

UTJECAJ NDT ISPITIVANJA NA ODRŽAVANJE TURBINSKOG POSTROJENJA

Trgovčić, Antonija

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:480893>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-13**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

UTJECAJ NDT ISPITIVANJA NA ODRŽAVANJE TURBINSKOG POSTROJENJA

Trgovčić, Antonija

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:480893>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2023-02-20**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

ANTONIJA TRGOVČIĆ

**UTJECAJ NDT ISPITIVANJA NA ODRŽAVANJE
TURBINSKOG POSTROJENJA**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2019.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

ANTONIJA TRGOVČIĆ

**UTJECAJ NDT ISPITIVANJA NA ODRŽAVANJE
TURBINSKOG POSTROJENJA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Tomislav Božić, dipl.ing.stroj.

KARLOVAC, 2019.

IZJAVA :

Izjavljujem da sam ja, Antonija Trgovčić, studentica, OIB: 43464572857, matični broj: 0123417004, upisana u IV. semestar Specijalističkog diplomskog stručnog studija strojarstva akademske godine 2018./2019., izradila ovaj rad samostalno, koristeći se znanjem stečenim tijekom obrazovanja i navedenom literaturom, pod vodstvom i uz stručnu pomoć mentora Tomislava Božića, dipl.ing.stroj., kojemu se ovim putem zahvaljujem. Jednako tako, zahvaljujem se Tvornici turbina Karlovac d.o.o. iz Karlovca, koja mi je omogućila pisanje eksperimentalnog dijela, a posebno kolegi Robertu Lesiću, struč.spec.ing.stroj. na pruženoj pomoći.

Također, zahvaljujem se i g. Zoranu Markešiću, voditelju centra za certifikaciju HDKBR-a, koji mi je omogućio korištenje literature za ovaj završni rad.

U Karlovcu, 26.lipnja 2019.

Antonija Trgovčić

Naslov: UTJECAJ NDT ISPITIVANJA NA ODRŽAVANJE TURBINSKOG POSTROJENJA

SAŽETAK

U teoretskom dijelu ovoga rada opisane su metode ispitivanja materijala bez razaranja. Opširnije su opisane metode koje su se koristile kod revizija i remonata ovakovog tipa postrojenja.

U eksperimentalnom dijelu rada, prema planu pokusa, sukladno zahtjevima, standardima i propisima, provode se sva sva NDT ispitivanja na konkretnim postrojenjima. Ispituju se dijelovi i sklopovi postrojenja ključni za daljnji siguran rad.

U nastavku rada proveden je pregled i analiza dobivenih rezultata te utjecaj na hodogram izvršenja zadanih rokova. U statističkoj obradi je prikazano u kolikoj mjeri rezultati NDT ispitivanja mogu biti uzrok formiranja konačnih troškova održavanja, odnosno, koliko je periodičko ispitivanje dijelova i sklopova bitno za funkcionalnost cijelog postrojenja.

Ključne riječi: ispitivanje materijala bez razaranja (NDT), turbinsko postrojenje, hodogram, troškovi održavanja, periodičko ispitivanje.

Title: INFLUENCE OF NDT EXAMINATION ON THE MAINTAINING OF TURBINE PLANT

SUMMARY

The non destructive testing methods are described in the theoretical part of this work. The methods that are used at revisions and repairs this type of plants are more described.

In the experimental part of the work are, pursuant to experimental plans and according to requests, standards and regulations, all the NDT testing examinations performed. The parts and assemblies that are essential for further safe work are being tested.

Listed hereafter there are overviews of the results and the impact on the practical guide of determined deadlines. In the statistic analysis there is shown how much NDT testing can change the final maintaining cost, that is, how essential is periodical testing of parts and assemblies for proper function of the entire plant.

Key words: Non Destructive Testing (NDT), turbine plant, practical guide, maintaining cost, periodical testing.

SADRŽAJ

| | |
|---|-----|
| ZADATAK ZAVRŠNOG RADA..... | I |
| IZJAVA..... | II |
| SAŽETAK..... | III |
| SUMMARY..... | IV |
| SADRŽAJ..... | V |
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. VIZUALNA KONTROLA..... | 3 |
| 2.1 Opće značajke vizualne kontrole..... | 3 |
| 2.2 Fizikalne osnove vizualne kontrole..... | 4 |
| 2.3 Mjerenje svjetlosti..... | 5 |
| 2.4 Vizualna percepcija..... | 6 |
| 2.5 Uvjeti promatranja..... | 7 |
| 2.6 Oprema za provođenje vizualne kontrole..... | 8 |
| 2.7 Vizualna kontrola – primjena..... | 8 |
| 3. PENETRANTSKA KONTROLA..... | 9 |
| 3.1 Opće značajke penetrantske kontrole..... | 9 |
| 3.2 Princip penetrantske kontrole..... | 11 |
| 3.3 Uvjeti promatranja..... | 13 |
| 3.4 Elementi penetrantskih sustava..... | 13 |
| 3.4.1 Penetrant..... | 13 |
| 3.4.2 Razvijač..... | 15 |
| 3.5 Čišćenje..... | 16 |
| 3.6 Penetrantsko ispitivanje u praksi..... | 17 |
| 4. MAGNETSKA KONTROLA..... | 18 |
| 4.1 Opće značajke magnetske kontrole..... | 18 |
| 4.2 Fizikalne osnove magnetizma..... | 18 |
| 4.3 Magnetsko polje..... | 19 |
| 4.4 Magnetska indukcija i tok magnetskog polja..... | 20 |
| 4.5 Magnetska indikacija..... | 21 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.6 | Magnetizacija..... | 22 |
| 4.7 | Krivulja magnetizacije (histereza)..... | 23 |
| 4.8 | Magnetsko-tvrđi i magnetsko-maki materijali..... | 25 |
| 4.9 | Demagnetizacija..... | 25 |
| 4.10 | Vrste magnetskog polja..... | 27 |
| 4.11 | Tehnike magnetizacije..... | 29 |
| 4.12 | Feromagnetske čestice..... | 32 |
| 4.13 | Postupak ispitivanja magnetskim česticama..... | 34 |
| 4.14 | Oprema za ispitivanje..... | 35 |
| 4.15 | Primjeri magnetskih indikacija..... | 37 |
| 5. | ULTRAZVUČNA KONTROLA..... | 38 |
| 5.1 | Fizikalne osnove ultrazvuka..... | 38 |
| 5.2 | Titranje..... | 38 |
| 5.3 | Ultrazvučni izvori..... | 40 |
| 5.4 | Ultrazvučni valovi..... | 41 |
| 5.5 | Stvaranje ultrazvuka..... | 42 |
| 5.6 | Ultrazvučni uređaj..... | 44 |
| 5.7 | Ultrazvučne sonde..... | 45 |
| 5.8 | Kalibracija ultrazvučnog sistema..... | 49 |
| 5.8.1 | Umjetni reflektori..... | 49 |
| 5.8.2 | Kalibracija opsega udaljenosti..... | 51 |
| 5.8.3 | Kalibracija osjetljivosti ispitivanja..... | 53 |
| 5.9 | Parametri ocjenjivanja detektiranog reflektora..... | 54 |
| 6. | EKSPERIMENTALNI DIO..... | 60 |
| 6.1 | Oprema za ispitivanje..... | 61 |
| 6.2 | Izveštaj NDT ispitivanja..... | 64 |
| 6.3 | Utjecaj NDT ispitivanja na hodogram izvršenja zadanih rokova..... | 148 |
| 6.3.1 | Ugovoreni terminski plan..... | 148 |
| 6.3.2 | Realizirani terminski plan..... | 150 |
| 7. | ZAKLJUČAK..... | 152 |
| | LITERATURA..... | 153 |

