Kontrola zavarenih spojeva bez razaranja

Kelnarić, Mihael

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:206480

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 234/PS/2017

Kontrola zavarenih spojeva bez razaranja

Mihael Kelnarić, 0082/336

Varaždin, rujan 2017. godine

Sveučilište
Sjever

Odjel strojarstva

Završni rad br. 234/PS/2017

Kontrola zavarenih spojeva bez razaranja

Student

Mihael Kelnarić, 0082/336

Mentor

prof.dr.sc.Živko Kondić

Varaždin, rujan 2017. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

UNIVERSITY NORTH

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za strojarstvo

PRISTUPNIK: Mihael Kelnarić | MATIČNI BROJ: 0082/336

DATUM: 27.09.2017. | KOLEGIJ: Kontrola kvalitete

NASLOV RADA: Kontrola zavarenih spojeva bez razaranja

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Control of welded joints without destruction

MENTOR: prof.dr.sc. Živko Kondić | ZVANJE: redoviti profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA:

1. Marko Horvat, dipl.ing., predavač
2. mag.ing.mech. Veljko Kondić, predavač
3. prof.dr.sc. Živko Kondić, redoviti profesor
4. prof.dr.sc. Vinko Višnjić, redoviti profesor
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 234/PS/2017

OPIS:

- U uvodnom dijelu rada potrebno je dati kratki opis kontrole bez razaranja, i to kroz osnovne definicije, kratku povjest NDT-a, prednosti i nedostaci, tehnologiju NDT-a, te podjelu NDT metoda.

-Opisati osnovne NDT metode koje se koriste u strojarskoj proizvodnji: vizualna, dimenzionalna, penetrantska, magnetska, ultrazvučna i radiografska.

-Opisati postupak provođenja kontrole zavarenog spoja općenito.

-U praktičnom dijelu rada potrebno je detaljno opisati primjenu vizualne kontrole u odabranom poduzeću.

- U zaključnom dijelu završnog rada potrebno se osvrnuti na uradak i neka ograničenja.

ZADATAK URUČEN: 20.10.2017. | POTPIS MENTORA

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER
KNJIŽNICA

Predgovor

Ovaj završni rad izrađen je vlastitim znanjem koje sam stekao tijekom studija strojarstva na Sveučilištu Sjever uz pomoć navedene literature.

Prije svega zahvaljujem se svom mentoru izv.prof.dr.sc. Živku Kondiću na pomoći i podršci za vrijeme izrade završnog rada. Također veliku zahvalnost dugujem svim profesorima, asistentima i suradnicima Sveučilišta Sjever.

Zahvaljujem se i poduzeću Te-Pro d.o.o. te svim radnicima i kolegama koji su mi uvijek izašli u susret radi potreba studiranja i izrade završnog rada.

Za uspjeh koji sam postigao mogu najviše zahvaliti svojim roditeljima i djevojci koji su bili tu u dobrim, ali i u teškim trenucima.

Sažetak

Završni rad sastoji se od dva dijela:

1. Teorijski dio
2. Praktični dio

U prvom dijelu završnog rada (teorijskom) pisano je općenito o kontroli bez razaranja, opisana je sama definicija kontrole bez razaranja, spomenute su korištene kratice, objašnjena je razlika između NDT i NDE metode. Detaljnije je opisana povijest kontrole, navedene su prednosti i nedostaci kontrole bez razaranja, opisana je tehnologija NDT kontrole. U potpoglavlju „Podjela NDT kontrole“ opisana je podjela s obzirom na fizikalne principe te je ukratko opisana svaka metoda. Na kraju teorijskog dijela opisano je provođenje kontrole zavarenog spoja.

Drugi dio završnog rada rađen je u poduzeću Te-Pro d.o.o. Detaljnije je opisana vizualna kontrola, opisane su fizikalne osnove vizualne kontrole, uočavanje detalja kod vizualne kontrole. U potpoglavlju „Oprema i pribor“ navedena je oprema bez koje nije moguće izvoditi kvalitetnu vizualnu kontrolu. Dalje je opisano ocjenjivanje kod izvršavanja vizualne kontrole i dati su primjeri dimenzijske kontrole zavarenog spoja pomoću mjernika s milimetarskom skalom i povećalom. U poglavlju „Nepravilnosti u zavarenim spojevima“ kratko je opisana svaka nepravilnost i popraćena je slikom iz pogona poduzeća za vrijeme izrade. Na kraju je opisana i slikama popraćena korištena dokumentacija tijekom provođenja vizualne kontrole.

Ključne riječi: nerazorna ispitivanja, vizualna kontrola, zavareni spojevi, nepravilnosti, norme, standardi, kvaliteta, ocjene

Summary

This paper contains:

1. Theoretical part, and
2. Practical part.

In the first part of this paper NDT methodes in general are described. It is given the definition of NDT, used abbreviations are mentioned and the differences between NDT and NDE are defined. The history of NDT is described in detail, advantages and disadvantages of NDT are listed and it's described how NDT technology is implemented. In subsection „Division of NDT“ the division of methodes in respect to the physical principles are given and each method is briefly described. At the end of the theoretical part the control of welded joint is represented.

Second part of this paper was conducted in the company Te-Pro d.o.o. Visual control is described in details, physical bases of visual control and observation of details in visual control is described. In subsection „Equipment and accessories“ the equipment without any visual quality control can not be done are specified. Furhter, it is described how viusal control is evaluated and examples of dimensional control of welded joint with millimeter scale measurement equipment and magnifier are given. In chapter „Irregularities in welded joint“ many irregularities are described and they are accompanied with picture of practical examples during the production. At the end of this paper used documentation during the visual control is shown.

Keywords: non-destructive testing, visual control, welded joints, irregularities, regulations, standards, quality, ratings

Popis korištenih kratica

KBR (NDT) – kontrola bez razaranja (Non-destrucitve testing)

KSR (DT) – kontrola s razaranjem (Destructive testing)

NDE – vrednovanje bez razaranja (Non-destructive evaluation)

PT – ispitivanje penetrantima

MT – ispitivanje magnetnim česticama

UT – ispitivanje ultrazvukom

RT – radiografsko ispitivanje

IR – termografija/termovizija

VT – vizualno ispitivanje

DK – dimenzionalna kontrola

QM – menadžer kvalitete (Quality manager)

EN – Europska norma (Europen standards)

ISO – Međunarodna organizacija za standardizaciju (International Organization for Stanadrtization)

W – mjerna jedinica za snagu (Watt)

Ws – energija optičkoga zračenja (Wattsekunda)

lm – mjerna jedinica za svjetlosni tok (Lumen)

lx – mjerna jedinica za osvjetljenje (Lux)

MIG – elektrolučno zavarivanje u zaštiti inertnog plina taljivom elektrodom

MAG – elektrolučno zavarivanje u zaštiti aktivnog plina taljivom elektrodom

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Općenito o kontroli bez razaranja 2
   2.1. Definicija 2
   2.2. Povijest [1] 4
   2.3. Prednosti i nedostaci NDT kontrole 6
   2.4. Tehnologija NDT kontrole [2] 7
   2.5. Podjela NDT kontrole [3] 11
      2.5.1. Vizualna kontrola (VT) 12
      2.5.2. Dimenzionalna kontrola (DK) 13
      2.5.3. Penetrantska kontrola (PT) 14
      2.5.4. Magnetska kontrola (MT) 15
      2.5.5. Ultrazvučna kontrola (UT) 15
      2.5.6. Radiografska kontrola (RT) 16
   2.6. Provođenje kontrole zavarenog spoja 17
3. Praktična primjena vizualne kontrole u poduzeću Te-Pro d.o.o. 18
   3.1. O poduzeću 18
   3.2. Vizualna kontrola 20
      3.2.1. Definicija 20
      3.2.2. Fizikalne osnove vizualne kontrole 21
         3.2.2.1. Fotometrija 22
      3.2.3. Uočavanje detalja kod vizualne kontrole 23
         3.2.3.1. Utjecaj veličine detalja 24
         3.2.3.2. Kontrast kod vizualne kontrole 24
         3.2.3.3. Svijetlost 25
         3.2.3.4. Vid i sposobnost razlikovanja boja 28
      3.2.4. Oprema i pribor 28
         3.2.4.1. Direktna vizualna kontrola 29
         3.2.4.2. Daljinska (indirektna) vizualna kontrola 31
      3.2.5 Ocjenjivanje pri vizualnoj kontroli 33
         3.2.5.1 Tehnike ocjenjivanja 33
      3.2.6 Primjeri vizualne kontrole zavarenih spojeva 34

3.3. Nepravilnosti u zavarenim spojevima 38
3.4. Norme kod zavarivanja vizualne kontrole u poduzeću Te-Pro d.o.o. 44
3.5. Dokumentacija na primjeru iz prakse 45
5. Zaključak 51
6. Literatura 52

1. Uvod

U ovom završnom radu govorit će se o kontroli zavarenih spojeva bez razaranja. U prvom dijelu bit će govora o općenitostima NDT kontrole, zatim o povijesti, prednostima i nedostacima NDT kontrole, metodama i tehnikama koje se provode u kontroli bez razaranja te provođenju kontrole zavarenog spoja. Za ispitivanje kvalitete zavara i zavarenog spoja provodi se kontrola bez razaranja (KBR) i kontrola s razaranjem (KSR). Kontrola i ispitivanje zavarenih spojeva provode se zbog toga što zavareni spojevi moraju osigurati dovoljnu razinu pouzdanosti za vrijeme eksploatacije, da ne bi došlo do otkaza funkcionalnosti proizvoda koji je uzrokovan greškom u zavarenom spoju. Greške koje se dogode prilikom zavarivanja su pukotine, deformacije, poroznost i nedostatak provara. Greške koje se javljaju kod zavarenih konstrukcija prvenstveno su posljedica primjene toplinske energije, međutim tehnologije spajanja materijala kod kojih se toplinska energija ne koristi ili se koristi u manjoj mjeri (zavarivanje pritiskom ili kombinacijom pritiska i topline) ne daju dovoljno čvrste spojeve za primjenu u zahtjevnim konstrukcijama ili su previše skupe, pa se koriste samo u specifičnim konstrukcijama. Stoga se za izradu zahtjevnijih konstrukcija koristi zavarivanje topljenjem, pri čemu se posebno vodi računa o ponašanju materijala za vrijeme ciklusa.

Drugi dio završnog rada odnosi se na praktični dio. Detaljnije će biti opisana metoda nerazornog ispitivanja koja se provodi u poduzeću Te-Pro d.o.o. Metoda koje se provodi u spomenutom poduzeću bit će dokumentacijski popraćena i obrazložena. Najčešće metode nerazornih ispitivanja bez kojih nije moguće isporučiti proizvod kupcu su dimenzionalna, vizualna i magnetska kontrola. U ovom slučaju kupac je zahtijevao samo vizualnu kontrolu zavarenog spoja.

U slučaju da rezultati kontrole nisu zadovoljavajući potrebno je na vrijeme reagirati i napraviti određene korektivne mjere. Cilj vizualne kontrole je kontrola zavarenog spoja i izbjegavanje nepotrebnih dodatnih troškova te izbjegavanje kašnjenja isporuke.

2. Općenito o kontroli bez razaranja

2.1. Definicija

Skup metoda koje se temelje na principima fizike sa svrhom utvrđivanja svojstava materijala te otkrivanja različitih vrsta grešaka, a da se pritom ne utječe na funkcionalnost ispitanog materijala, naziva se kontrola bez razaranja. Nerazorna ispitivanja mogu se provoditi i za mjerenje drugih karakteristika ispitnih objekata, kao što su veličina, dimenzija itd. Iako kontrola bez razaranja ne može uvijek jamčiti da neće doći do kvarova, ona ima značajnu ulogu u smanjenju mogućnosti bilo kakvih neuspjeha. Neadekvatna izvedba i nepravilna primjena objekata može također doprinijeti neuspjehu, čak i u slučaju kada se kontrola bez razaranja primjenjuje na odgovarajući način. [1]

Danas je kontrola bez razaranja poznata kao jedna od najbrže rastućih tehnologija s gledišta jedinstvenosti i inovativnosti. Nedavna poboljšanja opreme, kao i temeljitije razumijevanje materijala i korištenje različitih proizvoda i sustava, doprinijela su vrlo značajnoj tehnologiji. Tu tehnologiju susrećemo svakodnevno u životu. Sigurnost kontrole bez razaranja poboljšala se više nego bilo koja druga tehnologija, uključujući i medicinsku struku. Kada bi se kontrola bez razaranja provodila pogrešno, pojavio bi se iznimno velik broj nezgoda i neplaniranih kvarova. Iz tog razloga kontrola bez razaranja kontrola postala je sastavni dio gotovo svakog procesa u industriji. Nerazorno ispitivanje je zapravo proces koji se svakodnevno izvodi od strane prosječnog pojedinca koji nije svjestan da se to događa. Na primjer, kada je novac pohranjen u utor automatiziranog stroja, bilo da se radi o automatu sa slatkišima ili toplim napicima, ubačeni novac se podvrgava nizu nerazornih ispitivanja. Provjerava se veličina, težina, oblik i metalurška svojstva tog novca te ako zadovolji sva ispitivanja, dobije se željeni proizvod. Osjetilo vida se gotovo uvijek koristi za procjenu svojstava kao što je boja, oblik, kretanje i udaljenost, kao i za identifikaciju. Ovi primjeri, u širem smislu, zadovoljavaju definiciju nerazornog testiranja – objekt se procjenjuje bez promjene na bilo koji način. [1]

Ljudsko tijelo jedno je od najjedinstvenijeg oruđa nerazornog testiranja ikada stvorenog. Toplina se može osjetiti stavljanjem ruke u neposrednu blizinu vrućeg objekta te bez dodirivanja određuje da postoji viša temperatura prisutna u tom objektu. Osjetilom mirisa može se utvrditi da postoji neugodna tvar koja se temelji na mirisu koji proizlazi iz nje. Bez vidljivog promatranja objekta, moguće je odrediti hrapavost, konfiguraciju, veličinu i oblik kroz osjetilo dodira. Od svih ljudskih osjetila, osjetilo vida pruža nam najbolji pristup nerazornom ispitivanju. Kada se uzme u obzir široka primjena osjetila vida te informacije koje se mogu odrediti vizualnim

promatranjem, postaje prilično jasno da je vizualno ispitivanje vrlo široko korišten oblik nerazornog ispitivanja.

Kontrola bez razaranja se zapravo koristi ljudskim osjetilima uz pomoć sofisticiranih elektronskih pomagala i druge opreme. S druge strane, nepravilna primjena kontrole bez razaranja može izazvati katastrofalne rezultate. Bitno je da kvalificirano osoblje koristi odgovarajuće metode i tehnike za kontrolu bez razaranja kako tih problema ne bi bilo.

