

Otkrivanje i otklanjanje pogrešaka nastalih u zavarenom spoju. U svim fazama gdje se vodi računa o kvaliteti zavarivanja, kao njegov sastavni dio treba biti uveden postupak kontrole zavarenog spoja u procesu njegovog nastajanja, jer zavareni spojevi kao elementi moraju osigurati dovoljnu razinu pouzdanosti.

Razlikujemo tri karakteristična vremena u kojima se kontrola izvodi:

- postupci kontrole prije početka zavarivanja,
- postupci kontrole u toku izvođenja zavarivanja,
- kontrola nakon završenog zavarivanja.

Sve vrste kontrola treba provoditi organizirano i dosljedno [13].

continuity assurance are the main advantages that welding provides in the structural work.

The advantages of welding in relation to other joining methods are as follows:

- achieves better material utilization and easier constitution,
- can be applied to all constructions,
- applies in all areas of the metal processing industry,
- enables almost limitless possibilities,
- among the cheapest methods of metal joining.

As a technological process welding has its own limiting factors, namely:

- human influence on quality,
- the existence of structural inhomogeneity,
- the possibility of the presence of material non-homogeneous errors,
- the possibility of internal tension.

Welding processes are widely used to produce numerous industry structures. Such structures are produced in a variety of shapes, from pressure vessels to household and agricultural equipment, including equipment such as cranes, bridges and other welded constructions. In addition, welding significantly affects production costs and product quality. It is important to emphasize that it is necessary to ensure that the welding process is conducted in the most efficient manner and that the appropriate forms of control are performed in all aspects of each operation [10, 11, 14].

2. QUALITY ASSURANCE IN THE WELDING PROCESS

Control and testing are inseparable in all stages of formation and exploitation of the welded joint. Their basic task is to create the conditions for uninterrupted welding of the joint, not to uncover or eliminate the errors created in the welded joint. In all stages of welding quality, a welded joint control procedure must be installed as part of welding process, since welded joints as elements must provide a sufficient level of reliability. We can distinguish three distinct time-frames in which control is performed:

- control procedures prior to welding,
- control procedures during the welding process,
- control after the welding process.

All types of controls should be organized and consistently implemented [13].

2.1. Kontrola prije zavarivanja

Kontrola prije zavarivanja iziskuje naročitu pažnju, jer je u većem dijelu zavarivačkih pogona bila znatno zanemarena. Tu su kontrole: osnovnog i dodatnog materijala, tehnološkog redoslijeda zavarivanja, postupka zavarivanja, zavarivača, strojeva i uređaja, izvođenja i temperature predgrijavanja i dr. (tabela 1.).

Tabela 1. Postupci kontrole prije zavarivanja [8]

- kontrola projektne i radioničke dokumentacije (kontrola tehnološkičnosti)
- kontrola osnovnog i dodatnog materijala
- kontrola tehnološkog redoslijeda zavarivanja
- kontrola pripremnih i izvršenih vremena
- provjera (atestiranje) zavarivača i postupaka zavarivanja
- kontrola pripreme radnog mjesta
- utvrđivanje kontrolnog alata i pribora
- kontrola pripreme za zavarivanje
- kontrola strojeva i uređaja, uključujući i priključivanje "mase"
- kontrola izvođenja i temperature predgrijavanja

2.2. Kontrola u toku zavarivanja

U toku zavarivanja pažnju treba obratiti na savjesno izvršavanje postupka jer će o njima u najvećem dijelu ovisiti kvaliteta izvršenog zavarivanja. Zbog takvog rada međufazna ne razorna kontrola mora biti samo nužna potvrda da je zavarivanje izvršeno besprijekorno.

Treba napomenuti da se preskakanje i izostavljanje operacija kontrole može vratiti na najneugodniji način, u obliku greške u zavarenom spoju. Kontrole koje se tu izvršavaju su: kod postupaka spajanja, postupka zavarivanja, redoslijeda zavarivanja, zatim parametara i ostalih uvjeta zavarivanja i kontrola zavarivanja posebnih detalja, (tabela 2).

Tabela 2. Postupci kontrole u toku zavarivanja [8]

- kontrola pripajanja
- kontrola postupka zavarivanja
- kontrola redoslijeda zavarivanja
- kontrola parametara i ostalih uvjeta zavarivanja
- kontrola postupaka toplinske obrade u toku zavarivanja
- međufazna nerazorna kontrola
- kontrola označavanja zavara
- provjera dimenzija i deformacije
- kontrola zavarivanja posebnih detalja

2.1. Control prior to welding

Control prior to welding requires special attention since it was considerably neglected in the most of the welding operations. These are the following controls: base and added material, technological order of welding, welding process, welders, machines and devices, execution and preheating temperature, etc. (table 1).