1. UVOD

Ovisno o vrsti ispitivanja i metodama koje se tijekom ispitivanja primjenjuju, poznata je podjela na sljedeće dvije vrste kontrola:

- kontrola (ispitivanje) sa razaranjem KSR ili ISR,
- kontrola (ispitivanje) bez razaranja KBR ili IBR (eng. Non Destructive Testing- NDT)

Nerazorne metode ispitivanja (kontrola bez razaranja) podrazumijevaju sve metode ispitivanja i mjerenja koje svojom primjenom ne utječu na funkcionalnost ispitivanog objekta.

Dakle, provode se ispitivanja kvalitete ili vrste materijala na temelju:

- mjerenja fizikalnih svojstava,
- procjene stanja u materijalu (unutarnja naprezanja, tvrdoća i dr.),
- mjerenje oblika i dimenzija radi procjene kvalitete antikorozijske zaštite ili ocjene korozijskih, erozijskih te drugih vrsta oštećenja koja mogu nastati u toku eksploatacije određenog objekta.

Osnovne prednosti KBR u odnosu na KSR:

- ispitivanja se mogu provoditi izravno na proizvodu,
- moguće je provoditi 100% kontrolu,
- uzorak je reprezentativan, tj. nije potrebno temeljem ispitnog uzorka zaključivati o drugom uzorku ili cijelom sklopu,
- objektat je moguće ispitati s više metoda sukcesivno,
- ispitivanje je moguće provoditi više puta na istom objektu,
- moguće je provoditi kontrolu objekta u eksploataciji,
- kontrola se često može provesti i bez zaustavljanja proizvodnje,
- moguće je pratiti učinke grešaka kumulativno, ili općenito, utjecaj radnih uvjeta na stanje objekta.

Osnovni nedostaci KBR u odnosu na KSR:

- svojstva objekta i kvaliteta se u većini metoda mjere indirektno, tj. o kvaliteti se zaključuje temeljem nepostojanja grešaka ili odstupanja određene fizikalne veličine izvan granica zadanih kriterijem kvalitete,
- pojedine metode kontrole zahtjevaju pojačanu zaštitu na radu,
- oprema je uvozna, tj. za sada nema domaćih proizvođača itd.

Metode kontrole bez razaranja – podjela

Metode kontrole bez razaranja (KBR ili eng. NDT) metode su koje daju podatke o stanju ispitnog objekta (kvaliteta površine, kvaliteta volumena, ocjena kvalitete materijala i sl.) tako da se ispitni objekat ili izradak može i dalje koristiti u svrhu za koju je izrađen.

Nerazorne metode kontrole temelje se na principu interakcije materijala i unesene energije ili sredstva s kojim je materijal doveden u kontakt. Uobičajena je sljedeća podjela nerazornih metoda ispitivanja:

1. optičke metode,
2. zvučne i ultrazvučne metode,
3. elektro i/ili magnetske metode,
4. radijacijske metode,
5. penetrantske, kapilarne metode,
6. toplinske metode

Podjela nerazornih metoda ispitivanja prema informaciji koja se dobiva pri ispitivanju:

1. Površinske: podaci o stanju površine ispitnog objekta

- vizualna metoda (VT – visual testing),
- penetrantska metoda (PT – penetrant testing),
- magnetska kontrola (MT – magnetic testing).

2. **Volumne:** podaci o stanju ispitnog objekta u dijelu volumena

- ultrazvučna metoda (UT – ultrasonic testing),
- radiografska metoda (RT – radiographic testing).

3. **Ostale:**

- akustička emisija (AE –acoustic emmision),
- vrtložne struje (ET – electromagnetic testing),
- kontrola nepropusnosti (LT – leak testing),
- ispitivanje izolacije na elektroneprobojnost,
- mjerenje tvrdoće i dr.

2. **VIZUALNA KONTROLA**

2.1 **Opće značajke vizualne kontrole**

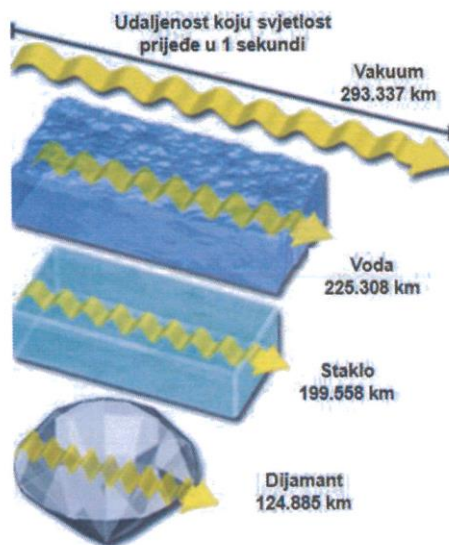
Vizualna kontrola je najstarija i prva metoda kontrole bez razaranja. Od prvih potreba čovjeka da provjeri kvalitetu svog proizvoda razvija se ova metoda kontrole kvalitete. Vizualna kontrola (lat.: *visus=vid*) dobila je naziv na temelju otkrivanja pogrešaka pomoću svjetla.