Koriste se sljedeći nazivi:

- KBR – kontrola bez razaranja
- NDT – non-destrucitve testing
- NDE – non-destructive evaluation

1. **NDT** – interdisciplinarna tehnika za provjeru provode li proizvodi i sistemi svoju funkciju na pouzdan i ekonomičan način. Testiranje se provodi s ciljem lociranja i karakterizacije materijala i eventualnih grešaka. Ne otkrivanjem grešaka dolazi do mogućnosti opasnih pojava kao što su pucanje rezervoara, curenje kemikalija u okolinu, eksplozije itd. Ispitivanje i mjerenje proizvoda i materijala vrši se tako da se oni pri tome ne oštete, time se osigurava balans između kontrole kvalitete i kontrole troškova. Bitno je napomenuti da se NDT odnosi na industrijska ispitivanja, ispituje nežive objekte, a tehnologija koja se koristi jako je slična medicinskoj tehnologiji. [2]

2. **NDE** – koristi se za određivanje osobina materijala, kao što su zatezna čvrstoća, deformabilnost i neke druge fizičke karakteristike. Označava mjerenja koja su po prirodi više kvantitativna. NDE metoda neće samo locirati grešku nego će izmjeriti i neku osobinu greške kao što su veličina, intenzitet, oblik itd. [2]

   Podjela NDE metode:

   - otkrivanje i mjerenje grešaka
   - mjerenje dimenzija
   - određivanje i mjerenje položaja
   - analiza odziva
   - utvrđivanje kemijskog sastava
   - procjena fizičkih i mehaničkih osobina

Utjecajni faktori za izbor NDE metode kod otkrivanja grešaka:

- Karakteristike materijala
- Položaj grešaka
- Veličina objekta
- Oblik objekta

2.2. Povijest [1]

Nemoguće je odrediti točno vrijeme početka provođenja NDT kontrole. Prije 4 000 godina ljudi su tijekom borbe mačevima isprobavali zvuk oštrice mača kako bi došli do zaključka o kakvom se metalu radi. Također, prvi kovači desetljećima su koristili spomenutu tehnologiju pomoću zvuka, slušali su zvuk različitih metala prilikom kovanja. (Slika.1)

Slika 1. Rane kovačnice [1]

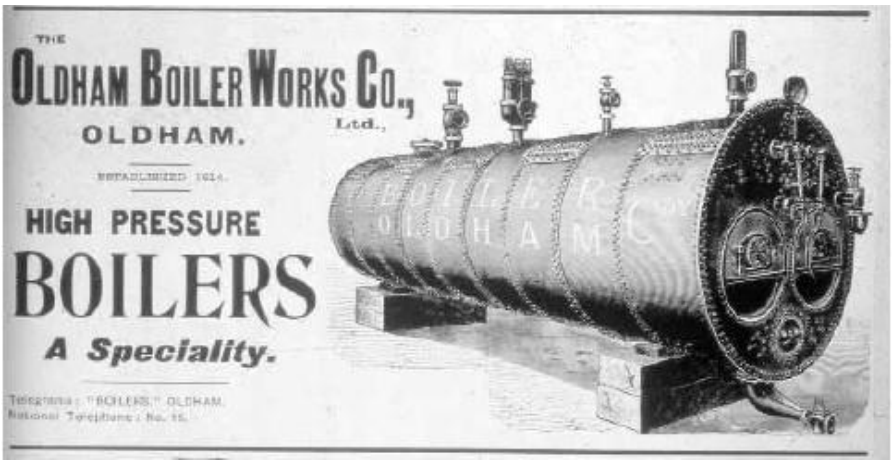
Nadalje će biti više govora o ključnim događajima iz prošlosti koji su vezani uz nerazorno ispitivanje. Godine 1800. Frederick William Herschel, njemački astronom, proveo je prvo termografsko promatranje. Naime, Herschel je testirao filtere za sunce kako bi mogao promatrati sunčane mrlje. Kada je koristio crveni filter, ustanovio je da je proizvedena količina topline. Otkrio je infracrveno zračenje na suncu prolazeći kroz prizmu i držeći termometar neposredno iza crvenog kraja vidljivog spektra. Na kraju je došao do zaključka da mora postojati nevidljivi

oblik svjetlosti iznad vidljivog spektra. Michael Faraday je 1831. godine započeo seriju pokusa u kojima je otkrio elektromagnetsku indukciju.

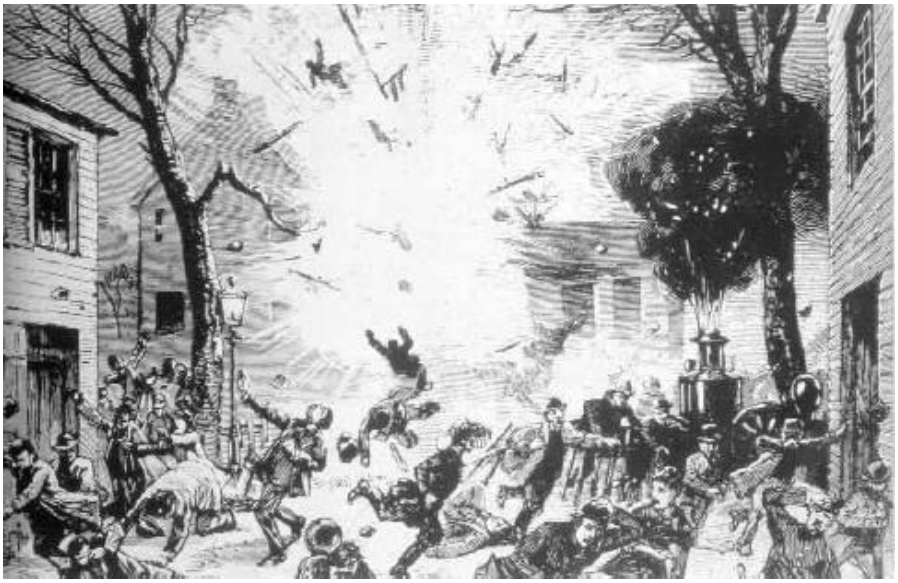
Početak vizualne kontrole bio je 1854. godine kada je Hartfordu eksplodirao kotao. (Slika 2.) U toj nesreći smrtno je stradalo oko 21 radnika, a ozbiljno se ozlijedilo oko 50 njih.(Slika 3.) Eksploziju kotla nisu uspjeli spriječiti ni veliki faktori sigurnosti, novi materijali, ali ni tvrtka koja je imala ugled, eksplozija se dogodila zbog prevelikog tlaka pare u kotlu.

Poslije tog događaja tvrtka koja je proizvodila kotlove uvela je slijedeće uvjete:

- izoliranje lokacije
- kontrolu sigurnosti
- izradu propisa o minimalnoj sigurnosti
- certifikaciju zaposlenika



Slika 2. Stari kotao [1]



Slika 3. Eksplozija kotla [1]

1895. godine Wilhelm Conrad Röntgen otkrio je nevidljive zrake koje izazivaju fluorescenciju, prolaze kroz materiju te se ne otklanjaju u magnetskom polju. Nazvao ih je X-zrakama ili Rendgenskim zrakama. 1935. - 1940. Betz, Doane i DeForest razvili su penetrantske tehnike (Slika 4.). Godine 1946. otkriven je prvi prijenosni ultrazvučni mjerač debljine koji poboljšava sigurnost i provjerava pouzdanost materijala, posebno u odnosu na koroziju i eroziju. J. Kaiser je 1950. godine uveo akustičnu emisiju kao NDT metodu.

Slika 4. Radna jedinica za ispitivanje penetrantima [1]

2.3. Prednosti i nedostaci NDT kontrole [2]

Prednosti kontrole bez razaranja:

- mogućnost provođenja kontrole za vrijeme eksploatacije
- olakšan rad na terenu zbog prijenosne opreme
- mogućnost provođenja kontrole bez zaustavljanja proizvodnje
- mogućnost ispitivanja proizvoda s više metoda i više puta
- mogućnost ispitivanja izravno na proizvodu ili konstrukciji
- mogućnost provođenja 100% kontrole

Nedostaci kontrole bez razaranja:

- pojedine metode kontrole bez razaranja zahtijevaju pojačanu zaštitu na radu
- interpretacija rezultata je složena pa je potrebno stručno osoblje
- svojstva objekta i kvaliteta se u većini metoda mjere indirektno, tj. o kvaliteti proizvoda zaključuje na temelju nepostojanju pogrešaka ili odstupanja

2.4. Tehnologija NDT kontrole [2]

Preduvjet za uspješnu kontrolu kvalitete bez razaranja je uključivanje nerazornih metoda kontrole u sustav osiguravanja kvalitete. Zbog toga je uključena u kontrolu kvalitete odgovornost ispitivača i uprave. Postoje neki uvjeti:

- potreban je nadzor nad postupkom i uređajima za pregled
- potrebno je vršiti kontrolu nad zapisima kvalitete
- potrebna je izobrazba radnika koja utječe na pouzdanost rezultata

Za uspješan i djelotvoran proces osiguravanja pouzdanih rezultata kontrole kvalitete potrebno je definirati :

1. **Kriterij kvalitete i/ili kriterij prihvatljivosti** – kada je riječ o ispitivanju kriterij prihvatljivosti se temelji na računu parametara kritične pogreške, odnosno mjerljivih pokazatelja postignuća kvalitete, a kriterij kvalitete temelji se na iskustvu.

DEFINIRA:	metode kontrole
NA TEMELJU:	kriterijima kvalitete ili kriterijima prihvatljivosti i tehničke dokumentacije
SADRŽI:	• tehniku i parametre ispitivanja • dokumentaciju, osoblje i potrebnu kvalifikaciju • osjetljivost • traženu točnost mjerenja
U SVRHU:	pridržavanja propisane metode i tehnike ispitivanja, dokaza mogućnosti otkrivanja pogrešaka, postizanja ugovorene razine kvalitete usluge

Tablica 1. Kriterij kvalitete i/ili kriterij prihvatljvosti [2]

2. Postupak kontrole

DEFINIRA:	metode kontrole
NA TEMELJU:	kriterijima kvalitete ili kriterijima prihvatljivosti i tehničke dokumentacije
SADRŽI:	• tehniku i parametre ispitivanja • dokumentaciju • osoblje i potrebnu kvalifikaciju • osjetljivost • traženu točnost mjerenja
U SVRHU:	pridržavanja propisane metode i tehnike ispitivanja, dokaza mogućnosti otkrivanja pogrešaka, postizanja ugovorene razine kvalitete usluge

Tablica 2. Postupak kontrole [2]

3. Program kontrole

DEFINIRA:	provođenje kontrole
NA TEMELJU:	kriterijima kvalitete i kriterijima prihvatljivosti, postupka kontrole i tehničke dokumentacije
SADRŽI:	• metode kontrole • specifikacije • obujam i dinamiku kontrola • pozicije ispitivanja • vremenski plan
U SVRHU:	jednoznačno određenog slijeda ispitivanja

Tablica 3. Program kontrole [2]

4. Procjena prihvatljivosti

DEFINIRA:	prihvatljivost objekta ispitivanja, odnosno kvalitete usluge
NA TEMELJU:	kriterija kvalitete ili kriterija prihvatljivosti
SADRŽI:	• nalaz o kvaliteti objekta odnosno kvaliteti usluge
U SVRHU:	prihvaćanja ili odbacivanja, ovisno o ustanovljenoj kvaliteti

Tablica 4. Procjena prihvatljivosti [2]

5. Tehnika ispitivanja

DEFINIRA:	pripremu objekta ispitivanja, pripremu sustava za ispitivanje
NA TEMELJU:	propisane metode kontrole, obujma kontrole i pozicija koje se ispituju
SADRŽI:	• parametre za ispitivanje • način dokumentiranja ispitivanja
U SVRHU:	postizanja zahtijevane osjetljivosti metoda, ponovljivosti i obnovljivosti rezultata kontrole, potrebe vjerojatnosti rezultata te pouzdanosti ispitivanja na zahtijevanoj razini

Tablica 5. Tehnika ispitivanja [2]

6. Interpretacija rezultata

DEFINIRA:	način obrade rezultata ispitivanja, izvješće o ispitivanju i mjerenju, izvješće o rezultatu kontrole
NA TEMELJU:	primijenjene metode i tehnike, opreme, referentnih normi
SADRŽI:	• liste za upis podataka i rezultata ispitivanja • postupak za obradu podataka i rezultate ispitivanja • nalaz kontrole • stupanj osjetljivosti • mjernu netočnost • vjerojatnost i pouzdanost rezultata
U SVRHU:	mogućnosti ocjene kvalitete

Tablica 6. Interpretacija rezultata [2]

7. Specifikacija opreme

DEFINIRA:	potrebne karakteristike uređaja, pribora, etalona i referentnih uzoraka
NA TEMELJU:	postupka kontrole kvalitete i programa kontrole kvalitete
SADRŽI:	• zahtijevane radne karakteristike sustava za ispitivanje
U SVRHU:	osiguravanja postupkom propisane osjetljivosti metode, mjeriteljskih mogućnosti, vjerojatnosti i pouzdanosti otkrivanja pogrešaka

Tablica 7. Specifikacija opreme [2]

8. Provjera opreme

DEFINIRA:	provjeru parametra opreme uključene u sustav
NA TEMELJU:	postupka ili norme za karakterizaciju sustava
SADRŽI:	• rezultate mjerenja • teste opreme
U SVRHU:	osiguravanja uvjetne osjetljivosti sustava za ispitivanje i pouzdanosti sustava

Tablica 8. Provjera opreme [2]

2.5. Podjela NDT kontrole [3]

Obzirom na fizikalne principe, nerazorna ispitivanja dijelimo na METODE nerazornih ispitivanja, a obzirom na specifičnosti načina provedbe ispitivanja na TEHNIKE nerazornih ispitivanja.

PRINCIP	ispitna struktura	METODA	TEHNIKE
elektro-magnetski valovi	X i γ zračenje	RT radiografska (radijacijska)	radiografija, radioskopija, gamagrafija, XRD, XRF
	vidljivi dio spektra	VT vizualna	direktna, RVI
	IR valovi	IR termografska	termovizija, lock-in termografija
	mikrovalovi	GPR radarska	
	niskofrekventna polja	ET (EC, vrtložne struje)	RFEC, ACPD, ACFM, ..
	magnetsko polje	MT magnetska	magnetskim česticama, MFL, Barkhausen
elastični valovi	ultrazvučni valovi	UT ultrazvučna	tehnike odjeka (PE), difrakcije (TOFD), ...
	akustički valovi	AC, AE akustička	akustička emisija, Impact Echo (IE)
kontakt	penetrant (kapilarni efekt)	PT penetrantska	ovisno o vrsti penetranta...
	inertni plin (propusnost)	LT ispitivanje propusnosti	vacuum, helij

Tablica 9. Metode i tehnike nerazornih ispitivanja [3]

Detekcija nepravilnosti temelji se na određenom odzivu nepravilnosti. Ovisno o primijenjenom fizikalnom principu i ispitnim parametrima (npr. osjetljivost, razlučivost) može se govoriti i o odzivu materijala (strukture).