Table 1. Control procedures prior to welding [8]

- control of project and work documentation (control of technology)
- control of base and added material
- control of the technological sequence of welding
- control of preparation and executed time
- verification of welders and welding procedures
- control of work area preparation
- determination of control tools and equipment
- welding preparation control
- control of machinery and equipment, including the "mass"
- control of execution and preheating temperature

2.2. Control during the welding

During the welding process, attention should be paid to the responsible procedure execution since the welding quality depends on it. Due to such work, the non-destructive intermediate control must only be a necessary confirmation that the welding was performed correctly. It should be noted that the omitting of the control operation can reflect in the most unpleasant way, as an error in the welded joint. The controls conducted are the following: joining procedure, welding procedure, order of welding, parameters and other welding conditions, and control of special details welding (table 2).

Table 2. Control procedures during welding [8]

- joining control
- welding procedure control
- welding order control
- control of parameters and other welding conditions
- control of heat transfer processes during welding
- intermediate non-destructive control
- control of weld marking
- control of dimensions and deformation
- control of special details welding.

2.3. Kontrola nakon zavarivanja

Ako su savjesno i dosljedno provedeni radovi iz prethodnih faza, postupci kontrole nakon zavarivanja trebali bi biti samo propisani za dokazivanje kvalitete izvedenog posla. Tu se vrše kontrole: vizuelne, površinske obrade zavarenog spoja, nerazorna kontrola, mjerenje ukupne deformacije uzoraka razaranjem itd. (tabela 3.).

Tabela 3. Postupci kontrole nakon zavarivanja [8]

<ul style="list-style-type: none"> - detaljna vizuelna kontrola - kontrola površinske obrade zavarenog spoja - mjerenje ukupne deformacije - nerazorna kontrola - praćenje bitnih popravaka zavarenog spoja - nerazorna kontrola popravaka - kontrola toplinske obrade nakon zavarivanja - ispitivanje nepropusnosti spoja - kontrola uzoraka razaranjem - izdavanje cjelokupne kontrolne (dokazne) dokumentacije

3. ISPITIVANJE ZAVARA NA KABINI

Na kabini izvršena su sljedeća ispitivanja zavara:

- Metalografska ispitivanja,
- Vizuelna ispitivanja i
- Penetrantska ispitivanja.

Pored navedenih ispitivanja u ovom poglavlju biće opisana i ispitivanja koja su urađena prilikom osvajanja proizvoda, a to su:

- Rops ispitivanja (Rolloverprotective structures) zaštita strukture od prevrtanja i
- FOPS (falling object protective structures) zaštita od padajućih objekata

Na slici 1. je prikazana kabina, na kojoj su izvršena navedena ispitivanja [10].

2.3 Control after the welding

If responsible and consistent work has been conducted in the previous stages, control procedures after the welding should be recommended to prove the quality of executed work. The controls conducted in this phase are the following: visual, weld joint surface, non-destructive, total deformation of samples by destruction, etc. (table 3).

Table 3. Control procedures after welding [8]

<ul style="list-style-type: none"> - detailed visual control - control of surface treatment of the welded joint - measurement of total deformation - non-destructive control - monitoring of essential repairs of the welded joint - non-destructive control of repairs - control of post-welding heat treatment - weld tightness testing - sample control by destruction - issuing of the entire control (evidence) documentation
--

3. CABIN WELD TESTING

The following weld testing was performed on the cabin:

- metallographic testing
- visual testing and
- penetrating testing.

In addition to the above-mentioned tests, this chapter will also describe the tests conducted during the approval of the product, namely:

- ROPS testing (Rollover protective structures), rollover protection of structures, and
- FOPS testing (Falling object protective structures), protection against falling objects.

Figure 1 shows the cabin on which the tests were conducted [10].



Slika 1. Kabina
Figure 1. Cabin

3.1. ROPS Ispitivanje kabine (Rolloverprotective structures)

Razvoj tehnologija u cilju zaštite ljudi i okoline bazira se na principima obezbjeđenja uslova za siguran i pouzdan radni prostor rukovaoca mašina građevinske i transportne mehanizacije. Visok nivo zaštite treba da se postigne bez nekih značajnijih ograničenja u korištenju mašina ili u industrijskoj proizvodnji.

Primjenom međunarodno usaglašenih propisa ljudi i okolina treba da budu zaštićeni na istom nivou u svim zemljama, i da se, eventualne, razlike u sigurnosnim zahtjevima, ako je moguće, eliminišu. Važno je da se zakonska regulativa i pravila za obezbjeđenje sigurnosti primjenjuju od strane proizvođača mašina i uređaja. Dosadašnja praćenja rizika, analize i statistički podaci ukazuju na različit nivo rizika pri radu sa pojedinim vrstama mašina. Određene vrste mašina pokazuju veću mogućnost povreda pri radu.