Gledanje se može usmjeriti na oblik, boju, dubinu, udaljenost ili jačinu svjetla, a može se provesti golim okom ili uz pomoć optičkih, elektroničkih, optičko-elektroničkih pomagala koja registriraju svjetlost.

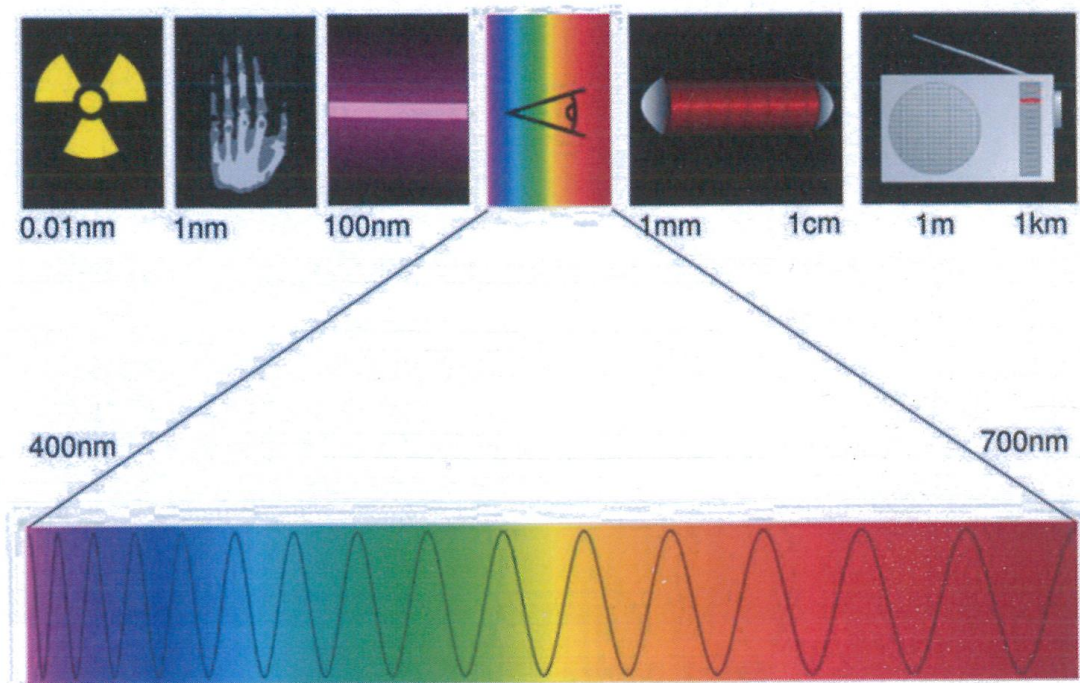
Može se primjeniti na svim slobodnim plohama ispitnog objekta dostupnim svjetlosti, bilo direktnim ili indirektnim putem, i svim objektima koji omogućuju prolaz svjetlosti.

2.2 Fizikalne osnove vizualne kontrole

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje, dualne prirode.

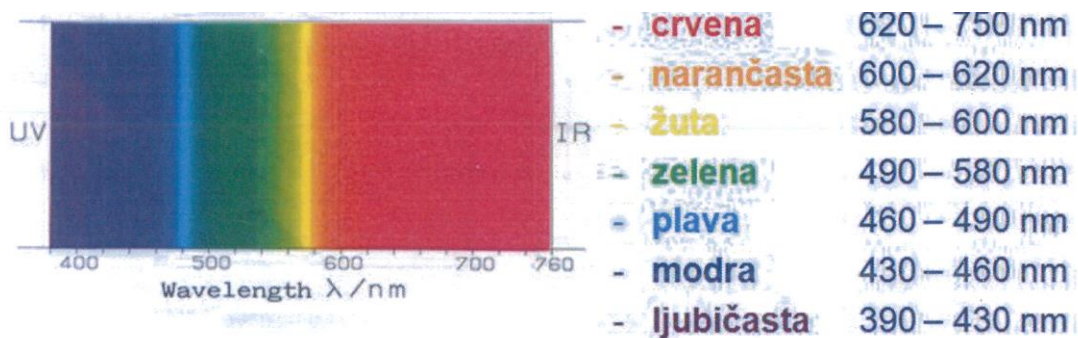


Slika 1: Brzina svjetlosti



Slika 2: Spektar elektromagnetskog zračenja

Bijelo svjetlo – tijelo na temperaturi od 3000°C (približna temperatura niti žarulje) zrači elektromagnetske valove ukupnog područja vidljivog spektra, tj. približno 400-800 nm.



Slika 3: Vidljiva svjetlost – valne duljine

Fotometrijska mjerenja okom su subjektivna i zato se teži objektivnom mjerenju pomoću uređaja koji imaju spektralnu osjetljivost na vidljivo zračenje.

2.3 Mjerenje svjetlosti

Za potrebe metoda nerazornih ispitivanja (VT, MT, PT), nije potrebna velika preciznost, ali se zato zahtjeva:

- jednostavnost za primjenu,
- što manji uređaj radi mogućnosti primjene na terenu,
- da se senzor instrumenta može približiti površini na kojoj se mjeri osvjetljenje,
- pouzdanost rezultata mjerenja (umjeravanje)

Najčešće se za mjerenje osvjetljenja bijelog i crnog svjetla koriste električni fotometri (luxmetri).



Slika 4: Luxmetar

2.4 Vizualna percepcija

Vizualna percepcija (vidljivost) je sposobnost osobe da razaznaje detalje promatranog objekta na danoj pozadini sa određenom brzinom i točnošću.