Nerazorna ispitivanja provode se u cilju:

1. pronalaženja nepravilnosti (pogrešaka)
2. karakterizacije materijala

Metode nerazornih ispitivanja:

1. **Površinske metode** – provode se zbog detekcije površinskih nepravilnosti
    - Ispitivanje penetrantima (PT)
    - Ispitivanje magnetnim česticama (MT)
2. **Volumne metode** – provode se zbog detekcije nepravilnosti u materijalu
    - Ispitivanje ultrazvukom (UT)
    - Radiografsko ispitivanje (RT)
3. **Volumne metode** – provode se zbog detekcije nepravilnosti u materijalu
    - Termografija/termovizija (IR)
    - Vizualno ispitivanje (VT)
4. **Dimenzinalna metoda** – provodi se zbog detekcije nepravilnih mjera
    - Dimenzionalna kontrola (DK)

2.5.1. Vizualna kontrola (VT)

Vizualnom kontrolom moguće je otkriti razne površinske pogreške, kao što su veće pukotine, neprovaren korijen, površinske poroznosti te nepravilnosti oblika lica i korijena zavara. Nakon zavarivanja vizualna kontrola je najvažniji čimbenik u nastajanju zavarenog spoja. Jedino tom nerazornom kontrolom moguće je predvidjeti i uočiti uzrok i mjesto nastajanja pogreške.

Za provedbu vizualne kontrole potrebno je da je površina čista i svjetlost dovoljno jaka. Od kontrolora se traži da ima provjerenu sposobnost vida za uočavanje detalja ili da nosi odgovarajuće naočale. Kao pomoć kod vizualne kontrole koriste se povećala i lokalno osvjetljenje, a za nepristupačne dijelove zrcala razni endoskopi. U današnje vrijeme postoje suvremeni endoskopi koji se koriste za prijenos video slike optička vlakna. Također se vrši fotografiranje pomoću polaroid kamera, prednost tih kamera je ta što se odmah dobije dokument-fotografija. [4]

Slika 5. Postupak provođenja vizualne kontrole

2.5.2. Dimenzionalna kontrola (DK)

Dimenzionalna kontrola usko je povezana uz vizualnu kontrolu. Ona se vrši pomoću različitih uređaja za mjerenje geometrije i dimenzija (etaloni pravog kuta, kutomjeri, pomično mjerilo, metar, dubinomjeri itd.)

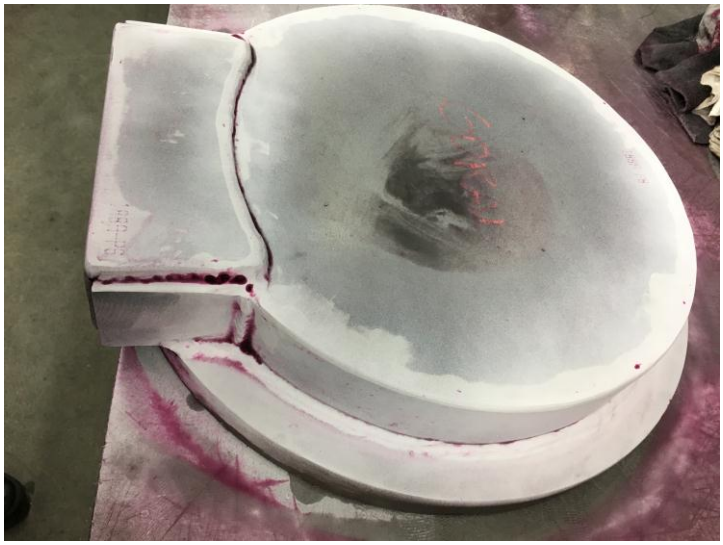
Mjerila se razlikuju prema namjeni upotrebe, mogu se razvrstati u dvije glavne skupine:

1. Jednostruka – moguće je izmjeriti samo jednu dužinu, kut
2. Višestruka – moguće je izmjeriti sve dužine, kuteve u području tog mjerila

Slika 6. Postupak provođenja dimenzionalne kontrole

2.5.3. Penetrantska kontrola (PT)

Kod ispitivanja penetrantima se na prethodno pripremljenu površinu prelije ili prska sredstvo crvene boje (penetrant), koja kapilarnim djelovanjem ulazi i u male pukotine. Penetrant se sa površine odstranjuje vodom ili vlažnom krpom. Nakon toga se na površinu nanosi bijeli razvijač koji kapilarnim djelovanjem iz pukotine, prolazi prema površini i izvlači crveni penetrant indicirajući mjesto pukotine crvenom bojom na bijeloj podlozi razvijača. Postoji mogućnost dodavanja fluoroscentnih čestica, pa se indikacije promatraju u tami uz UV lampu.



Slika 7. Ispitivanje penetrantima

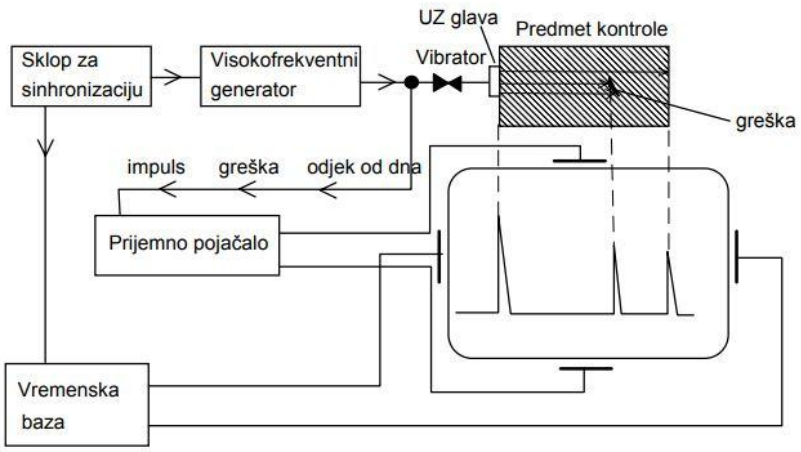
2.5.4. Magnetska kontrola (MT)

Kontrola se zasniva na principu magnetske indukcije. Površinske pukotine na materijalima koji se mogu magnetizirati (feromagnetični materijali) dobro se otkrivaju magnetiziranjem ispitivanog područja i nanošenjem magnetskih čestica. Otkrivanje pukotina se temelji na povećanom magnetskom otporu za magnetske silnice na mjestu pukotine (zračnog zazora). Na tom mjestu, u obliku pukotine dolazi do zgušnjavanja magnetskih čestica, pa se okom uočavaju. Čestice se oboje crnom ili smeđom bojom, a ispitivani predmet se može obojiti bijelom bojom zbog boljeg uočavanja grešaka. Mogu se nanositi kao suhe ili rastvorene u ulju. [4]

Slika 8. Ispitivanje magnetnim česticama [5]

2.5.5. Ultrazvučna kontrola (UT)

Kroz materijal se šalju zvučni valovi određenog spektra frekvencije. Tu se podrazumijeva traženje pogrešaka u materijalu pomoću ultrazvuka ili kako se to naziva ultrazvučna defektoskopija. Od izvora ultrazvuka šire se ultrazvučni valovi kroz materijal koji se kontrolira. Ako u materijalu postoji greška, iza nje će, ovisno o vrsti greške, ultrazvučni valovi oslabiti ili se neće pojaviti (odbiju se od greške). Ultrazvuk je naziv za frekvencije iznad područja čujnosti, za ovu metodu koriste se frekvencije 0,5 – 10 Mhz. [6]



Slika 9. Shematski prikaz ultrazvučne metode kontrole kvalitete [6]

Valovi se mogu kretati uzdužno te je to većinom slučaj kod tekućina i plinova. Akustična impedancija ima jako veliku važnost, poznata je za svaki materijal, ali se znatno razlikuje ovisno o materijalu. Za kvalitetno provođenje potrebno je iskustvo i znanje.

2.5.6. Radiografska kontrola (RT)

Kod radiografskog ispitivanja koriste se rendgenske ili gama zrake. Ova metoda koristi se za ispitivanje čeličnih uzoraka do 40 mm debljine. Prodornost gama i rendgenskih zraka je drugačija. Rendgenske zrake u pravilu daju kvalitetnije radiograme, međutim, gama zrake imaju veću prodornost te se one u pravilu koriste za ispitivanje uzoraka debljine preko 20 mm.

Nisu potrebe ekstenzivne pripreme uzorka za ispitivanje. Moguće je otkriti površinske, ali i greške unutar materijala. Metoda je pogodna za kontrolu teško dostupnih dijelova.

Slika 10. Radiografska kontrola [7]

2.6. Provođenje kontrole zavarenog spoja [6]

Postoje tri karakteristične faze u kojima se kontrola kvalitete zavarenih spojeva izvodi. Sve vrste kontrola treba provoditi dosljedno i organizirano.

1. **Kontrola prije zavarivanja** – iziskuje naročitu pozornost jer je prije u većem dijelu 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.
2. **Kontrola tijekom zavarivanja** – u tijeku zavarivanja pozornost treba obratiti na savjesno izvršavanje postupka jer će njima u najvećem dijelu ovisiti kvaliteta izvršenog zavarivanja. Zbog takvog rada međufazna nerazorna kontrola mora biti samo nužna potvrda da je zavarivanje završeno besprijekorno. Treba samo napomenuti da se preskakanje i izostavljanje operacija kontrole može vratiti na najneugodniji način, u obliku pogreške u zavarenom spoju. Kontrole koje se tu izvršavaju su: postupak zavarivanja, pripajanja, redoslijeda parametra i ostalih uvjeta zavarivanja te kontrole zavarivanja posebnih detalja.
3. **Kontrola kvalitete nakon zavarivanja** – može se podijeliti na kontrolu kvalitete bez razaranja i kontrolu kvalitete metodama s razaranjem.

Kontrola kvalitete zavarenog spoja bez razaranja površine pripada trećoj skupini „Kontrola kvalitete nakon zavarivanja“. U ovom završnom radu detaljnije će biti opisane kontrole koje se provode u poduzeću Te-Pro d.o.o.

3. Praktična primjena vizualne kontrole u poduzeću Te-Pro d.o.o.

3.1. O poduzeću

TE – PRO d.o.o. nalazi se na adresi Gospodarska 7 u Vrhovljanu, Sveti Martin na Muri. To je mlada metalska tvrtka, osnovana početkom 2005. godine, a već krajem iste godine počela je ozbiljnija proizvodnja. Danas zapošljava oko 260 radnika. Osnovna im je djelatnost strojna obrada metala, tokarenje, glodanje, obradni centri, autogeno i lasersko rezanje, sastavljanje i varenje visokozahtjevnih pozicija te njihova strojna obrada. Iza tvrtke TE-PRO stoji austrijski kapital, odnosno matično poduzeće FERROTECHNIK GmbH iz Graza. Prisutna je najnovija generacija CNC strojeva – od obrade do laserskog rezanja, savijanja pozicija, sastava i varenja. Tvrtka se bavi proizvodnjom niza industrijskih artikala iz metaloprerađivačke djelatnosti, proizvodeći prototipove, ali i serijske proizvode. Asortiman se tijekom godina širio i postupno obuhvatio sve vrste metalnih konstrukcija. Kvalitetom proizvoda, poduzeće zadovoljava kriterije inozemnog tržišta i izvozi 95% svoje proizvodnje.

Poduzeće TE – PRO d.o.o sastoji se od 7 hala. U hali 1, 3 i 4 izvodi se strojna obrada pozicija, hala 2 rezervirana je za rezanje laserom, plazmom te plinskim rezanjem pozicija, kao i za neke manje strojne obrade. U hali 4 radi se montaža cilindara te preostale moguće strojne obrade pozicija. Hala 5 i 7 sastoji se od zavarivačko – bravarskih radova. U hali 6 nalazi se pjeskara. Skladište je organizirano na vanjsko i unutarnje. Vanjsko skladište čini 60% svih materijala, dok se preostalih 40% skladišti u hali 2.

Osnovni cilj je isporučiti i staviti na raspolaganje proizvode strankama po ekonomičnoj cijeni za ugovorenu količinu i po ugovorenoj kvaliteti. Ishod rezultirajućih očekivanja i potreba, kao i tehničkih, gospodarskih i vremenskih dogovora iz ugovora treba biti ispunjen i pridonijeti potpunom zadovoljstvu stranaka.

Uprava tvrtke vidi kao osnovne zadatke da se svijest za odgovornost i kvalitetu kod radnika unaprjeđuje, kao i reguliranje zaduženosti za tijek kontrole kvalitete. Uprava definira ciljeve kvalitete i ocjenjuje ih periodno prema njihovoj konstantnosti. Informira se u vremenskim razmacima o postignutim ciljevima u kvaliteti, ocjenjuje sistem kvalitete (QM-sistem) i kontrolira poboljšanja koja su se ranije nametnula. Sve to se pismeno dokumentira i arhivira. Uprava se obvezuje navedene protokole prosljeđivati i postupno poboljšavati učinkovitost.

Slika 11. Poduzeće Te-Pro H7

Slika 12. Poduzeće Te-Pro iz zraka

3.2. Vizualna kontrola

3.2.1. Definicija

Vizualna metoda ispitivanja zavarenog spoja je jedna od najosnovnijih i najstarijih metoda ispitivanja zavarenog spoja bez razaranja. Ta metoda predstavlja promatranje proizvoda, a cilj je otkrivanje vidljivih grešaka na površini. Pomoću vizualne kontrole lako se uočavaju pogreške oblika, nedovoljno provaren korijen zavara, veće pukotine, prskotine, razne nepravilnosti korijena i lica zavara. Ova metoda je vrlo brza te je rasprostranjena u praksi, moguće je uočiti i predvidjeti mjesto i uzrok nastajanja pogreške.
Svojstva vida:

1. **Oštrina vida** – sposobnost uočavanja dvaju objekta koji s očima na određenoj udaljenosti tvore kut izražen u kutnim minutama.
2. **Visus** – obratna vrijednost toga kuta (jedinica za oštrinu vida).
3. **Akomodacija** – proces pri kojemu oči mijenjaju fokus od udaljenog objekta k bližnjemu objektu.
4. **Adaptacija** – proces pri kojem se mrežnica prilagođava promjeni vida obzirom na osvijetljenost.
5. **Zorno polje** – pogled ili skup svih promatranih točaka (objekta), koje opaža mirujuće oko pri čemu glava također miruje.
6. **Vidno polje** – pogled ili skup svih promatranih točaka (objekta), koje opaža oko pri čemu se pomiče do krajnjeg lijevog do krajnjeg desnog položaja, a da pri tome glava miruje.