U cilju preduzimanja preventivnih mjera, veoma je bitno imati potpune informacije o mašinama i uslovima rada. S obzirom da građevinske mašine rade na neravnim terenima (npr. polja sa kanalima za navodnavanje), pojave prevrtanja sa nesrećnim slučajevima su bile veoma česte.

Iz tih razloga, kod ovih mašina uvedeno je ROPS ispitivanja - zaštita pri prevrtanju, obuhvaćeno standardima koji definišu konstrukciju sa zaštitom prilikom prevrtanja mašine [5].

Postoje tri glavna cilja zaštite rukovaoca mašine u slučaju prevrtanja iste:

- održavanje neophodnog prostora kabine, bez uzrokovanja prekomjernog ubrzanja vozila;
- spriječiti da rukovaoc ostane bez neophodnog prostora i ograničiti priliku da dođe do kontakta sa strukturom vozila;
- konstruisati elemente unutar kabine i strukturu takve, da ukoliko postoji mogućnost da dođe do kontakta, povreda rukovaoca bude minimalna.

Na slici 2. prikazan je proces osiguravanja mašine, tako da ona ima adekvatan ROPS zahtjev. Proces je jasan ako je mašina tačno definisanog tipa i regularno vezana s ROPS standardom [5, 10].

3.1. Cabin testing by ROPS (Rollover protective structures)

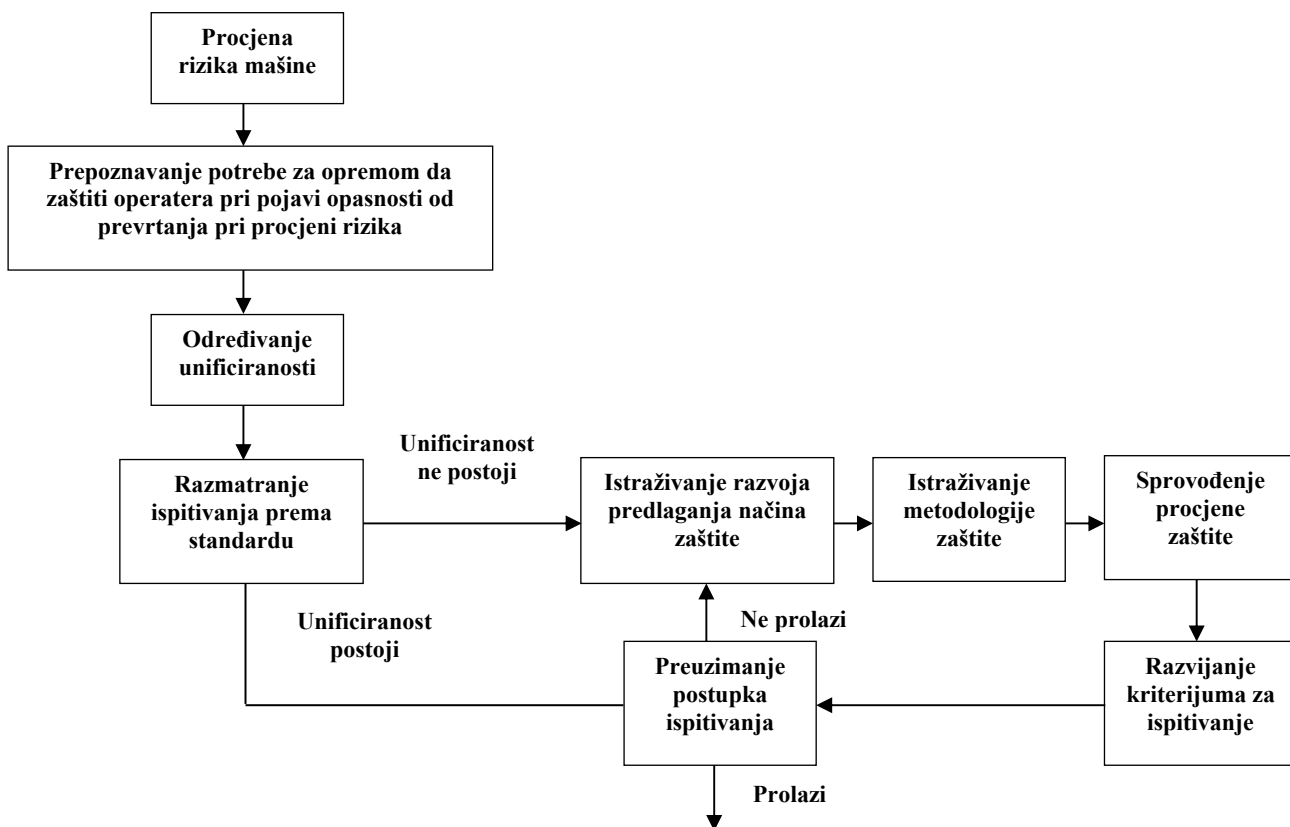
The development of technologies for the protection of people and the environment is based on the principles of providing the conditions for a safe and reliable working space of the operator of the construction and transport machinery. A high level of protection should be achieved without any significant restrictions on the use of machinery or industrial production. Application of internationally agreed regulations should protect people and the environment at the same level in all countries, and all differences in security requirements, if possible, should be eliminated. It is important that legal regulations and safety rules are applied by machine manufacturers. The current risk monitoring, analysis and statistical data point to a different level of risk in working with certain types of machines. Certain types of machines show greater potential for injuries at work.