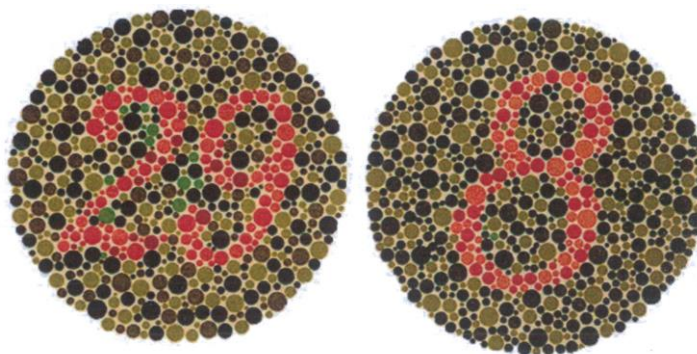
Na vidljivost utječu:

- kontrast → kontrast veći = bolja vidljivost
- adaptacija (prilagođavanje oka) → adaptacija dulja = vidljivost bolja,
- ostali utjecaji → vremensko trajanje percepcije, boja objekta i pozadine, lokacija objekta u odnosu na smjer gledanja, kretanje objekta u vidnom polju

Prema zahtjevima norme HRN EN ISO 9712 - **Postupak za kvalifikaciju i certifikaciju osoblja za nerazorna ispitivanja** kandidat mora dokazati liječničkim pregledom okulista, optometrista ili druge priznate osobe u medicini, a sljedeće:

- vid na blizinu će omogućiti čitanje broja 1 Jaeger tablice ili Tmes New Roman 4,5 na udaljenosti ne manjoj od 30 cm, ili sličnog znaka i to za najmanje jedno oko, korigirano ili nekorigirano;

Pregled za razlikovanje boja mora potvrditi da kandidat može razlikovati kontraste između boja koje se upotrebljavaju u metodi nerazornog ispitivanja koju specificira poslodavac.



Slika 5: Razaznavanje boja

Ispunjenost zahtjeva za vizualno ispitivanje može se provjeravati pomoću *sive karte*. To je ploha sa 18% neutralne sive boje na kojoj je crna linija širine najviše 0,8 mm.

Uvjeti za zadovoljavajuće uočavanje nisu ispunjeni ako se na ispitnoj površini, ili u jednako vrijednm uvjetima, ne uočava jasno crna linija.

2.5 Uvjeti promatranja

Prije ispitivanja potrebno je provjeriti osvjetljenje (luxmetar). Prema HRN EN 970:2000 osvjetljenje mora biti >500 lx. Uzorak se promatra sa maks.udaljenosti od 600 mm (oko-površina) i pod kutom koji ne smije biti manji od 30° (prema HRN EN 970:2000).

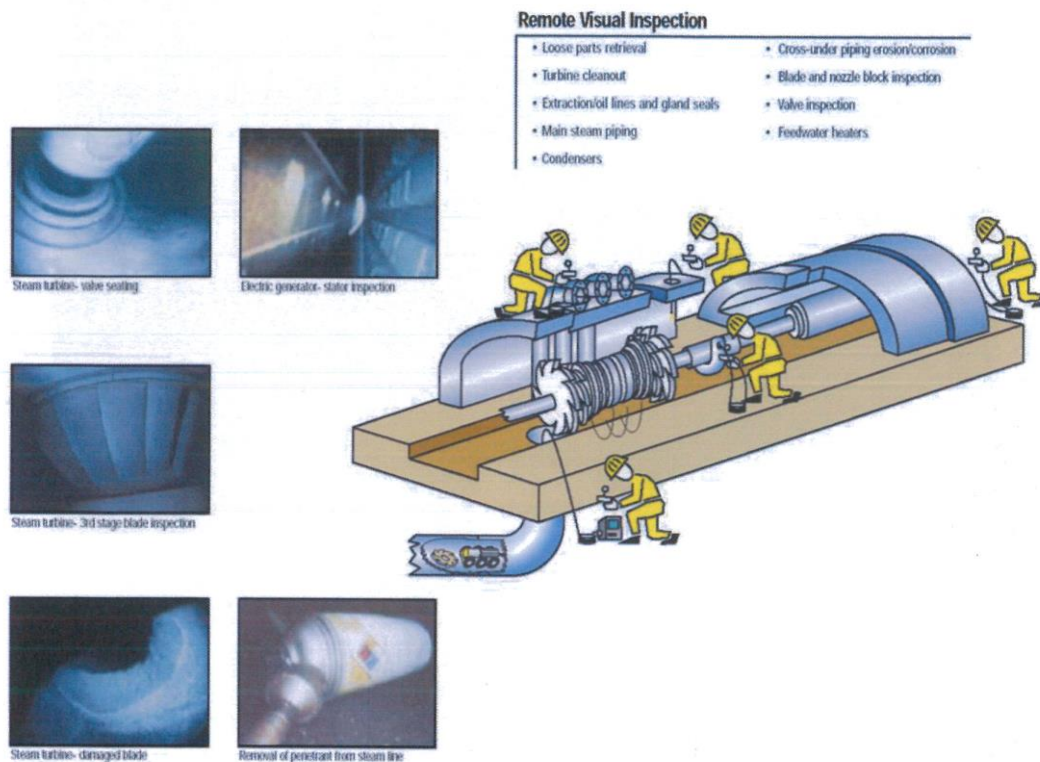
Ako je potrebno, upotrijebiti pomoćno svjetlo (baterije, lampe) i pri tome izbjegavati bljeskanje.

2.6 Oprema za provođenje vizualne kontrole

Kada se govori o vizualnoj kontroli, razlikuju se dvije vrste kontrole:

1. DIREKTNA – vizualna kontrola kod koje je neprekinut put od promatračevog oka do ispitnog područja. Provođa se bez pomagala ili sa pomagalom preko npr. ogledala, povećala, endoskopa ili optičkih vlakana.
2. INDIREKTNA – vizualna kontrola kod koje je prekinut optički put od promatračevog oka do ispitnog područja. Indirektna vizualna kontrola pokriva upotrebu fotografije, video sistema, automatiziranih sistema i robota.

2.7 Vizualna kontrola – primjena



Slika 6: Vizualna kontrola – primjena [1]

3. PENETRANTSKA KONTROLA

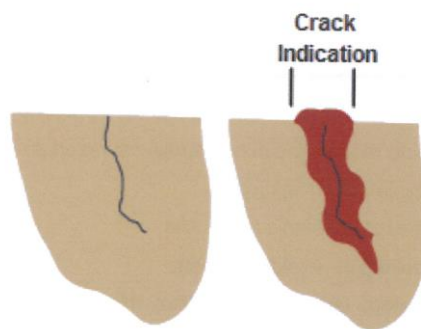
3.1 Opće značajke penetrantske kontrole

Penetrantska kontrola (metoda ispitivanja tekućim penetrantima) je još jedna od najstarijih metoda nerazornih ispitivanja. Ima široku primjenu radi velike mogućnosti primjene i relativno niske cijene provođenja.

Temeljna namjena metode penetrantske kontrole je **otkrivanje površinskih prekidnosti, te propusnosti stijenke** (cijevi, posude). Metoda rabi tekuća kemijska sredstva: penetrant, razvijatelj i odstranjivač kao i pomoćna sredstva npr. čistač, emulgator.