Vizualna kontrola primjenjuje se za:

- provjeru dimenzija
- utvrđivanje stanja objekta vidljivim promjenama na površini
- otkrivanje pogrešaka tijekom eksploatacije
- otkrivanje tehnoloških pogrešaka
- utvrđivanje sukladnosti i pripadnosti

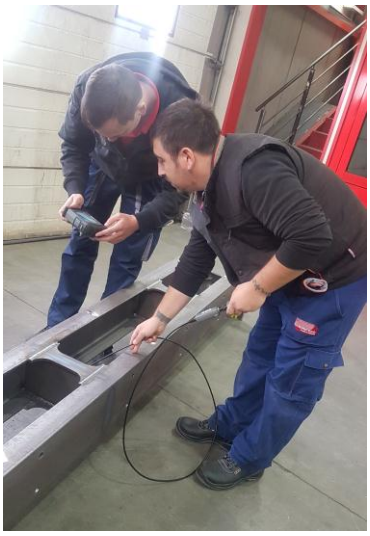
Kvaliteta vizualnog pregleda određena je:

- kvalitetom detektora (oka ili kamere)
- uvjetima osvjetljenja

- stupnjem izobrazbe i pozornosti detaljima

Tehnike vizualne kontrole:

- direktna kontrola
- indirektna kontrola



Slika 13. Provođenje vizualne kontrole

3.2.2. Fizikalne osnove vizualne kontrole

POJAM	OZNAKA	MJERNA JEDINICA	OZNAKA	OBJAŠNJENJE
jakost izvora svjetlosti	I	Candela	Cd	snaga svjetiljke
osvijetljenost (iluminacija)	E	lux (FootCandela)	lx (ftc)	pojavljuje na površini s određenim zračenjem, pod određenim kutom i na određenoj udaljenosti od površine
svjetlost (luminacija)	L	candela na m^2	Cd/m^2	površina je okom vidljiva kod najboljeg faktora refleksije
udaljenost	a	metar	m	udaljenost između izvora svjetlosti i predmeta
kut	α	stupanj	°	kut pod kojim je površina nagnuta
refleksijski faktor	f_R			reflektirajući faktor promatrajuće površine

Tablica 10 . Pojmovi koji se odnose na svjetlost i mjerne jedinice [8]

3.2.2.1. Fotometrija

1. **Vrijednosti osvjetljenja** – energiju optičkoga zračenja mjerimo u Ws (wattsekunda), a njezinu snagu u W (watt). Ljudsko oko otkriva samo jedan dio optičkoga zračenja, a to je vidljivo svjetlo. Također je potrebno razlikovati snagu zračenja i snagu svijetlosti (svjetlosni tok). Mjerna jedinica za svjetlosni tok je lm (lumen). U jedinici lumena karakteristično je da se različite valne duljine svjetlosti detektiraju različitom osjetljivosti.

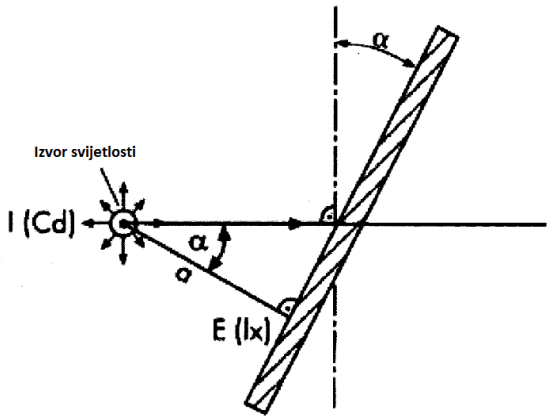
SVJETLOSNO OPTIČKO ZRAČENJE									
nevidljive UV zrake	**vidljivi dio elektromagnetskoga spektra ili bijela svijetlost**								**nevidljive IC zrake**
	ljubičasta	plava	plavo zelena	zelena	žuto zelena	žuta	narančasta	crvena	
100-380 nm	380-424 nm	424-486 nm	486-517 nm	517-527 nm	527-575 nm	575-585 nm	585-647 nm	647-780 nm	780-10^6 nm

Tablica 11. Valne duljine pojedinih boja [8]

2. **Zakon svjetlosti** – posebni intenzitet svjetlosti može se dodijeliti svakom (točkastom) izvoru svijetla. Iz ovog izvora svijetla pojavljuju se svjetlosne zrake koje osvjetljavaju površinu pod određenim kutom i na preciznoj udaljenosti, a s ove površine ponovno se reflektiraju ili se apsorbiraju izvana.

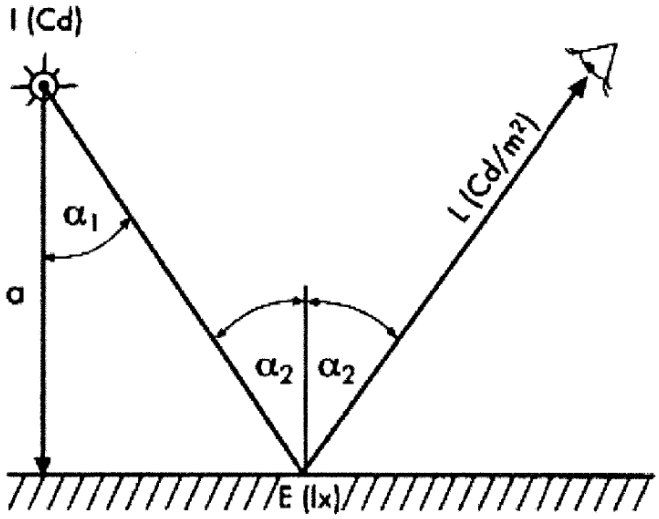
   Intenzitet svjetlosti koji djeluje na površinu zavisi o:

   - intenzitetu izvora svjetlosti
   - razmaku između površine i izvora zračenja



Slika 14. Zakon svjetlosti [8]

3. Svjetlost (luminacija) – oko zabilježi unaprijed određenu svjetlinu koja se reflektira ili izrezuje iz površine. Za vidljivost detalja, odlučujuća je svjetlina (luminacija) L površine. Za oko je površina samo ravni izvor svijetlosti, čija je svjetlina naznačena u mjernoj jedinici Cd/m^2.



Slika 15. Povezanost između intenziteta, osvjetljenja i svjetlosti [8]

3.2.3. Uočavanje detalja kod vizualne kontrole

Da bi se neki detalj mogao uočiti golim okom ili neizravno nacrtati kao sliku potrebno je da taj detalj zadovoljava sljedeće uvjete:

- mora biti minimalne veličine, koji se odnosi na ovaj oblik
- mora imati minimalni kontrast u usporedbi s okolinom
- mora biti na ispitanoj površini, koja mora biti optimalno osvijetljena

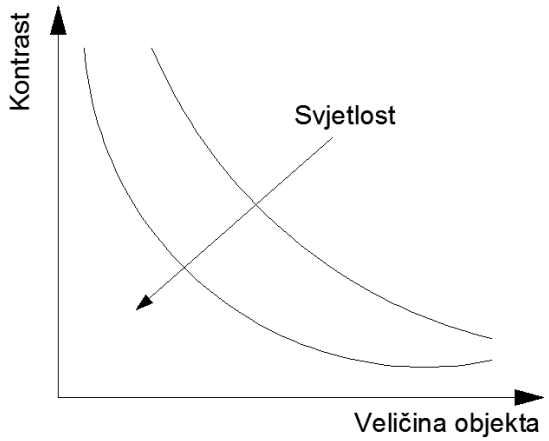
Ove tri veličine, koje se razlikuju ovisno o predmetu su međusobno zavisne. Ako postoji veći kontrast, lako je moguće manje predmete uočiti čak i kod malog osvjetljenja. Na dobro osvijetljenoj površini moguće je uočiti manje detalje bez obzira što je manji kontrast. Međusobna povezanost prikazana je shematski na sljedećem dijagramu. (Slika 14).

Da bi se detalji promatranog predmeta uočili direktnom vizualnom kontrolom oko mora:

- imati dovoljnu oštrinu vida za gledanje na blizinu i daljinu, također dovoljnu sposobnost razlikovanja boja
- biti akomodirano i adaptirano za zadatke ispitivanja

- određeno vrijeme promatrati objekt, da se analizira uočeno i isključi moguća optička greška

Tijekom istraživanja detalja indirektnom vizualnom kontrolom, gore navedene osobine za ljudsko oko se ne primjenjuju, već se primjenjuju za fotoaparat „senzora“.



Slika 16. Shematski dijagram - povezanost veličine objekta, kontrasta i svjetlosti [8]

3.2.3.1. Utjecaj veličine detalja

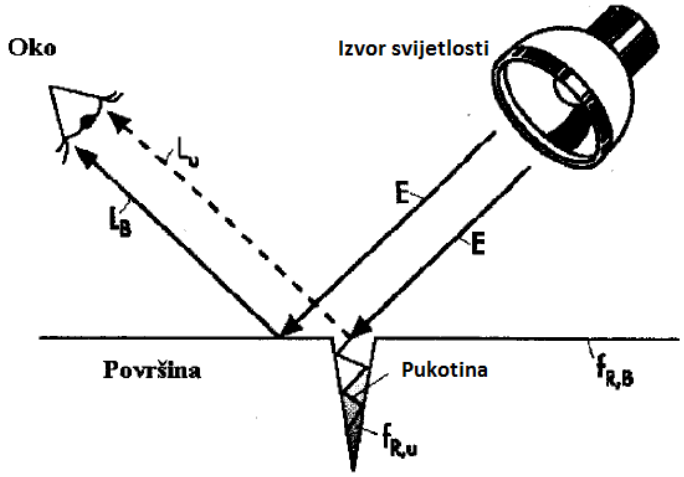
Što su dimenzije detaljnije prikazane, to je više prepoznatljiv i veća je mogućnost određivanja. Granične vrijednosti za određivanje grešaka propisanih propisima leže uglavnom u milimetarskom području (1 – 4 mm), u nekim specifičnim slučajevima zahtijevana vrijednost je 0,3 – 0,5 mm. Kako bi se odredili detalji manji od 1 mm, potrebna je temeljita priprema ispitane površine i optimalno osvjetljenje.

3.2.3.2. Kontrast kod vizualne kontrole

Kontrast je razlika u intenzitetu ili razlika u bojama svijetlosti, koja dolazi u ljudsko oko s različitih mjesta na površini. Da bi bilo moguće prepoznati neki detalj na površini, npr. pukotinu, posljedicu korozije ili geometrijske oblike, taj detalj mora stvoriti dovoljno visok kontrast s neoštećenim dijelom površine. Taj kontrast se može ostvariti na 3 različita načina:

- razlika u osvjetljenju (sposobnost refleksije)
- sjenom
- razlikom u bojama

1. **Svijetlost ili refleksijski kontrast** – pukotine, rupice na površini, žljebovi na metalnoj površini „apsorbiraju“ svjetlost u većoj mjeri od površine u okolini koja raspršuje ili usmjerava reflektiranu svjetlost. Svjetlost svih točaka na ispitivanoj površini doseže oči kontrolora. Svjetlost svake točke na površini proporcionalna je osvjetljenju i sposobnosti refleksije. Po mogućnosti jednaka svijetlost pretpostavlja sljedeće: Razlika u svjetlini između utora i okolnog područja posljedica je različitih mogućnosti refleksije, a to se percipira kao kontrast. Ovdje je riječ o refleksivnom kontrastu.



Slika 17. Svjetlosni kontrast [8]

2. **Kontrast boja** – slojevi na površini kao što su: crveno-smeđi proizvodi za koroziju svijetle su boje. Na dovoljno visokoj svjetlosti boje su dobro vidljive, nastaje veći kontrast između okoline i detalja. Također, bezbojni detalji se lako prikažu pomoću svijetla u boji. Nekada je lakše na površini jasnije prikazati detalje s manjim reflektirajućim kontrastom.

3.2.3.3. Svijetlost

1. **Osvijetljenost (iluminacija) –** za vizualnu kontrolu potrebna je dovoljna količina osvijetljenosti, na taj način moguće je na ispitanoj površini uočiti detalje. U slučaju dnevnog svjetla, kada se radi pod slobodnim nebom dolazi se do zaključka da oko može dovoljno dobro obaviti svoj posao. Noću u zatvorenom prostoru u pravilo je potrebna dodatna svijetlost. Ovisno o vrsti mjesta i aktivnosti koja se treba izvoditi, postoje precizno određene vrijednosti osvjetljenja.

Tablica u nastavku (Tablica 12.) služi za promatranje raspodjele veličine takvog osvjetljenja. Kod direktne vizualne kontrole na malim detaljima, kod nižeg kontrasta najbolje je zadovoljiti najstrože uvjete za svijetlo (1000-2000 lx). Većina propisa definira minimalnu vrijednost osvjetljenja od 500 lx, nikakva kvalitetna vizualna kontrola ne može se izvršiti pod tim uvjetima.