In order to take preventive measures, it is very important to have complete information on machines and working conditions. Given that construction machines are working on uneven terrain (e.g. fields with canals), the occurrence of rollovers with accidents are very frequent. For these reasons, ROPS has been introduced in these machines, that is included in the standards which define the structure for protection during machine rolling [5].

There are three main objectives of the machine operator protection in the event of rollover:

- to maintain the necessary cabin space, without excessive vehicle acceleration;
- to prevent the operator from being without necessary space and limit the opportunity to contact the structure of the vehicle;
- to construct elements inside the cabin and structure so that, if there is a possibility of contact, operator's injuries would be minimal.

Figure 2 describes the process of securing the machine so that it has an adequate ROPS. The process is clear if the machine is of a precisely defined type and regularly linked to the ROPS standard [5, 10].



Slika 2. Proces potvrđivanja ROPS-a [5]

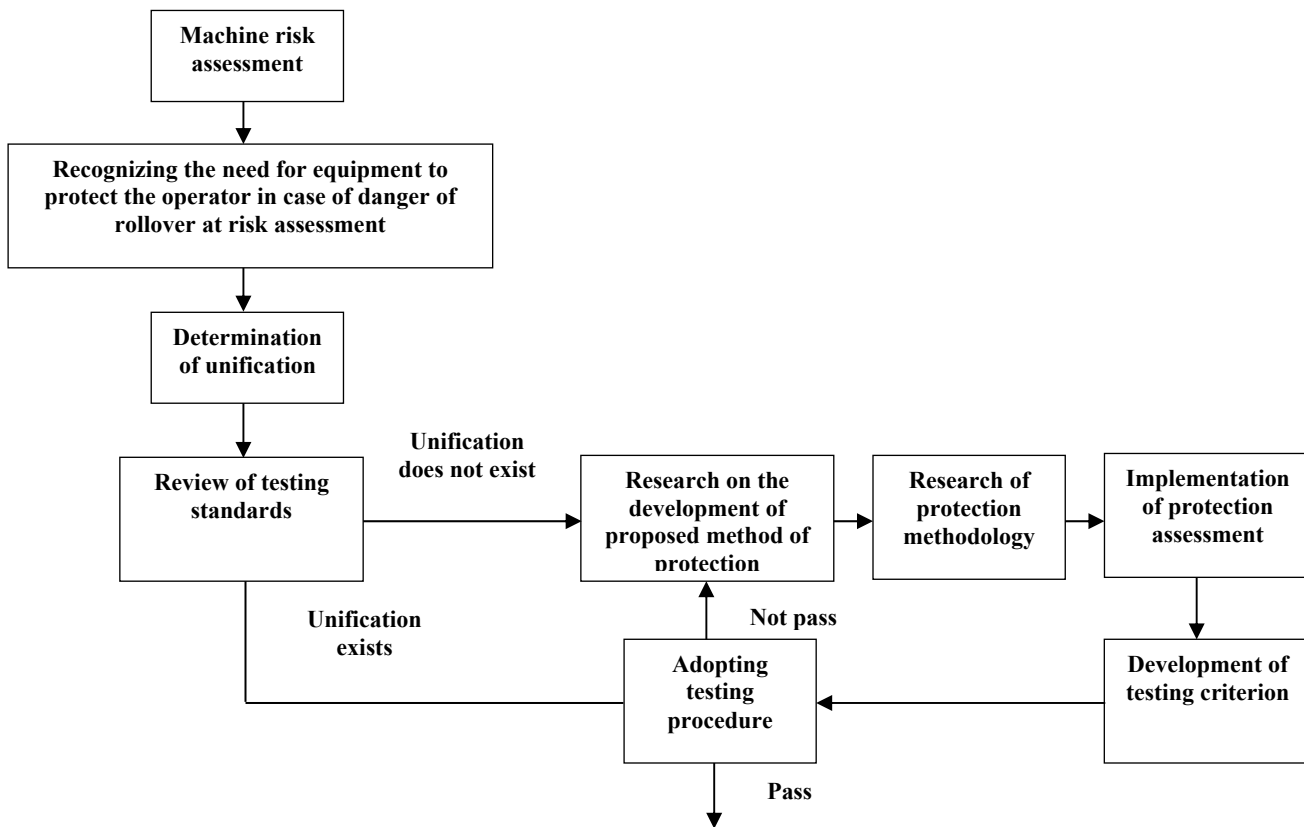


Figure 2. ROPS confirmation process [5]