Njihova je zajednička karakteristika da su nerazorna i ne utječu na daljnju primjenu objekta ipitivanja.

Osnovni uvjet penetrantske kontrole je da **prekidnosti moraju biti otvorene prema površini**.



Slika 7: Prekidnost otvorena prema površini

Prednosti penetrantske kontrole

- jednostavnost primjene,
- velika osjetljivost na sitne prekidnosti površine,
- primjenjivost na sve materijale (metalne i nemetalne, magnetične i nemagnetične, vodiče i nevodiče),

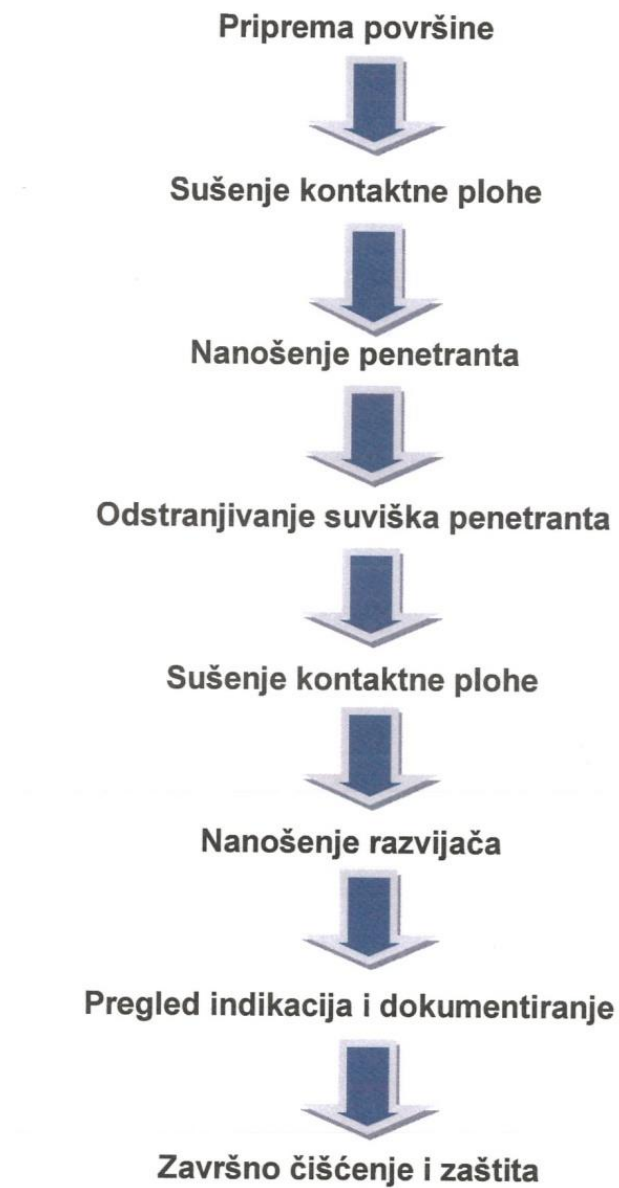
- velike površine i dijelovi postrojenja neovisno o težini mogu se ispitati brzo i relativno jeftino,
- rutinski se ispituju relativno složene geometrije,
- indikacije prekidnosti uočavaju se odmah na površini,
- doze sa sredstvima su lagane i pogodne za terenska ispitivanja,
- cijena PT materijala i odgovarajuće opreme je niska,
- nije potrebna električna struja za provedbu ispitivanja.

Nedostaci penetrantske kontrole

- ograničenje samo na ispitivanje površina otvorenih prekidnosti,
- primjenjivost samo na neporoznim materijalima,
- kritičnost pripreme površine za ispitivanje,
- ostaci od (završne) obrade površine moraju se u potpunosti ukloniti,
- hrapavost površine može utjecati na osjetljivost rezultata ispitivanja,
- zahtjeva se čišćenje nakon ispitivanja,
- pažljivo rukovanje i skladištenje kemikalija,
- automatizacija postupka je relativno loša,
- pouzdanost rezultata ispitivanja u velikoj mjeri ovisi o preciznosti i iskustvu ispitivača.

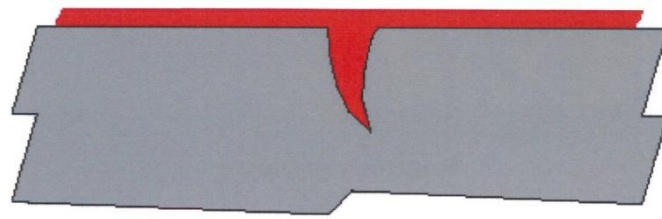
3.2 Princip penetrantske kontrole

Koraci penetrantskog ispitivanja prikazani su sljedećom slikom.

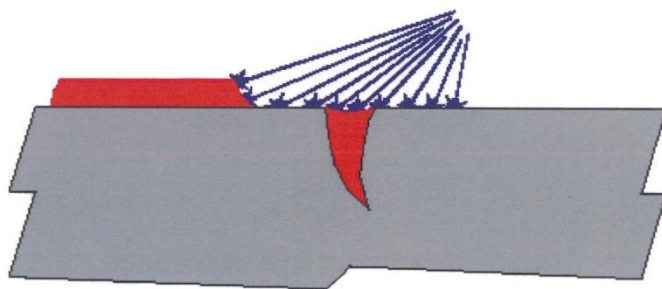


Slika 8: Koraci penetrantskog ispitivanja

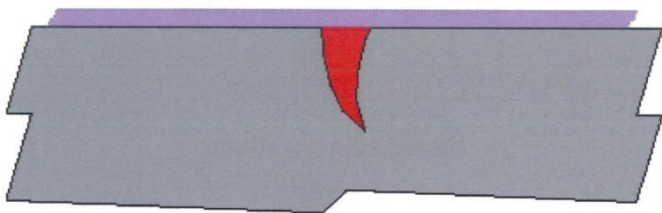
Razvijanje indikacija pobliže je prikazano na slici 9.