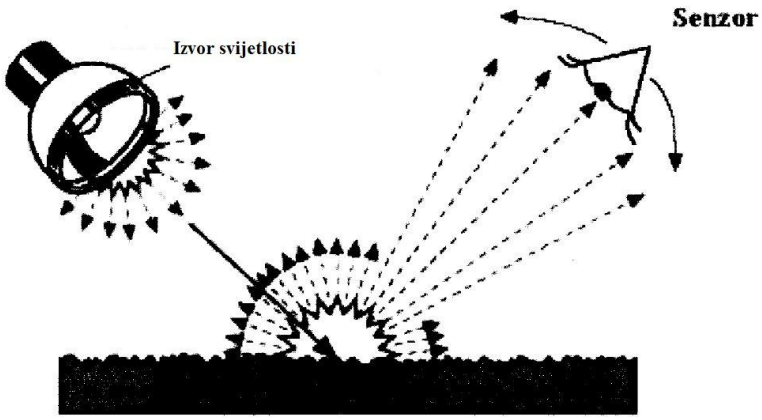
VRSTA PREGLEDA	OSVIJETLJENOST (lx)	VRSTA OSVIJETLJENOSTI
opći pregled na kontrolnom stolu	100 – 200	osnovna osvijetljenost
pregled većih detalja s visokim kontrastom	200 – 500	
pregled srednjih detalja s srednjim kontrastom	500 – 1000	ručna osvijetljenost
pregled malih detalja s niskim kontrastom	1000 - 2000	

Tablica 12. Vrijednosti osvijetljenosti za različite tehniike ispitivanja [8]

2. **Tehnike osvjetljavanja –** u principu postoje 3 osnovne tehnike:

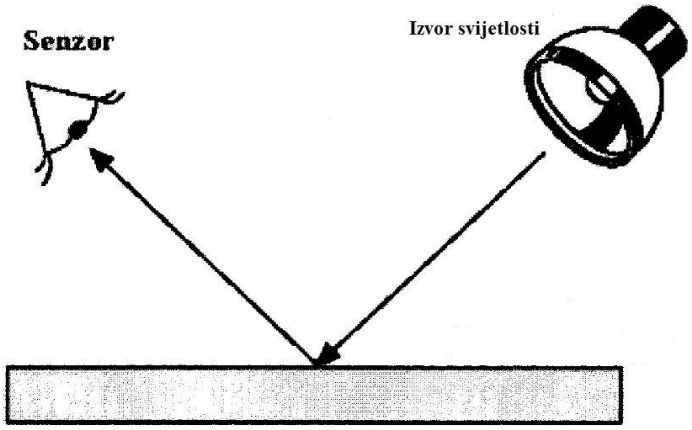
- difuzna tehnika osvjetljenja
- usmjerena tehnika osvjetljenja s promatranjem pri svjetlosnim zrakama
- usmjerena tehnika osvjetljenja s promatranjem iz tame

Kod difuzne tehnike osvjetljenja osvijetli se ispitana površina s neusmjerenim svijetlom visokog intenziteta. U principu oko (senzor) i svijetla mogu biti usmjereni paralelno jedan s drugim ili okomiti na površinu. Ova tehnika koristi se na površini koja je obrađena rezanjem.



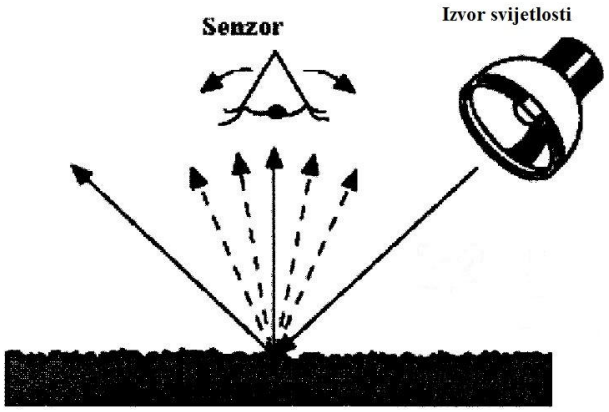
Slika 18. Kontrola kod difuzne tehnike osvjetljenja [8]

Kod usmjerene tehnike osvjetljenja s promatranjem pri svjetlosnim zrakama osvijetli se ispitana površina s usmjerenim svjetlosnim zrakama. Svijetlo i oko (senzor) su tako postavljeni da ispitana površina odbija svijetlost direktno u oko (senzor), u pravilu su svijetlo i oko (senzor) pod kutom od 45°. Ova tehnika upotrebljava se na svijetlim, zrcalnim i metalnim površinama.



Slika 19. Kontrola pri svjetlosnim zrakama [8]

Kod usmjerene tehnike osvjetljenja s promatranjem u tami ispitana površina također mora biti osvijetljena usmjerenim svijetlom. Svijetlo se nalazi pod kutom od 45° ili je paralelno s ispitanom površinom, oko (senzor) ovaj put je usmjereno pod drugačijim kutom, najviše puta je okomito na ispitanu površinu. Ova tehnika upotrebljava se kod hrapavih površina.



Slika 20. Kontrola u tami [8]

3.2.3.4. Vid i sposobnost razlikovanja boja

Za provođenje vizualne kontrole koristi se jako bitan alat, a to je ljudsko oko. Kako bi se osiguralo kvalitetno provođenje vizualne kontrole potrebno je vršiti kontrolu oka svake godine. Kod te kontrole provjerava se:

- sposobnost vida na blizinu
- sposobnost vida na daljinu
- sposobnost raspoznavanja boja

Oštrina vida definira se kao sposobnost detekcije dvaju odvojenih objekata i može se definirati kao kut gledanja ispod kojeg je moguće daljnje otkrivanje. Suprotna vrijednost toga kuta navedena je u kutnim minutama i označuje se kao visus. Vrijednost visusa 1 čini kut od 1 kutne minute.

3.2.4. Oprema i pribor

Izvođenje vizualne kontrole podijeljeno je na direktnu vizualnu kontrolu i daljinsku (indirektnu) vizualnu kontrolu. U nastavku će biti prikazana oprema i pribor za izvođenje vizualne kontrole prema toj podjeli.

3.2.4.1. Direktna vizualna kontrola

Oči su najvažnije i ključni su element za ispitivanje vizualnom kontrolom. U nekim situacijama potrebna im je pomoć pri vizualizaciji detalja pa se koriste slijedeći alati:

1. **Povećalo –** najjednostavniji optički instrument koji služi za povećanje slike gledanog oblika. Mjerna jedinica je dioptrija. Vrijednost mjerenja loma leće jednaka je recipročnoj vrijednosti žarišne duljine u metrima. Ograničenje povećanja je dubina polja, dubina polja smanjuje se povećanjem uvećanja. Ako imamo „10 dioptrijsko“ povećalo, ono ima mogućnost uvećanja 10 puta.

Slika 21. Povećala različitih dioptrija [9]

2. **Izvor svijetlosti** – kod primjene uređaja za povećanje, obično su potrebni dodatni izvori svjetlosti. Dostupno je nekoliko rasvjetnih uređaja koji omogućuju da se svjetlo koncentrira na malome mjestu. Najčešći uređaj je ručna svjetiljka, ovaj uređaj potrebno je držati pod nekim kutom ili unutar prostora objekta koji se ispituje. Intenzitet svjetla na površini koja se ispituje ovisi o udaljenosti, svjetlosti, kutu, snazi žarulje i snazi baterije.

Slika 22. Ručna svjetiljka

3. **Mjerač zavara –** namijenjen je kontroli i mjerenju dubine vara na plohama i dubini vara na varenim plohama pod kutom od 90°.

Slika 23. Mjerači zavara

4. **Zrcalo –** služi za vizualnu kontrolu zavara nepristupačnih mjesta.

Slika 24. Zrcalo

3.2.4.2. Daljinska (indirektna) vizualna kontrola

1. **Endoskopi –** tanki cjevasti optički instrumenti koji omogućavaju kontroloru da vrši kontrolu cijevi, unutrašnjosti cilindra. Prednost endoskopa je ta da uz odgovarajuću opremu moguće je vršiti kontrolu u zatvorenom, neosvijetljenom i malom prostoru. Moguće je pouzdano otkrivanje, mjerenje, registriranje i arhiviranje oštećenja, zareza, deformacija, lomova, korozije.

   Vrste endoskopa:

   - kruti endoskopi
   - fleksibilni endoskopi

   Prema konstrukciji se dijele na:

   - boroskope
   - fiberskope
   - video endoskope

2. **Boroskopi –** najstariji predstavnici opreme za endoskopsku dijagnostiku koji su danas značajno unaprijeđeni u pogledu visoke kvalitete optike. Funkcioniraju na principu optičkih leća ugrađenih u krutu cijev kroz koju se dovodi osvjetljenje i gleda unutrašnjost.

   Promjeri boroskopa obično su 6 i 8 mm, a specijalni su 2 mm. Nesmetano se mogu koristiti do temperature od 150 °C.

Slika 25. Boroskop [10]

3. **Fiberskopi –** moderniji predstavnici savitljivih endoskopa. Funkcioniraju na principu snopa tankih staklenih vlakana koji su ugrađeni u savitljivu cijev, kroz tu cijev se istovremeno dovodi osvjetljenje i na taj način je moguće vršiti kontrolu unutrašnjosti. Promjeri fiberskopa su 6 i 8 mm. Najveća prednost je ta da su savitljivi i to ne utječe na sliku koju obrađuju.

Slika 26. Fiberskop [11]

4. **Video endoskopi –** najsuvremeniji sistem daljinske vizualne kontrole. Funkcioniraju na principu da se kroz savitljivu cijev dovodi istovremeno osvjetljenje i snima unutrašnjost. Na vrhu savitljivog endoskopa ugrađena je specijalna digitalna kamera, dobivenu sliku vidimo preko video analizatora te se može memorirati i na računalo.

Slika 27. Video endoskop

3.2.5 Ocjenjivanje pri vizualnoj kontroli

3.2.5.1 Tehnike ocjenjivanja

Vizualna kontrola zahtijeva puno iskustva i stručnosti kontrolora u pogledu tehnologije proizvoda i samih uzoraka. Zahtjevi za kvalifikaciju osoblja definirani su u općem standardu EN 13018 kao i u drugim proizvodnim standardima koji definiraju nerazorna ispitivanja. Puno sistema za ocjenjivanje ili pravilnika ne zahtijevaju nužno odluke o „zahtjevu greški“, to dovodi u pitanje procjenu grešaka. Takav pristup je neuobičajen u vizualnoj kontroli jer se u ovoj metodi detalji objekta (pogreške, stanje površine) izravno promatraju.

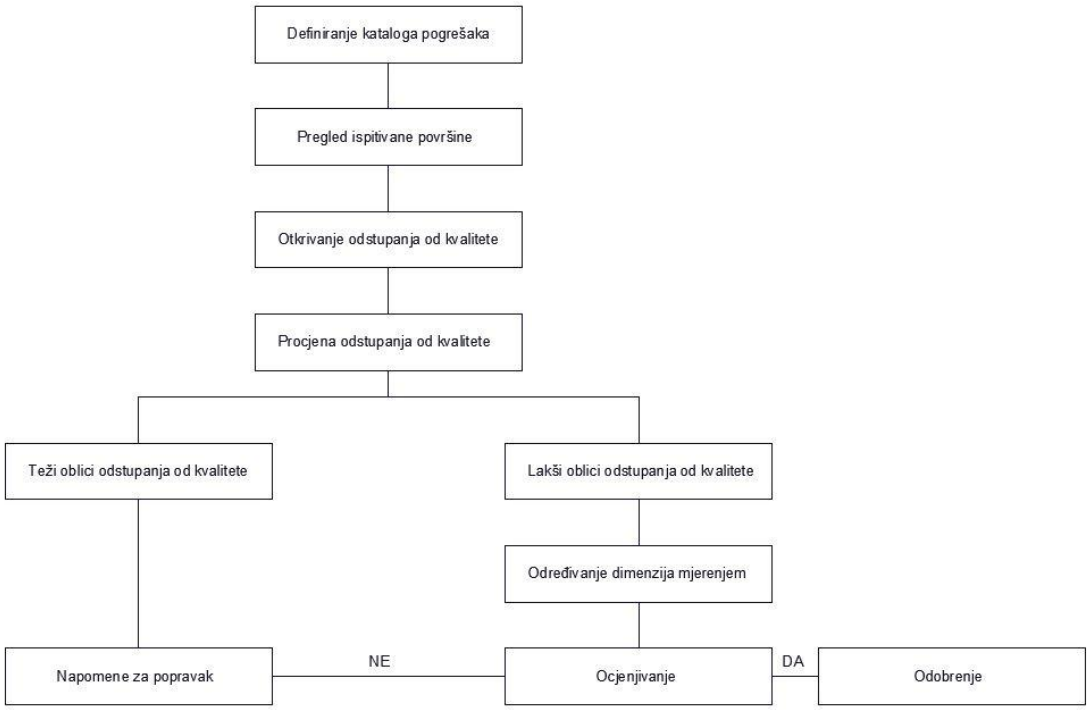
RAZINA OCJENJIVANJA	OCJENJIVANJE PO	PRIMJER
nominalna	Karakteristike, vanjske slike	Vrsta pogreške : pukotina
ordinalna	Stupanj kvalitete	Stupanj hrapavosti
mjerna	Mjerenje	Odstupanje u obliku

Tablica 13. Razine ocjenjivanja kod vizualne kontrole [8]

U katalogu pogrešaka i pravila istovremeno se označi i koristi više razina ocjenjivanja. Na primjer kod ocjenjivanja zavara:

- da li su određene vrste pogrešaka uvijek nedopustive (pukotine)
- da li se klasifikacija vrši prema razinama kvalitete
- da li su pogreške unutar dozvoljenih odstupanja

Klasifikacija pojedinačnih pogrešaka samo kroz opis riječima nije dovoljna. Potrebno je napraviti fotografiju svake pogreške za svaki proizvod. Time se stvara katalog pogrešaka koji je dostupan svim radnicima. Taj katalog može se dostaviti kontroloru na njegovo radno mjesto, također moguće je dostaviti na njegovo radno mjesto zbirku oštećenih komada s tipičnim pogreškama. Nakon toga je vizualni kontrolor opremljen najboljim ilustrativnim, referentnim i edukativnim materijalom.



Slika 28. Shema za ocjenjivanje kod vizualne kontrole [8]

Svaka vizualna kontrola zahtjeva izradu kataloga pogrešaka (kontrolnu listu) s kojom se definiraju dijelovi koji će se vizualno kontrolirati.