Kada nije slučaj, unificiranost ne postoji, proces teče drugim tokom, i postaje manje jasniji. Tada je moguće slijedeće:

- ne donošenje ispravne odluke pri određivanju unificiranosti može izazvati mnogo nepoželjnih situacija;
- bezbjednosni sistem je preračunat i zbog toga je nepotrebno skup;
- proizvođači mogu imati problema prilikom redukovanja zaštitnih performansi i ako bezbjednost nije ugrožena;
- čak i kada je potrebna bezbjednost sistema postignuta i provjerena, ne mora da znači da je i prihvatljiva zbog predrasuda (budući da je ROPS jedino sredstvo zaštite).

Međunarodni standardi vezani za zaštitu od prevrtanja-ROPS obezbjeđuju vrednovanje karakteristika nosivosti ROPS-a pod dejstvom statičkog opterećenja (pomjeranje od opterećenja zahtjevano tačke ne smije biti veći od 5 mm po sekundi) i propisuje dostignute kriterijume za reprezentativan uzorak. Ispitivanja prema ROPS-u koja ispunjavaju funkciju, iskorišćena su u dobijanju posebnih zahtjeva.

Također, razmatrana je kompaktnost između ROPS-a i mašinske strukture za koju je zakačen. Energija apsorbovanja i granično pomjeranje određeni su tako da se obezbijedi da kada dođe do prevrtanja vozila (ROPS-a koji je u vezi sa površinom koja se ne deformiše). Zaštita prema ROPS će se deformisati i apsorbovati rad. Mašinska struktura prema ROPS-u mora također sadržavati dovoljnu otpornost tako da naredni udar ne izazove prekomjerno pomjeranje koje obezbjeđuje prostor za opstanak rukovaoca.

ROPS je prihvatljiv u slijedećim uslovima:

- kada su dostignuti zahtjevi za specifičnu bočnu silu, bočni rad i kapacitet nosivosti opterećenja u vertikalnom pravcu i uzdužnu silu; vrijednosti sila i rada su različiti u zavisnosti koji će tip vozila biti procijenjen;
- kada zahtjevi za silu i rad pod dejstvom bočnog opterećenja ne moraju biti postignuti istovremeno; ako je zahtjev za silu postignut prije zahtjeva za rad, sila se može smanjiti, ali biće dostignut zahtjevani nivo ponovo kada su zahtjevi za bočni rad dostignuti ili premašeni;
- ni jedan dio ROPS strukture ne smije povrijediti zaštitnu zonu rukovaoca za vrijeme dejstva opterećenja.

When this is not the case, then the unification does not exist. In this case, the process has the other path, and is less clear. Then it follows:

- not making the right decision when determining unification can cause many undesirable situations;
- the security system is recalculated and therefore unnecessarily expensive;
- manufacturers may have problems when reducing protective performances even if security is not compromised;
- even when system security is achieved and verified, it does not necessarily mean that it is acceptable due to existing tendency (since ROPS is the only means of protection).

International standards related to ROPS provide evaluation of bearing characteristics of ROPS under static load (displacement from required loads should not exceed 5 mm per second) and prescribes the achieved criteria for a representative sample. Testing on ROPS that fulfill the function have been used to obtain special requirements.

The compactness between the ROPS and the machine structure for which it is attached is also considered. Absorption energy and boundary displacement are defined so as to ensure that, when the rollover of the vehicle and the ROPS occurs in relation to the non-deformable surface (the ROPS will deform and absorb the work).

The machine structure acc ROPS must also provide sufficient resistance, so that the next impact does not cause excessive movement which provides the space for the survival of the operator. The machine structure acc ROPS is acceptable under the following conditions:

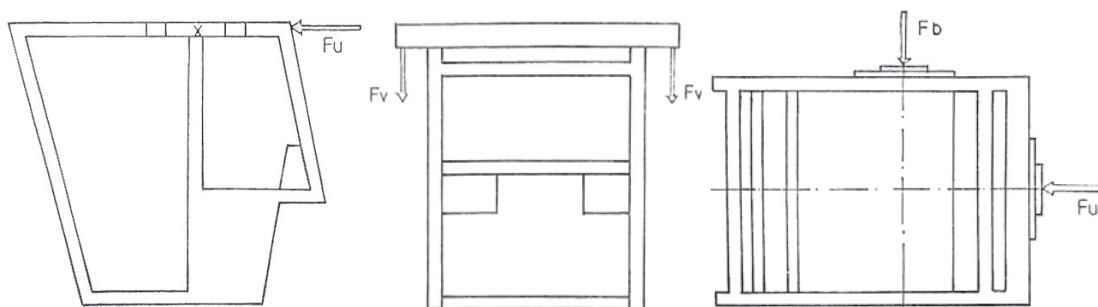
- when the requirements for specific lateral force, lateral operation and load capacity in vertical direction and longitudinal forces are achieved, the values of force and work are different depending on the type of vehicle to be evaluated;
- when force and work requirements are under lateral load they do not have to be achieved at the same time; if the force is reached prior to the request for work, the force can be reduced, but the required level will be reached again when the requirements for lateral work are reached or exceeded;
- no part of ROPS structure may violate the protective zone of the operator during the load;
- ROPS must not be detached from the base of the machine due to a failure or assembly.