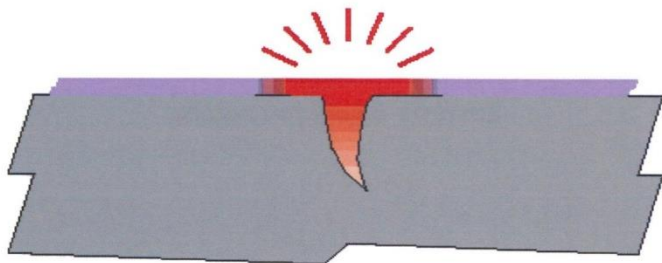
Nanošenje penetranta



Odstranjivanje suviška penetranta



Nanošenje razvijajača



Razvijanje indikacija

Slika 9: Razvijanje indikacija

3.3 Uvjeti promatranja

OBOJENI PENETRANTI – površina mora biti osvijetljena bijelim ili umjetnim svjetlom najmanjeg intenziteta **500 lx**. Sjene i refleksije se moraju izbjeći.

FLOURESCENTNI PENETRANTI – površina mora biti pregledavana pod osvjetljenjem UV-A (crno svjetlo) najmanjeg intenziteta 10 W/m^2 . Pozadinsko bijelo svjetlo ne smije biti više od 20 lx. Najmanje 5 minuta mora se omogućiti akomodacija oka na uvjete promatranja i najmanje 5 minuta se mora zagrijavati izvor crnog svjetla.

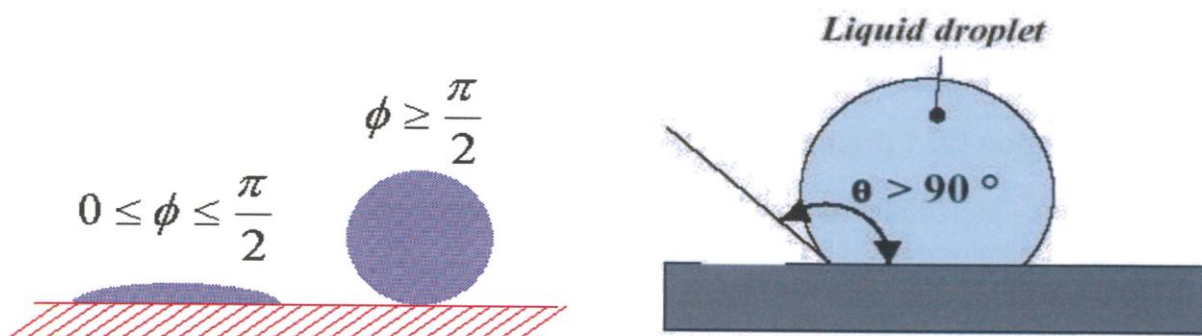
3.4 Elementi penetrantskih sustava

3.4.1 Penetrant

Penetrant čini smjesa više kemikalija odabranih tako da se postignu zahtjevana svojstva.

MOČIVOST POVRŠINE – važno svojstvo penetranta potrebno radi formiranja jednolikog sloja prilikom nanošenja penetranta na ispitnu površinu.

KONTAKTNI KUT (KUT MOČIVOSTI), θ – određen je kutom između međuslojeva kruta podloga (ispitna površina) / tekućina (penetrant).



Slika 10: Kontaktni kutovi

Kontaktni kut i močivost ovise o:

- *napetosti površine tekućine,*
- *vrsti materijala u kontaktu,*
- *uvjetima okoliša u kojima se nalaze kruto tijelo i tekućina (zrak ili vakuum),*
- *silama kohezije i adhezije,*
- *čistoći površine* – močivost penetranta se direktno mijenja s najmanjom promjenom njegova kemijskog sastava na što mogu utjecati nečistoće i eventualno zaostale kemikalije koje su prethodno upotrebljene za čišćenje.
- *hrapavosti površine* – masti i ulja se jače razmazuju po hrapavoj površini nego po poliranoj; ova činjenica doprinosi osjetljivosti penetrantske kontrole, jer su unutarnje površine pogrešaka imaju veće hrapavosti.
- *viskoznosti* – viskoznost uzrokuju sile kohezije. Tekućine velike viskoznosti neprikladne su kao penetrantsko sredstvo jer ne teku dovoljno brzo po površini ispitnog objekta i zahtjevaju dulje vrijeme penetracije za ispunu šupljina površinskih pogrešaka.

Kontaktni kut ne ovisi o položaju stijenke, što znači da tekućina moči i vertikalne i nadglavne plohe, a ne samo horizontalno i povoljno orijentirane sa stajališta nanošenja tekućina.

Klasifikacija penetrantskih sustava

Ovisno o namjeni i načinu primjene penetrantski se sustavi dijele:

1. Prema tehnici ispitivanja

- obojeni penetrantski sustav
- fluorescentni penetrantski sustav
- obojeni-florescentni penetrantski sustav

2. Prema načinu odstranjivanja penetranta s površine

- vodom perivi penetranti
- emulgatorom odstranjivi penetranti
- otapalom odstranjivi penetranti

3. Prema osjetljivosti

- standardne osjetljivosti
- visoke osjetljivosti
- izrazito visoke osjetljivosti

3.4.2 Razvijač

Ovisno o namjeni i načinu pripreme razvijači se dijele na:

1. Suhi

- može se upotrebljavati samo za fluorescentni penetrant,
- površina se prekriva vrlo tanko, a mjestimično nakupljanje razvijača nije prihvatljivo.

2. Razvijač rastvoren u vodi

- tanki sloj razvijača postiže se imerzijom u suspenziji koja se miješa,
- vrijeme i temperatura imerzije određuju se preliminarnim pokusom prema uputama proizvođača.

3. Razvijač rastvoren u otapalu

- razvijač se nanosi štrcanjem,
- štrcanje treba podesiti tako da razvijač dospije na površinu dok je još rastvoren u otapalu čime se postiže jednoliki sloj.

4. Razvijač na bazi vode ili otapala za specijalne namjene otopljen u vodi

- npr. razvijač za odljepljivanje,
- nakon određenog vremena razvijanja, koje preporuča proizvođač, sloj razvijača se pažljivo odljepljuje, a indikacije se pojavljuju na onoj strani sloja razvijača koja je bila u kontaktu sa površinom.

3.5 Čišćenje

Čišćenje je najosjetljiviji dio postupka penetrantske kontrole.

Postupak čišćenja je dobar samo ako se njime očisti površina od svih zagađivača bez ostavljanja bilo kakvih tragova, koji bi mogli utjecati na rezultate ispitivanja.

Vrste čišćenja:

1. GRUBO – odstranjuju se s površine nečistoće koje bi mogle zagaditi sredstva ispitivanja, prouzročiti pojavu lažnih pogrešaka i/ili maskiranje stvarnih pogrešaka.
2. FINO – površina se čisti u potpunosti, kao i unutrašnjost pogrešaka i otvaranje svih šupljina površinskih pogrešaka prema površini.