Objašnjenje nastalih grešaka možemo provoditi na sljedeće načine:

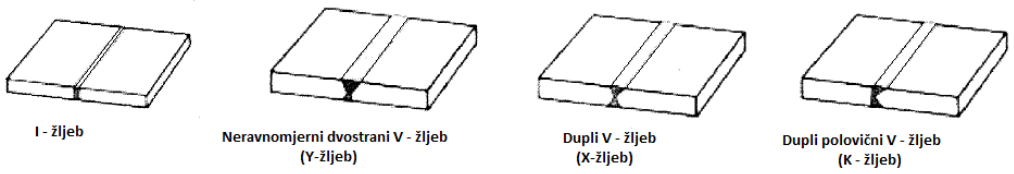
- opis riječima i dimenzijama
- skice, shematski prikazi
- fotografije tipičnih pojava
- uzorak

3.2.6 Primjeri vizualne kontrole zavarenih spojeva

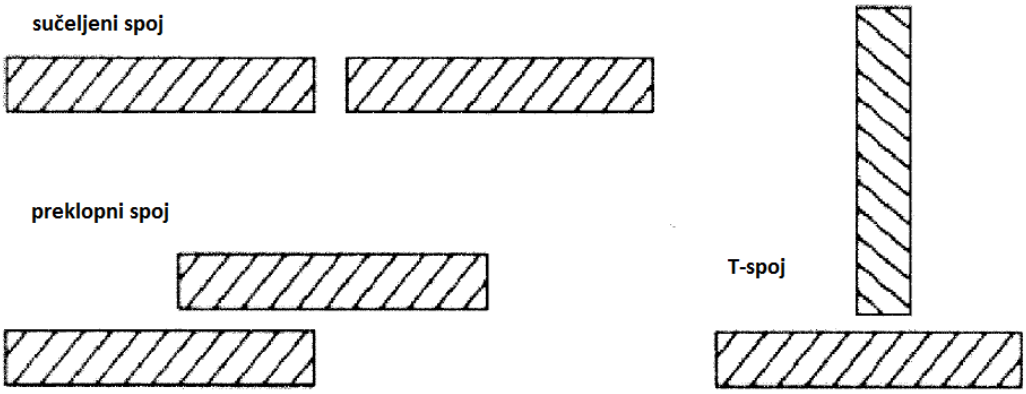
Spajanje materijala procesom zavarivanja znači da je u prije pripremljeni žlijeb za zavarivanje potrebno dovesti dovoljnu količinu toplinske energije, tako da se rubovi materijala i dodatni materijal rastale i za vrijeme ohlađivanja povežu u jednu cjelinu. Rubove dvaju materijala koji se zavaraju potrebno je najprije pripremiti (Slika 29). Prema geometrijskom obliku ili položaju spojenih elemenata razlikujemo sučeljene, preklopne i T spojeve (Slika 30). Najčešći oblici zavarenog spoja su V, X i K spoj (Slika 29). U strukturi zavarenog spoja razlikujemo različita područja kao što su površinski sloj, korijen zavara, utjecaj topline i osnovni materijal (Slika 31).

Po EN 970 – vizualna kontrola (EN ISO 17637:2011), ovisno o fazi proizvodnje zavarenih spojeva određuju se različiti vizualni testovi:

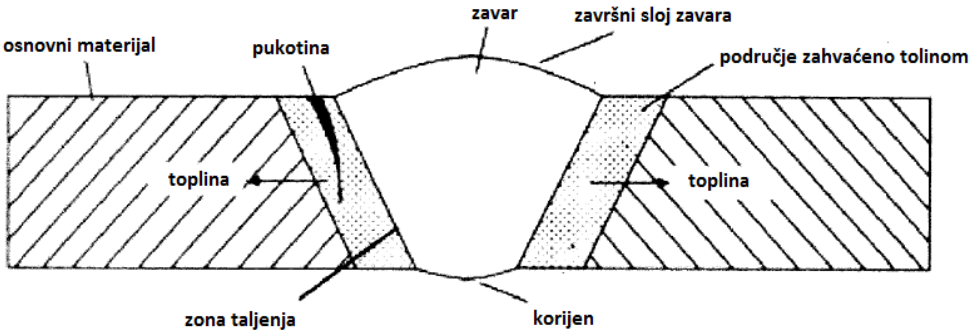
- vizualna kontrola pripreme zavarenog spoja
- vizualna kontrola između zavarivanja višeslojnog zavarenog spoja
- vizualna kontrola konačnoga zavarenog spoja
- vizualna kontrola popravaka



Slika 29. Oblici zavarenih spojeva [8]



Slika 30. Geometrijski oblici sastava [8]



Slika 31. Izgled zavarenoga poja [8]

EN 970 definira se u sklopu vizualne kontrole zavarenoga spoja i kontrolu oblika, dimenziji, čistoće i položaja spojenih dijelova. Između zavarivanja potrebno je ispitati jesu li sve nečistoće i troska prije nanošenja sljedećeg zavara počišćene, tako da ne bi postojali nedostaci kao što su pukotine ili poroznost. Što se tiče ispitivanja konačnoga zavarenoga spoja EN 970 pruža slijedeće:

- čistoću i doradu površine zavarenog spoja
- geometrijsku i dimenzijsku točnost zavarenog spoja
- greške na površini zavarenog spoja i u bližoj zoni osnovnog materijala

Za pregled površine zavarenog spoja potrebno je najprije u potpunosti očistiti cijelu površinu. Na površini nisu dozvoljeni nikakvi tragovi pucanja elektrode, otisci alata za čišćenje itd. Na primjer, za popravak je potrebno brušenje površine, potrebno je izvršiti blage prijelaze u osnovni materijal. Profil zavarenoga spoja, površina zavarivanja, oblik tjemena i korijena zavarenog spoja mora zadovoljavati zahtjeve određenog standarda. Jednostrano zavarivane spojeve potrebno je dodatno kontrolirati zbog provara korijena zavarenog spoja i zbog udubljenja, koja ne smiju biti preduboka. Na površini zavarenoga spoja ne smije biti vidljiva pukotina i poroznost.

EN ISO 5817 definira kriterije prihvatljivosti pogrešaka za tri skupine. Skupine zahtjevnosti (kvalitete) zavarenih spojeva za čelične materijale debljine veće od 0,5 mm. Mogu se koristiti metode zavarivanja kao što su elektrolučno zavarivanje, zavarivanje pod praškom, automatsko zavarivanje itd.

Skupine kvalitete zavara:

SKUPINA / OZNAKA	ZAHTJEVNOST
D	niska
C	srednja
B	visoka

Tablica 14. Klase kvalitete zavara [8]

U pravilu najveća dimenzija visina ili širina zavara smatra se kao kriterij prihvatljivosti. Granične vrijednosti za prihvatljivost pogrešaka navedene su u tablicama prema:

- stupnju kvalitete
- vrsti pogreške
- obliku zavarenoga spoja
- dužini i usmjerenosti greške

Granične vrijednosti za prihvatljivost pogrešaka navedene su:

- nedozvoljene
- milimetara duljine
- duž širine zavarenoga spoja
- duž debljine sučeonog zavara

Primjer dimenzijske kontrole zavarenog spoja pomoću mjernika s milimetarskom skalom (Slika 32) i povećala. (Slika 33)

Slika 32. Kontrola dimenzija zavarenog spoja

Slika 33. Vizualna kontrola zavarenog spoja

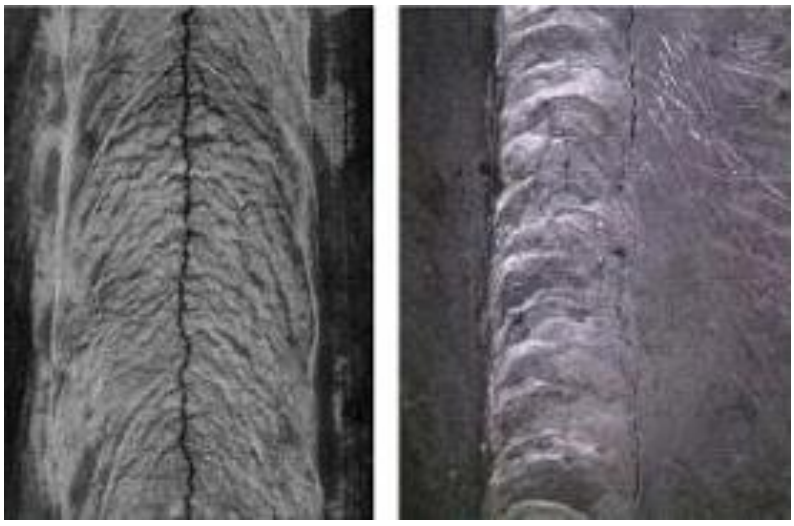
3.3. Nepravilnosti u zavarenim spojevima [12]

Zavareni spojevi koji su duljine 100 mm ili dulji, ne smiju u dijelu u kojemu ima najviše nepravilnosti prekoračiti ukupnu duljinu nepravilnosti od 25 mm.

Kada je zavareni spoj kraći od 100 mm, duljina nepravilnosti ne smije iznositi više od 25% zavarenog spoja.

Sistemske nepravilnosti su nepravilnosti koje se pojavljuju u pravilnim razmacima u zavarenom spoju preko provjerene duljine zavarenog spoja a da pri tome izmjeri pojedinih nepravilnosti leže unutar granica tolerancija.

1. **Pukotina** – nije prihvatljivo bez obzira na klasu zavara, moguća opasnost od loma zavarenog spoja.



Slika 34. Pukotina u zavaru i osnovnom materijalu

Slika 35. Pukotina u pripojnom zavaru

Slika 36. Pukotina u krateru

2. **Kraterska greška završetka i otvorena udolina u krateru** – nije prihvatljivo kod klase zavarenog spoja B, dok je kod klase C i D prihvatljivo u određenim granicama, ovisno o debljini materijala. U osnovi je potrebno nepravilnosti takvog tipa izbjegavati ili izvršiti popravak jer mogu prouzročiti pukotine.

Slika 37. Otvorena udolina u krateru

3. **Poroznost** – više pora i rupa koje se ponavljaju ili pojavljuju u grupama (gnijezdo pora) u zavarenom spoju nisu prihvatljive. Taj defekt pojavljuje se u prvoj liniji MIG/MAG zavarivanja i kod postupka zavarivanja elektrodom.

Slika 38. Poroznost

4. **Pojedinačne pore** – pojedinačne pore koje se lokaliziraju u zavarenom spoju nisu prihvatljive kod klase zavarenog spoja B, dok su kod klase D i C prihvatljive u određenim granicama, ovisno o samom zavaru (a ili s vrijednost), kao i debljini materijala.

Slika 39. Pojedinačne pore i rupe u zavaru

5. **Pogreška u vezivanju i slaba provarenost** – pogreške u vezivanju i slaba provarenost u pravilu nisu prihvatljive (ili su prihvatljive kratke nepravilnosti) jer dovode do mehaničkog oslabljenja zavarenog spoja. Osim toga zavareni spojevi su osjetljiviji na koroziju na tim područjima, npr. kroz nakupljanje tekućine.

Slika 40. Pogreška u vezivanju i slaba provarenost

6. **Greška kod ponovnog početka (zamaknutost zavara)** – greška nije prihvatljiva, naročito kod proizvodnih dijelova s bitnom estetikom, stoga se u pravilu preklapanje mora izjednačiti.

Slika 41. Zamaknutost zavara

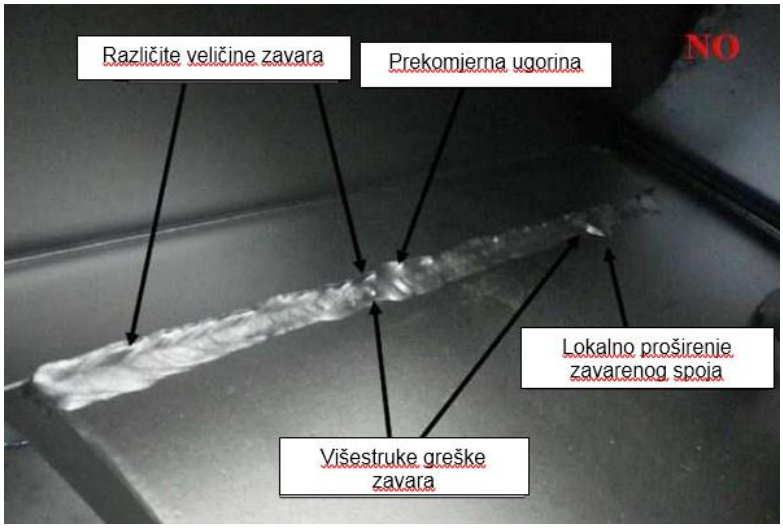
7. **Prskotine od zavarivanja** – općenito nisu prihvatljive. Granica prihvatljivosti ovisna je o upotrebi materijala i korozijskoj zaštiti.

Slika 42. Prskotine od zavarivanja

8. **Ugorine (zajedi) osnovnog materijala i korijena zavara** – ugorine osnovnog materijala nisu dopuštene kod limova s debljinom ≤ 3 mm, odnosno dopuštene su samo kratke nepravilnosti kod klase zavarenih spojeva C i D. Kod limova debljine > 3 mm, ugorine osnovnog materijala smiju biti 0,1 x t (t – debljina lima) mm, ali maksimalno 0,5 mm.

Slika 43. Ugorine (zajedi)

9. **Optički dojam o zavarima koju su zavareni MIG/MAG postupkom** – nepravilno zavareni spoj može biti kao neprihvatljiva pojedinačna pogreška ili skup različitih grešaka. Pri tome svaka pojedinačna greška može biti potpuno prihvatljiva, ali na kraju ne odgovara zahtjevima kvalitete.



Slika 44. Optički dojam zavara

Izvedba zavarenih spojeva iziskuje kontinuitet te je potrebno sljedeće stavke uzeti u obzir:

- po potrebi se zavareni spojevi moraju izravnati kako bi se postigao kontinuirani optički dojam
- zavareni spoj (odnosno veličina zavarenog spoja) mora biti konstanta te ni u kojem slučaju ne smije biti izvedena u „minus“ odnosno vrijednosti a, z, s, moraju biti veće ili jednake od zadanog na crtežu
- zavareni spoj mora biti ravnomjeran (prema bridu), bez suženja ili lokalnih nepravilnosti taljenja
- kod popravaka zavareni spoj mora biti naknadno usklađen brušenjem. Popravak zavarivanjem u konačnici ne smije biti vidljiv

3.4. Norme kod zavarivanja vizualne kontrole u poduzeću Te-Pro d.o.o.

U poduzeću Te-Pro d.o.o. vizualna kontrola izvodi se prema slijedećim normama:

1. **EN ISO 9712:2012** – odnosi se na kvalifikaciju osoblja: kontrola oštrine vida svakih 12 mjeseci.
2. **EN ISO 17637:2011** – odnosi se na upotrebu tehnike ispitivanja i opreme kojom se ispituje: opća VT kontrola i VT kontrola detalja, mjerači zavara, svjetiljka, pomično mjerilo.
3. **EN ISO 5817:2014 –** odnosi se na zavarivanje, odnosno zavarene spojeve koji su nastali taljenjem u čeliku, niklu, titanu i njihovim legurama (osim zavarivanja elektronskim snopom i laserom), također se koristi za ocjenjivanje rezultata kod prije navedenih materijala.
4. **EN ISO 10042:2005** – odnosi se na zavarivanje, odnosno zavarene spojeve koji su nastali taljenjem u aluminiju i aluminijski legurama, također se koristi za ocjenjivanje rezultata kod prije navedenih materijala.
5. **EN 15085-3:2008 –** zavarivanje željezničkih vozila i sastavnih dijelova – 3. dio: zahtjevi za projektiranje.
6. **EN 1090-2:2011 –** izvedba čeličnih i aluminijskih konstrukcija – 2. dio: Tehnički zahtjevi za čelične konstrukcije
7. **EN 1090-3:2008 –** izvedba čeličnih i aluminijskih konstrukcija – 3. dio: Tehnički zahtjevi za aluminijske konstrukcije
8. **EN ISO 3834:2007 –** zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala

3.5. Dokumentacija na primjeru iz prakse

Identifikacijska lista sastoji se od osnovnih podataka proizvoda kao što su ime proizvoda, broj crteža, broj revizije, broj narudžbe, ime klijenta, potrebno ispitivanje.