- Mašinska struktura prema ROPS-u se ne smije odvojiti od osnove mašine usljed otkaza ili prilikom montaže.

Primjeri izračunavanja sila i energija koje se moraju obezbijediti kod dozera gusjeničara i utovarivača dati su tabelarno (Tabela 4.), a na slikama su prikazani pravci djelovanja bočne i uzdužne sile kod statičkog ROPS testa (slike 3-6).

Tabela 4. Izračunavanje potrebnih sila i apsorbovane energije za ROPS test [5]
Table 4. Calculation of necessary forces and absorbed energy for ROPS testing [5]

Masa mašine Machine mass M (kg)	Bočno opterećenje Lateral load F (N)	Energija bočnog opterećenje Energy of lateral load A (N)	Vertikalno opterećenje Vertical load F (N)	Uzdužno Opterećenje Longitudinal load F (N)
$700 < M = 4630$	$6M$	$13000(M/10000)^{1,25}$	$19,61M$	$4,8M$
$46300 < M = 59500$	$70000(M/10000)^{1,2}$	$13000(M/10000)^{1,25}$	$19,61M$	$56000(M/10000)^{1,2}$
$M > 59500$	$10M$	$2,03M$	$19,61M$	$8M$



Slika 3. Mjesto i pravac dejstva opterećenja pri bočnom, vertikalnom i uzdužnom opterećenju [5]
Figure 3. Position and direction of effect of lateral, vertical and longitudinal load [5]

Prije puštanja u serijsku proizvodnju na kabini je izvršeno ROPS ispitivanje. Kabina je montirana na postolje u tačkama fiksiranja simulirajući montažu na radnoj mašini i izvršeno je opterećenje:

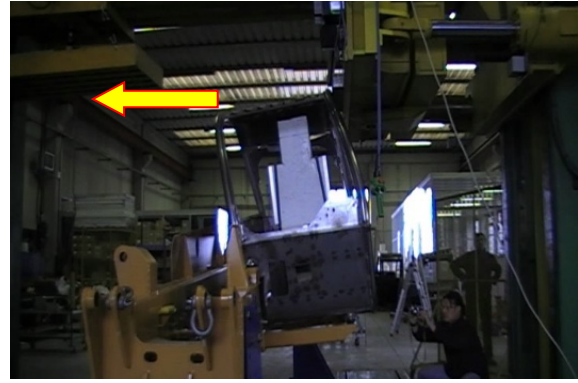
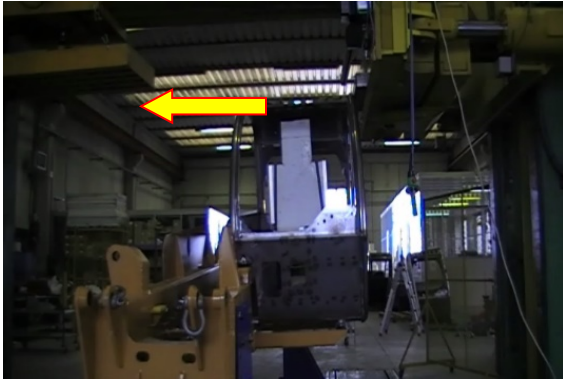
1. Opterećenje bočnom silom. Prvo ispitivanje koje se radi je ispitivanje bočnim (statičkim) opterećenjem gornje lijeve bočne cijevi sigurnosne konstrukcije hidrauličnim cilindrom i elementima za raspodjelu opterećenja. Opterećenje se produžava sve dok se ne dostigne odgovarajuća sila, kao i propisana energija, pri čemu oba uslova moraju biti postignuta i ne smije doći do prodiranja bilo kojeg konstruktivnog elementa u DLV (zaštitna zona rukovaoca), jer u tom slučaju sigurnosni ram ne zadovoljava.

The machine structure according ROPS must not be separated from the machine base due to failure or assembly.

Examples of calculating the forces and energy that must be provided for crawler dozers and loaders are given in the following table (Table 4). The following images show the directions for lateral and longitudinal forces in the static ROPS testing (Figure 3-6).

Prior to initiation of serial production, ROPS test was performed on the cabin. The cabin is mounted on the stand at the fixing points by simulating assembly on the machine and applied load:

1. Lateral force load. The first performed test is the lateral (static) load of the upper left lateral tube of the safety structure with the hydraulic cylinder and the load distribution elements. The load is extended until the appropriate force is reached, as well as the prescribed energy, where both conditions must be attained without the occurrence of penetration of any constructive element into the DLV (operator protection area), because in this case the safety frame does not meet the conditions.