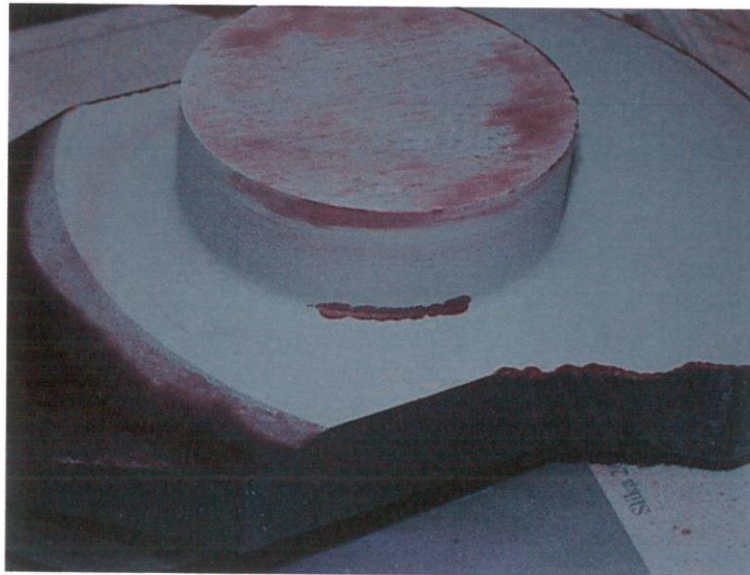
Izbor metode čišćenja ovisi o:

- vrsti objekta i njegovoj namjeni,
- veličini, obliku i pristupačnosti ispitne površine,
- količini ispitanih predmeta,
- materijalu koji se ispituje,
- kvaliteti obrade površine,
- vrsti nečistoća prisutnih na površini,
- cijeni sredstva i raspoloživoj opremi,
- zaštiti okoliša,
- zaštiti na radu.

Posljedice nečistoća na ispitnoj površini su:

- *onemogućavanje ulaska penetranta u otvor pukotina,*
- *smanjenje otvora pukotine, a time i količine penetrantskog sredstva u pukotini,*
- *utjecaj na kapilarni učinak, tj. na prodiranje penetranta u pukotinu,*
- *promjene močivosti penetranta,*
- *promjena intenziteta boje, fluorescencije, odnosno kontrasta penetranta,*
- *povećanje vjerojatnosti pojave lažnih grešaka.*

3.6 Penetrantsko ispitivanje u praksi



Slika 11: Ispitivanje obojenim penetrantom



Slika 12: Ispitivanje flurescentnim penetrantom [2]

4. MAGNETSKA KONTOLA

4.1. Opće značajke magnetske kontrole

Ispitivanje magnetskim česticama je jedna od nerazornih metoda otkrivanja površinskih nepravilnosti u feromagnetskim materijalima.

Termin nepravilnosti ili prekidnost podrazumijeva neplanirane nepravilnosti u materijalu, odnosno proizvodu kao što su:

- pukotine,
- poroznosti,
- metalni i nemetalni uključci i
- mjestimične promjene mikrostrukture.

Metoda se temelji na principu pojave izlaznog magnetskog polja na površini magnetiziranog materijala / proizvoda zbog pojave nepravilnosti.

U **feromagnetske materijale** ubrajamo: željezo (feromagnetno), kobalt, nikel i njegove legure, koje je moguće magnetizirati, što je ujedno preduvjet za provođenje ispitivanja magnetskim česticama. Magnetske čestice se pod djelovanjem magnetizma nakupljaju na mjestima gdje su otkrivene nepravilnosti.

4.2. Fizikalne osnove magnetizma

Magnet je tijelo koje posjeduje svojstvo da privlači predmete iz željeza, kobalta, nikla i nekih njihovih legura. Materijali od kojih su načinjeni magneti nazivamo feromagnetima. Osim prirodnog magnetita, postoje i umjetni magneti među kojima razlikujemo trajne ili permanentne magnete i elektromagnete. Magnet može biti u obliku štapa, potkove ili jarma.

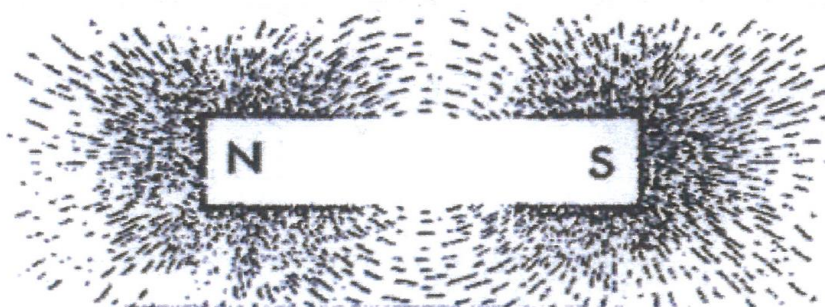
Permanentni magneti se izrađuju od tzv. tvrdih feromagnetskih materijala, koja trajno zadržavaju magnetna svojstva.

Elektromagnet je zavojnica sa jezgrom od mekog željeza, koja je magnetična samo dok kroz zavojnicu teče električna struja.

Magnetizam je svojstvo magneta da oko sebe proizvodi magnetsko polje.

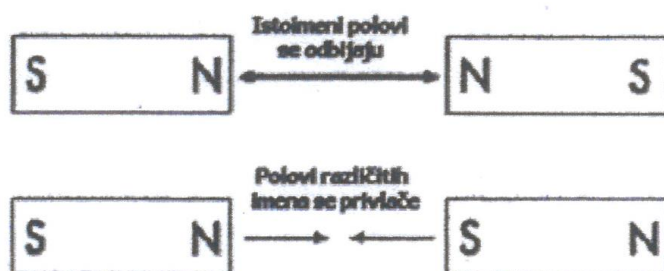
4.3. Magnetsko polje

Magnetsko polje je prostor u kojem djeluju magnetske sile. Sile privlačenja mogu djelovati unutar prostora i onda kada magnet i željezo nisu u međusobnom kontaktu. Magnetsko polje opisuje smjer i veličinu djelovanja sile privlačenja, a prikazujemo ga **magnetskim silnicama (linijama)**, koje u prirodi ne postoje nego su pogodne za grafičko prikazivanje magnetskog polja. U praksi je mnogo jednostavniji i brži način dobivanja slike magnetskog polja pomoću željezne piljevine. Raspored silnica oko magneta u obliku štapa je prikazan na slici 13.