ID | **IDENTIFIKACIJSKA LISTA** — **Identification sheet** — ID - BL1-B | TE-PRO D.O.O Technical Products

Formular: ID-06/2017	BL1-B	Izradio / provjerio: Created /checked by:	Jezernik A./Jezernik D.	Odobrio: Approved by:	QM, Jezernik A.	Strana: Page:	1/1

PROIZVOD: Product:	**BELÜFTUNG**	
BROJ CRTEŽA / INDEKS: Drawing Number / Index:	**6189547**	**-**
BROJ NARUDŽBE/BR. POZICIJE: Order no./Pos.no:	**578-4500132512**	**5**
RADNI NALOG: Working order:	**V220465**	
TVORNIČKI BROJ / SERIJA: Serial number / Series:	**BL1-B**	
KLIJENT: Client:	**ELIN**	
BROJ ARTIKLA/KOLIČINA: Material no.:/Quantity:	**6189547**	**2**
DIMENZIONALNA KONTROLA: Dimension control:	**IDK - BL1-B**	
VIZUALNO ISPITIVANJE (VT): Visual testing (VT):	**IVT- BL1-B**	
ISPITIVANJE PENETRANTIMA (PT): Penetrant testing (PT):	**NIJE POTREBNO Not necessary**	
ISP. MAGNETNIM ČESTICAMA (MT): Magnetic particle testing (MT):	**NIJE POTREBNO Not necessary**	
ISPITIVANJE ULTRAZVUKOM (UT): Ultrasonic testing (UT):	**NIJE POTREBNO Not necessary**	
TLACNO ISP./ISP. NEPROPUSNOSTI: Pressure testing/Leak tightnes testing:	**NIJE POTREBNO Not necessary**	

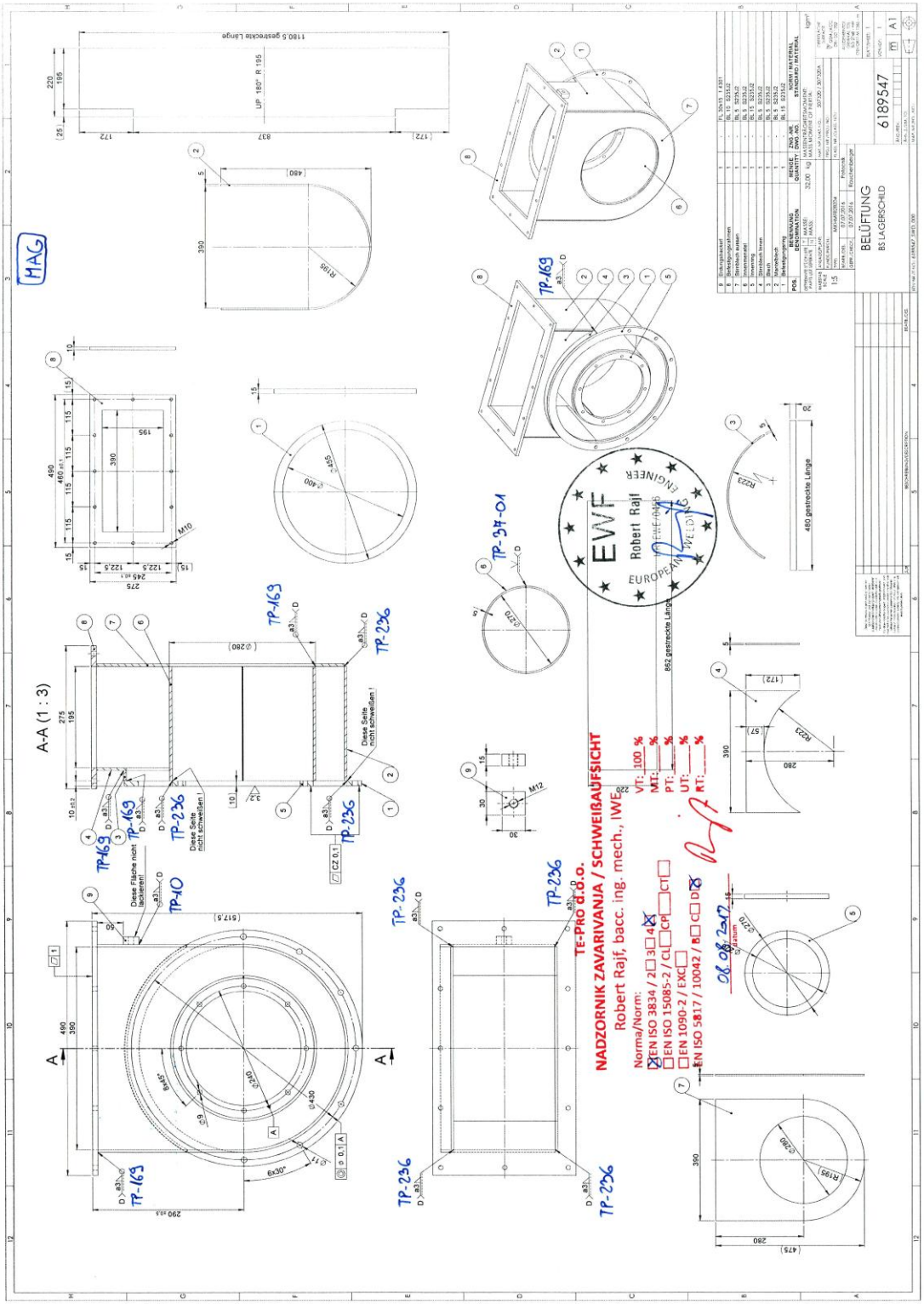
Dodatne mjere / Komentar:
Additional actions / Comment:

Potpis/Signature: Horvat

Mjesto/Location:	Datum/Date:	Pregledao/Reviewed:
VRHOVLJAN	20.08.2017.	*Patrik Horvat*

Slika 45. Identifikacijska lista

Sklopni nacrt na kojemu nadzor zavarivanja određuje normu i klasu zavara koju zahtijeva kupac. Norma po kojoj je potrebno izvoditi vizualnu kontrolu zavarenog spoja je EN ISO 5817 / 10042, a klasa zavara je D. Vizualnu kontrolu potrebno je napraviti 100%.



Slika 46. Nacrt odobreni od strane nadzora zavarivanja

Radna uputa sadrži sve potrebne podatke za vizualnu kontrolu, kao što su norme prema kojoj treba biti kvalificirana osoba, određivanje tehnike ispitivanja prema određenoj normi, zahtijevani standardi, oprema za ispitivanje itd.

NDT	RADNA UPUTA ZA VT ISPITIVANJE ZAVARA Working instruction for VT testing of welds AA-QM-026	TE-PRO D.O.O TECHNICAL PRODUCTS

Formular: AA-QM-VTZ-09-2015	Izradio i provjerio: Created and checked by:	Vrančić / Nemec	Odobrio: Approved by:	QM_Jezernik A.	Strana: Page:	1/1

1. OSNOVNI PODACI
GENERAL INFORMATION

Proizvod: Product:	ZAVARENA KONSTRUKCIJA WELDED CONSTRUCTION	Br. crteža: / Indeks: Nr.Drawing: / Index:	PREMA CRTEŽU ACCORDING TO DRAWING:		
Klijent: Client:	SVI KLIJENTI ALL CLIENT	Ispitivanje u skladu sa Examination in accordance with:	EN ISO 17637 EN ISO 5817,EN ISO 10042	Razred kvalitete: Quality class:	-
Dimenzije: Dimension:	PREMA CRTEŽU ACCORDING TO DRAWING:	Materijal: Material:	PREMA CRTEŽU ACCORDING TO DRAWING:		
Stanje površine: Surface condition:	ČETKANO ili SAČMARENO BRUSHED OR BLASTED	Opseg ispitivanja: Scope of the testing:	100 % svih zavarenih spjeva +15mm sa svake strane zavara/ 100% of all welded joints+15 mm on each side of the weld		

2. KVALIFIKACIJA OSOBLJA
PERSONNEL QUALIFICATIONS

Prema EN ISO 9712 (EN 473)-VT, nivo 2, Kontrola oštrine vida svakih 12 mjeseci

According to EN ISO 9712 (EN 473)-VT, level 2, Visual acuity test every 12 months

3. TEHNIKA ISPITIVANJA
TECHNIQUES OF TESTING

Tehnika ispitivanja prema EN ISO 17637 , Upotrijebiti tehnike ispitivanja-Opča VT kontrola i VT kontrola detalja

Techniques of testing according to EN ISO 17637, Use testing techniques-General VT control and VT control of details

4. STANDARDI
STANDARDS

EN ISO 17637 , EN ISO 5817, EN ISO 10042

EN ISO 17637 , EN ISO 5817, EN ISO 10042

5. PODRUČJE I OPSEG ISPITIVANJA / STANJE POVRŠINE
AREA AND SCOPE OF THE EXAMINATION

Ispitivanje 100 % zavara (+15 mm sa svake strane zavara) / Stanje površine: Površina mora biti suha, slobodna od svih nečistoća, masti, šljake, ulja, tekućina, prskotina, stranih tijela koje mogu utjecati na ispitivanje.

Testing 100% of welds (+15 mm on each side of the weld) .The surface must be dry and free of all dirt, grease, lint, scale, welding flux, spatter, oil or any extraneous matter that would interfere with the examination.

6. TIP IZVORA SVIJETLOSTI I UVJETI ZA ISPITIVANJE
TYPE OF LIGHT SOURCES AND CONDITIONS FOR TESTING

Bijelo svijetlo koje ispunjava slijedeće zahtjeve: Svjetlost min. 350 lux-a (preporučeno 500 lux-a), udaljenost (oko- površina) max. 600 mm, kut >30 °

White light that meets the following requirements: Light min. 350 lx (recommendet 500 lx), the distance (eye-surface) max. 600 mm, angle >30 °

7. OPREMA ZA ISPITIVANJE
TESTING EQUIPMENT

Pomično mjerilo, mjerilo za zavare, svjetiljka, itd. prema EN ISO 17637, dodatak A

Vernier caliper, weld gauge, flashlight etc. Acc. to EN ISO 17637, Anex A

8. TIJEK ISPITIVANJA I TEHNIKA IZVEDBE
DESCRIPTION OF TESTING

1. Kontrola čistoće i stanja površine /2. Opči pregled zavara (min. 350 Lux) /3. Kontrola dimenzija i oblika zavara s pomagalima, /4. Kontrola grešaka u zavarima,/ 5. Zaključno čišćenje i konzerviranje (ako je zahtijevano)/ 6. Izrada izvještaja o ispitivanju, /7. Ocjena ispitivanja- odgovara ili ne odgovara

1.Control of purity and surface condition/ 2.General overview of the weld (min. 350 Lux)/ 3.Control the size and form of welds by using the aids / 4.Control of errors in the welds / 5.Finally cleaning and preserving (if necessary)/ 6.Creating of test report / 7.Test-Rating - conforming or not conforming

9. NIVO KVALITETE I GRANIČNE VRIJEDNOSTI
LEVEL OF QUALITY AND LIMIT VALUES

Ocjenivanje rezultata prema EN ISO 5817 (B, C ili D) kod čelika, nikla, titana i njihovim slitinama, odnosno prema EN ISO 10042 (B, C, D) kod Aluminija i aluminijskih legura, ako nije drugačije određeno od strane klijenta (radne upute od kupca, crtež, narudžba).

Evaluating of the results according to EN ISO 5817 (B, C or D) in steel, nickel, titanium and their alloys, and according to EN ISO 10042 (B, C, D) for aluminum and aluminum alloys, unless otherwise specified by the client (working instructions from the client, drawing, order).

10. AKTIVNOSTI POSLIJE ISPITIVANJA
ACTIVITES AFTER INSPECTION

Napisati izvještaj o vizualnom ispitivanju

Write a report of visual testing

Dodatne mjere / Komentar:

Kod ispitivanja proizvoda prema EN 15085 potrebno uzeti u obzir normu EN 15085-3, tablice 5 i 6.Kod ispitivanja proizvoda prema EN 1090-2 ili EN 1090-3 potrebno uzeti u obzir normu, EN 1090-2, točka 7.6 i EN 1090-3, točka 12.4.4.

When examining products acc. to EN 15085 , the norm EN 15085-3, tables 5 and 6 shall be considered.When examining products acc. to EN 1090-2 or EN 1090-3 , the norm EN 1090-2, point 7.6 and EN 1090-3, point 12.4.4. shall be considered

Mjesto/Location	Datum/Date:	Ime i prezime/Name and surname:
VRHOVLJAN		

Slika 47. Radna uputa

Izvještaj o vizualnom ispitivanju radi kontrolor nakon završetka kontrole. Popunjava sa potrebnim podacima te na kraju daje konačnu ocjenu. Ovaj proizvod zadovoljio je tražene uvjete te je konačna ocjena PRIHVATLJIVA.