Slika 4. Ispitivanje bočnom silom a) početak ispitivanja, b) završetak ispitivanja [8]
Figure 4. Lateral force testing a) start of testing b) end of testing [8]

2. Statičko ispitivanje rama kabine se nastavlja vertikalnim opterećenjem, pri čemu isti ostaje u prethodno deformisanom stanju, bez naknadnih popravki. Također, DLV ne smije biti povrijeđen.

2. The static test of the cabin frame is continued with vertical load, which remains in the previously deformed state, without subsequent repairs. In addition, DLV must not be upset.



Slika 5. Ispitivanje okomitom silom a) početak ispitivanja, b) završetak ispitivanja [8]
Figure 5. Vertical force testing a) start of testing b) end of testing [8]

3. Struktura kabine se zatim opterećava uzdužnom silom pri čemu početni pravac dejstva ovog opterećenja treba da bude horizontalan i paralelan sa uzdužnom osom mašine.

3. The structure of the cabin is then loaded with longitudinal force, whereby the starting direction of the load action should be horizontal and parallel to the longitudinal axis of the machine.



Slika 6. Ispitivanje uzdužnom silom a) početak ispitivanja, b) završetak ispitivanja [8]
Figure 6. Longitudinal force testing a) start of testing b) end of testing [8]

Nakon završenog ispitivanja strukture prema ROPS-u hidrauličnom presom, za vrijeme dejstva opterećenja struktura je izdržala i nije došlo do ugrožavanja zaštitne zone rukovaoca (DLV-Deflection limiting volume). Postupak ispitivanja prema ROPS-u je bio uspješno sproveden.

Stoga, su građevinski strojevi opremljeni sa zaštitnim konstrukcijama od padajućih objekata – FOPS (falling object protective structures) za zaštitu svojih operatera. FOPS moraju ispuniti određene standarde u skladu sa njihovom upotrebom [10].

3.2. Ispitivanje strukture kabine na FOPS (falling object protective structures)

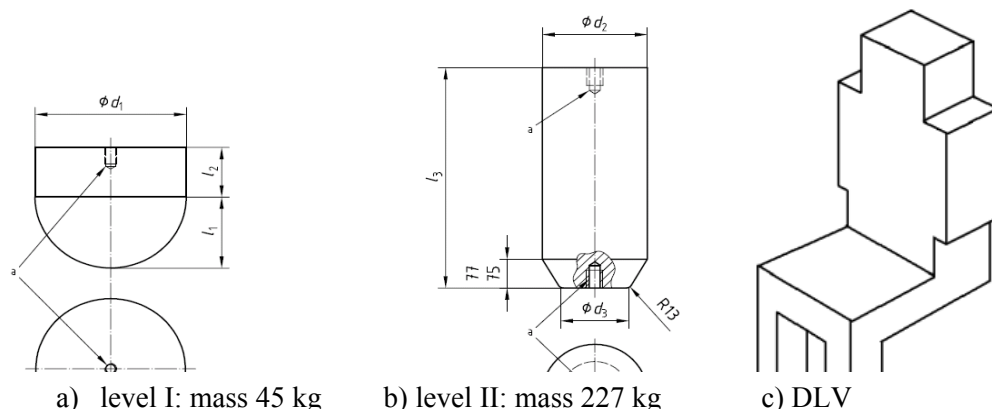
Kada operater bagera ili nekog drugog stroja vrši iskopavanja koja se nalaze iznad kabine, komadi tla, stijena i sl. mogu pasti na krov.

Upon the completion of the ROPS testing with hydraulic press, the structure was able to withstand the load performance, thus not endangering the protection area of the operator (DLV-Deflection Limiting Volume). The ROPS test procedure was successful.

Therefore, construction machines are equipped with falling object protective structures (FOPS) to protect their operators. FOPS must meet certain standards in accordance with their use [10].

3.2. Cabin structure testing to FOPS (falling object protective structures)

When an excavator or other machine operator performs excavations that are above the cabin, pieces of soil or rocks can fall on the roof.



Slika 7. Fops ispitivanje a) i b) Standardne dimenzije padajućih predmeta za ispitivanje, c) DLV- (zaštitna zona rukovaoca) [7, 9]

Figure 7. Fops testing a) and b) Standard dimensions of falling objects for testing c) DLV – (operator protection area) [7, 9]

Sigurnosni standardi vezani za FOPS su ISO 3449 i SAE J231 koji propisuju težinu propisanog oblika i propisane mase (padajućeg predmeta) (slika 7.) koji je pušten da slobodno pada na krov kabine sa propisane visine (slika 8.).