NDT-VT

Izvještaj o VIZUALNOM ispitivanju (VT)
Report of VISUAL testing (VT)
IVT- BL1-B

TE-PRO D.O.O. TECHNICAL PRODUCTS

Formular: VT-06/2017 BL1-B	Izradio / provjerio: Created /checked by: A.Jezernik / L. Nemec	Odobrio: Approved by: QM, Jezernik Andrej	Strana: Page: 1/1

Proizvod: Product:	BELÜFTUNG		Radni nalog: Working order:	V220465
Br. Crteža / Indeks: Drawing no. / Index:	6189547	0	Tvornički br./Količina: Serial number/Quantity:	BL1-B 2
Br.narudžbe/pozicije: Order no./Position no.:	578-4500132512	5	Klijent: Client:	ELIN

PODACI O PREDMETU ISPITIVANJA:
INFORMATION ABOUT TEST OBJECT:

Vrsta proizvoda / Type of product: ☒ ZAVARENA KONSTRUKCIJA/ WELDED CONSTRUTION ☐ OSNOVNI MATERIJAL/ BASE MATERIAL

Dimenzije / Dimension:

Materijal / Material: ☐ LEGIRANI/ ALLOYED ☒ NELEGIRANI/ UNALLOYED ☐ AUSTENITNI/ AUSTENITIC ☐ OSTALI/ OTHER

Površinska obrada / Surface condition: ☐ SAČMARENO/ SHOOTBLASTET ☒ BRUŠENO/ GROUNDED ☒ ČETKANO/ BRUSHED ☐ OSTALO/ OITHER

Vrijeme počeka ispitivanja / Wating period of examination [h]: ☐ 8 h ☐ 16 h ☐ 24 h ☐ 40 h ☒ 48 h

PODACI O ISPITIVANJU:
INFORMATION ABOUT TESTING:

Ispitivanje u skladu s / Examination in accordance with: ☒ EN ISO 17637/EN ISO 5817 ☐ EN ISO 17637/EN ISO 10042 ☐ _____

Klasa/Class: D

Opseg ispitivanja **ZAVARA** / Scope of testing of welds: ☐ 100 % ☐ zavara klase weld of class ☐ B ☐ C ☒ D

Opseg ispitivanja **OSNOVNOG MATERIJALA** / Extent of examination of basic material: ☐ 100 % vanjske površine of external surface _____

Osvjetljenje / Illuminance: ☒ DNEVNO/DAILY ☒ RUČNA SVJETILJKA/FLASHLIGHT

Osvjetljenje / illuminance: 1000 lx

PODACI O KONTROLI:
INFORMATION ABOUT CONTROL:

- ☐ Opća VT kontrola / General VT control
- ☒ Direktna VT kontrola / Direct VT control
- ☒ VT kontrola detalja / VT control details
- ☐ Indirektna kontrola / Indirect control

PODACI O MJERNOM ALATU I POMAGALIMA:
INFORMATION ABOUT MEASURING TOOLS AND ACCESSORIES:

Oprema za ispitivanje / Test equipment:

Mjerni alati ; pomoćna sredstva / Measurement tools, accessories:
Pomično mjerilo, mjerač zavara ,ravnalo, mjerni klin, povećalo, luxmetar
Caliper, welding gauge, ruler, measuring wedge; magnifying glass, lux meter

SKICA:
SKETCH:

OCJENA REZULTATA ISPITIVANJA:
EVALUATION OF EXAMINATION RESULTS:

Redni broj indikacije[1]	Oblik indikacije[2]	Veličina indikacije[3] [mm]	OCJENA - RESULT: ZADOVOLJAVA/ CONFORMING:	NE ZADOVOLJAVA/ NOT CONFORMING:
			X	
			X	

1) Ordinal number of indication : 2) Form of indication: 3) Size of indication:

KONAČNA OCJENA - FINAL RESULT

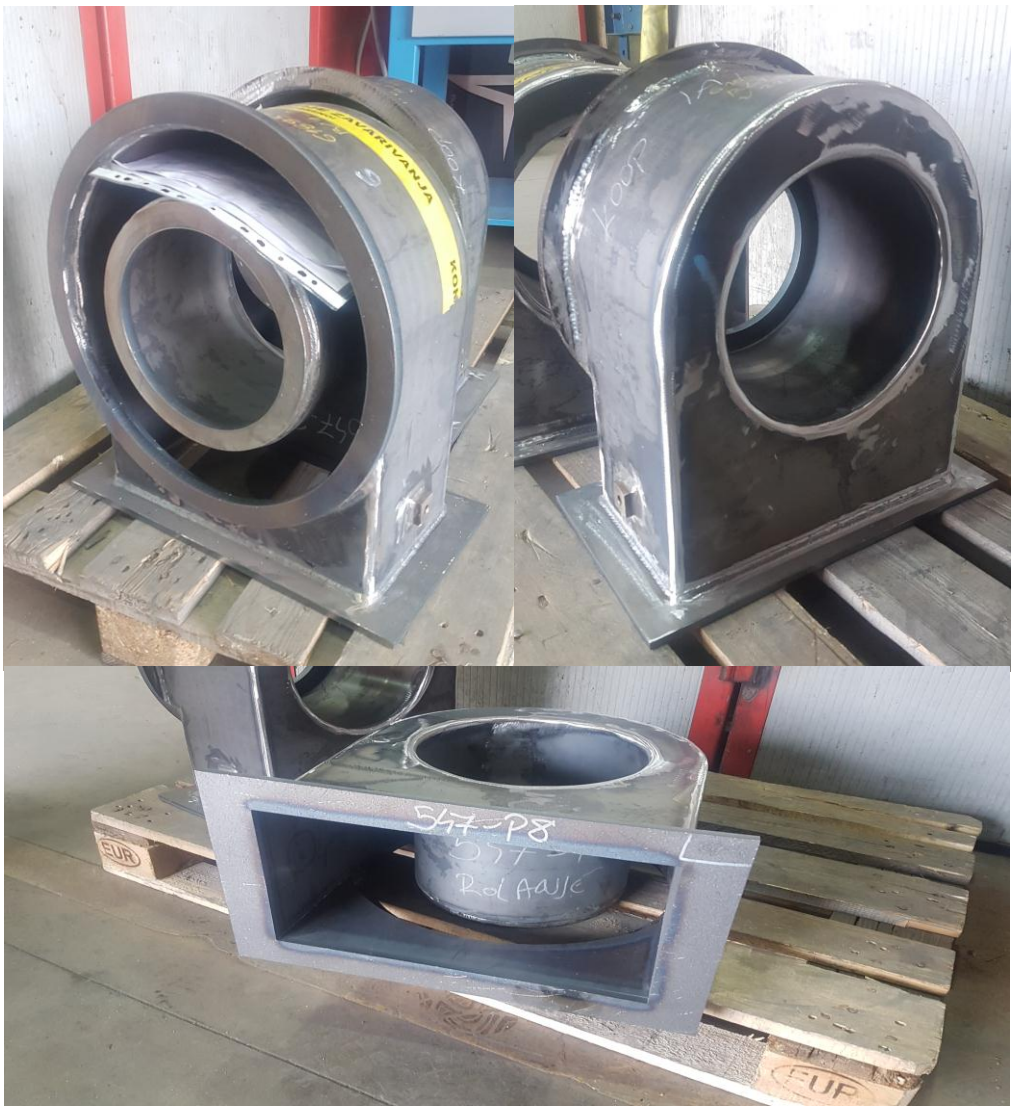
☒ PRIHVATLJIVO/ CONFORMING ☐ NEPRIHVATLJIVO/ NOT CONFORMING

Dodatne mjere / Komentar:
Additional actions / Comment:

Potpis/Signature:

Mjesto/Location	Datum/Date:	Ime ispitivača/Operator's name:
VRHOVLJAN	20.08.2017.	Emanuel Škvorc / VT II

Slika 48. Izvještaj o vizualnom ispitivanju



Slika 49. Proizvod na kojemu je vršena vizualna kontrola

Slika 50. Kontrola visine zavara

Slika 51. Odobrena vizualna kontrola

5. Zaključak

U današnje vrijeme najraširenij postupak spajanja dvaju materijala je zavarivanje, tehnologija zavarivanja od samog početka primjene u velikome je usponu. U povijesti se događalo niz nesreća zbog otkaza zavarenih konstrukcija u kojima je smrtno stradalo mnogo ljudi. S vremenom je skrenuta posebna pozornost na kontrolu i ispitivanje zavarenih spojeva.

Za ispitivanje kvalitete zavara i zavarenog spoja provodi se kontrola bez razaranja i kontrola s razaranjem, kontrola s razaranjem je manje isplativa zbog većih troškova i ne može se primijeniti za vrijeme eksploatacije proizvoda. Kontrola i ispitivanje zavarenih spojeva provodi se zbog osiguravanja dovoljne razine pouzdanosti.

Pogreške koje se javljaju kod zavarenih spojeva su pukotine, poroznost, deformacije itd. Za vrijeme kontrole zavarenog spoja postoje tri karakteristične faze u kojima se kontrola kvalitete zavarenih spojeva izvodi, a to su: kontrola prije zavarivanja, kontrola tijekom zavarivanja, kontrola nakon zavarivanja. Kontrola kvalitete zavarenog spoja bez razaranja površine pripada skupini „kontrole nakon zavarivanja“.

U ovom završnom radu detaljnije je opisana vizualna kontrola zavarenog spoja. Ta metoda ispitivanja je jedna od najosnovnijih i najstarijih metoda ispitivanja. Temelji se na promatranju proizvoda, a cilj je otkrivanje vidljivih pogrešaka na površini. Vizualna kontrola dijeli se na direktnu i daljinsku (indirektnu) kontrolu. Za ispitivanje tom metodom potrebno je puno iskustva i stručnosti.

Praktični dio završnoga rada izveden je u poduzeću Te-Pro d.o.o. Poduzeće zapošljava oko 260 radnika i surađuje sa nizom poznatih stranih poduzeća kao što su ELIN Motoren GmbH za koje proizvodi kućišta u koje dolaze generatori u vjetrenjačama, zatim je tu i MACK Rides GmbH kojima je potrebna izrada šasija za vlakove smrti, neke od poduzeća su još i SANDVIK Mining and Construction GmbH, Hoerbiger Ventilwerke GmbH i još mnogi drugi s kojima Te-Pro d.o.o. već dugi niz godina uspješno posluje.

Mihael Kelnarić

U Varaždinu, _____ _____

Sveučilište Sjever

SVEUČILIŠTE SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Mihael Kelnarić *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom kontrola zavarenih spojeva bez razaranja *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
Mihael Kelnarić
Mihael Kelnarić
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Mihael Kelnarić *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom kontrola zavarenih spojeva bez razaranja *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
Mihael Kelnarić
Mihael Kelnarić
(vlastoručni potpis)

6. Literatura

[1] Charles Hellier, Handbook of nondestructive evaluation, 2003.

[2] https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/1P-NDT_%5BRead-Only%5D.pdf, dostupno 18.09.2017.

[3] https://www.fsb.unizg.hr/ndt/download/teh3_2003-04pred.pdf, dostupno 18.09.2017.

[4] Zvonimir Lukačević, Zavarivanje, 1998. , Slavonski Brod

[5] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Wet_magnetic_particle_testing_on_a_pipeline.jpg, dostupno 18.09.2017.

[6] http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/na_dipl4/5.pdf, dostupno 18.09.2017.

[7] http://www.qtechna.si/dokumenti/preskusanja/ndt/slike/IMAGE054.JPG, dostpuno 18.09.2017.

[8] QTechna d.o.o., Vizualna preiskava (VT 1+2) skripta

[9] http://www.livision-optika.com/layout/i/header/th1_b_8f655470ea6783fdd4681916ee84260fMAG-allA.jpg, dostpuno 19.09.2017.

[10] http://www.hipp-endoskopservice.com/assets/images/industrie/starre-boroskope/spiegelrohr-boroskop/large_en.jpg, dostpuno 22.09.2017.

[11] https://www.schoelly.de/files/cache/9a69537af808a7b3ebe42bab9cbd3d0a_f231.jpg, dostpuno 22.09.2017.

[12] Te-Pro d.o.o., Nepravilnosti u zavarenim spojevima, 2015.

Popis slika

Slika 1. Rane kovačnice....4
Slika 2. Stari kotao....5
Slika 3. Eksplozija kotla....5
Slika 4. Radna jedinica za ispitivanje penetrantima....6
Slika 5. Postupak provođenja vizualne kontrole....13
Slika 6. Postupak provođenja dimenzionalne kontrole....14
Slika 7. Ispitivanje penetrantima....14
Slika 8. Ispitivanje magnetnim česticama....15
Slika 9. Shematski prikaz ultrazvučne metode kontrole kvalitete....16
Slika 10. Radiografska kontrola....16
Slika 11. Poduzeće Te-Pro H7....19
Slika 12. Poduzeće Te-Pro iz zraka....19
Slika 13. Provođenje vizualne kontrole....21
Slika 14. Zakon svjetlosti....22
Slika 15. Povezanost između intenziteta, osvjetljenja i svjetlosti....23
Slika 16. Shematski dijagram - povezanost veličine objekta, kontrasta i svjetlosti....24
Slika 17. Svjetlosni kontrast....25
Slika 18. Kontrola kod difuzne tehnike osvjetljenja....27
Slika 19. Kontrola pri svjetlosnim zrakama....27
Slika 20. Kontrola u tami....28
Slika 21. Povećala različitih dioptrija....29
Slika 22. Ručna svjetiljka....29
Slika 23. Mjerači zavara....30
Slika 24. Zrcalo....30
Slika 25. Boroskop....31
Slika 26. Fiberskop....32
Slika 27. Video endoskop....32
Slika 28. Shema za ocjenjivanje kod vizualne kontrole....34
Slika 29. Oblici zavarenih spojeva....35
Slika 30. Geometrijski oblici sastava....35
Slika 31. Izgled zavarenoga poja....35
Slika 32. Kontrola dimenzija zavarenog spoja....37

Slika 33. Vizualna kontrola zavarenog spoja 37
Slika 34. Pukotina u zavaru i osnovnom materijalu 38
Slika 35. Pukotina u pripojnom zavaru 38
Slika 36. Pukotina u krateru 39
Slika 37. Otvorena udolina u krateru.....39
Slika 38. Poroznost.....40
Slika 39. Pojedinačne pore i rupe u zavaru 40
Slika 40. Pogreška u vezivanju i slaba provarenost.....41
Slika 41. Zamaknutost zavara.....41
Slika 42. Prskotine od zavarivanja 42
Slika 43. Ugorine (zajedi).....42
Slika 44. Optički dojam zavara.....43
Slika 45. Identifikacijska lista 45
Slika 46. Nacrt odobreni od strane nadzora zavarivanja 46
Slika 47. Radna uputa.....47
Slika 48. Izvještaj o vizualnom ispitivanju.....48
Slika 49. Proizvod na kojemu je vršena vizualna kontrola.....49
Slika 50. Kontrola visine zavara.....49
Slika 51. Odobrena vizualna kontrola 50

Popis tablica

Tablica 1. Kriterij kvalitete i/ili kriterij prihvatljvosti 7
Tablica 2. Postupak kontrole.....8
Tablica 3. Program kontrole 8
Tablica 4. Procjena prihvatljivosti 9
Tablica 5. Tehnika ispitivanja.....9
Tablica 6. Interpretacija rezultata 10
Tablica 7. Specifikacija opreme.....10
Tablica 8. Provjera opreme 11
Tablica 9. Metode i tehnike nerazornih ispitivanja.....11
Tablica 10 . Pojmovi koji se odnose na svjetlost i mjerne jedinice 21
Tablica 11. Valne duljine pojedinih boja.....22
Tablica 12. Vrijednosti osvijetljenosti za različite tehniike ispitivanja 26
Tablica 13. Razine ocjenjivanja kod vizualne kontrole.....33
Tablica 14. Klase kvalitete zavara 36