Safety standards for FOPS are ISO 3449 and SAE J231. They recommend the weight of the prescribed shape and prescribed mass (falling object) (Figure 7), which freely falls from the cabin roof from the prescribed height (see Figure 8).



Slika 8. FOPS ispitivanje strukture [8]
Figure 8. FOPS Structure testing [8]



Slika 9. Ispitivanja FOPS metodom [8]
Figure 9. FOPS method testing [8]

U obavljenom FOPS ispitivanju je utvrđeno da deformacije uzrokovane padom predmeta ne dopiru u DLV (Deflection limiting volume) zaštitnu zonu rukovaoca (Slika 9.).

4. CONCLUSION

Ovim radom dat je kratki pregled industrijski primjenjivih postupaka za ispitivanje zavarenih spojeva i opisane su metode ispitivanja koje su provedene na kabini koja je sigurnosna konstrukcija, i čiji je glavni zadatak zaštita operatera koji upravlja mašinom na koju se kabina ugrađuje.

Također prikazane su dvije metode ispitivanja koje su urađene u fazi usvajanja proizvoda (kabine) a to su metode ROPS (Rollover protective structures) - zaštita od prevrtanja i FOPS (Falling object protective structures) - zaštitna konstrukcija od padajućih objekata.

Ova ispitivanja su obavezujuća s aspekta sigurnosti i zaštite na radu operatera kabina.

The conducted FOPS examination discovered that deformations caused by falling objects did not reach DLV (Deflection limiting volume) of the protective zone of the operator (Figure 9).

4. ZAKLJUČAK

The paper provides a short overview of industrially applicable methods for testing welded joints. It describes the test methods applied to a cabin that is a safety structure and whose main task is to protect the operator who manages the machine to which the cabin is to be installed.

Two test methods were developed during the product adoption phase also, namely ROPS (Rollover protective structures) – rollover protection and FOPS (Falling object protective structure) - protection of structures from falling objects.

The above testings are obligatory with the aim to meet safety and security at work for cabine operator.

5. REFERENCES

- [1] Malovrh S., Rihar G., Uran M., Brezovnik A., Samsa N., Šprajc P., Jovanović M.: *Metoda s penetrantskim i preiskavami*, Institut za varilstvo Ljubljana
- [2] Kuzmanović, S.: *Ispitivanje bez razaranja zavarenih spojeva*, Institut za materijale i kvalitet Sarajevo, 2010.
- [3] Fadil Islamović, Pašaga Muratović, Zijah Burzić: *Uticaj parametara zavarivanja na otpornost prema razvoju prsline kod zavarenih spojeva višekomornih rezervoara*, TMT 2007, Tunisia, 2007.
- [4] Lukić Uroš, Prokić-Cvetković Radica, Popović Olivera, Jovičić Radomir, Zrilić Branko: *Obezbeđenje kvaliteta zavarenih spojeva na osnovu praćenja parametara zavarivanja u realnom vremenu*, Sinteza Beograd, 2014.
- [5] Milomir Gašić, Mile Savković, Goran Marković, Nebojša Zdravković, *Metode i postupci ispitivanja ROPS strukture merodavnih za sertifikaciju mašina građevinske i transportne mehanizacije*, 34. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, 2007.
- [6] Džafer Kudumović, *Zavarivanje i termička obrada*, Univerzitet u Tuzli, 1998.
- [7] Akshay Romanal, Vasanth Kumar K L, Manjunatha L H, *Falling object protective structure (FOPS) analysis for excavator cabin*, International Journal For Technological Research in Engineering, 2016.
- [8] Tehnička dokumentacija, KRUPA KABINE doo
- [9] Shuuichi Kaneda, Tomoki Tamagawa, *Introduction of Simulation of Falling Object Protective Structures*, Komatsu Technical Paper, 2003.
- [10] Kemal Dekanović, *Ispitivanje kvalitete zavara kabine radnih strojeva-diplomski rad*, Tehnički fakultet Bihać, 2014.
- [11] Fadil Islamović, *Prilog razvoju algoritma za projektovanje nadzemnih višekomornih tankostjenih posuda za tečna goriva*-magistarski rad, Mašinski fakultet Zenica, 2001.
- [12] Nataša Atlija, MAG postupak zavarivanja, Sveučilište u Rijeci 2016.
- [13] [www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/na_dipl4/5pdf\(13.06.2018.\)](http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/na_dipl4/5pdf(13.06.2018.))
- [14] Značaj i uloga zavarivanja u mašinstvu, <https://www.scribd.com/document/80141016/zavarivanje> (13.06.2018.)
- [15] <http://www.cqm.rs> (13.06.2018.)
- [16] <http://www.komatsu.com> (13.06.2018.)

Corresponding author:

Esad Bajramović

University of Bihać, Faculty of Technical Engineering

Email: bajramovic_e@yahoo.com

Phone: +387 61 685 354