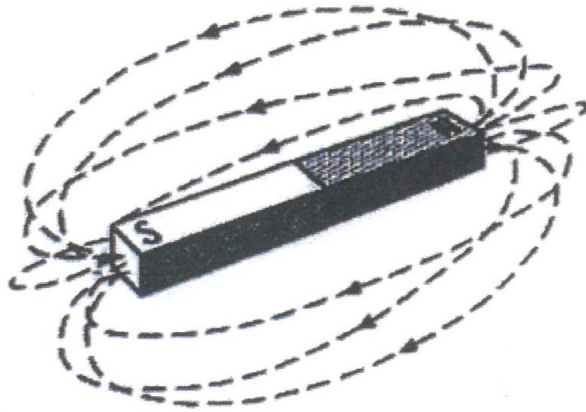


Slika 13: Magnetsko polje

Mjesta s najvećom gustoćom silnica zovu se „**polovi**“. Prema dogovoru silnice magnetskog polja su zatvorene linije i unutar magneta teku od južnog prema sjevernom polu, a izvan magneta od sjevernog prema južnom polu.



Slika 14: Magnetski polovi



Slika 15: Magnetski polovi

Magnetski polovi se dijele na sjeverni (N) i južni (S), s tim da se istoimeni polovi odbijaju, a raznoimeni privlače. Na polovima magneta je najveće djelovanje sile što znači da je tok silnica ujedno i smjer polja, a gustoća označava jakost polja. Polovi magneta privlače željezo neovisno da li se radi o sjevernom ili južnom polju.

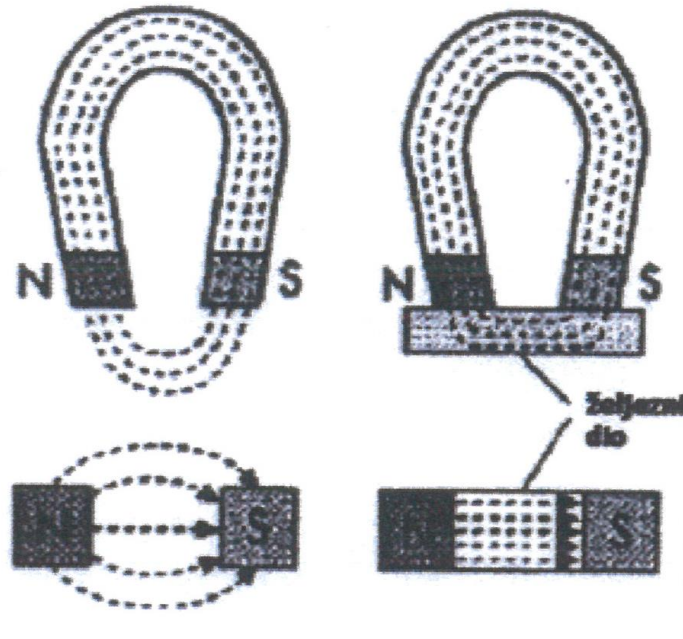
Kod magneta u obliku potkove ili jarma oba pola privlače predmet koji se može magnetizirati.

4.4. Magnetska indukcija i tok magnetskog polja

Magnetska indukcija (oznaka B , mjerna jedinica T - tesla) je mjera magnetičnosti materijala.

Magnetska indukcija je bitan parametar u ispitivanju magnetskim česticam, jer postoji zavisnost između dubine nepravilnosti (pukotine) i jakosti magnetske indukcije. Prije ispitivanja objekta potrebno je odrediti magnetsku indukciju ili definirati iznos magnetskog polja koji je nužan da se u materijalu pobudi potrebna magnetska indukcija.

Objekti koji se ispituju uobičajeno nisu permanentni (trajni) magneti ali ih je moguće magnetizirati. Na slici 16 je prikazan tok magnetskih silnica u zraku i kroz željezni uzorak.



Slika 16: Tok magnetskih silnica

Magnetski tok (oznaka Φ , mjerna jedinica Wb – veber) se definira kao ukupan broj silnica koje teku unutar magnetskog polja.

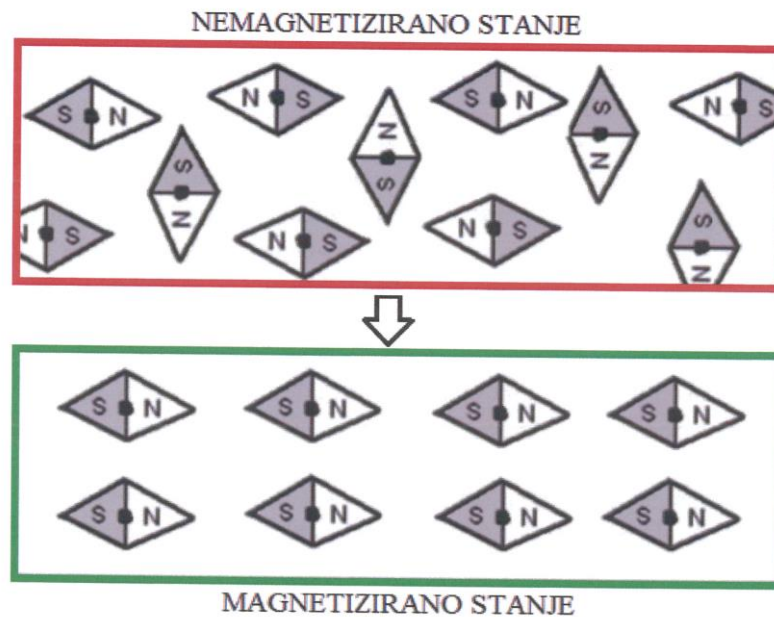
4.5. Magnetska indikacija

Magnetska indikacija nastaje na otkrivenoj nepravilnosti (pukotini) u objektu pod sljedećim uvjetima:

- gustoća magnetskog toka u materijalu ispitivanja zadovoljava, što znači da je dani presjek materijala zasićen
- nepravilnost leži okomito na smjer magnetskog polja

4.6. Magnetizacija

Magnetizaciju možemo objasniti ako komad mekog željeza stavimo u blizinu magneta, tj. u magnetskom polju postaje magnetičan i privlači željezne predmete. Ako magnet odmaknemo, meko željezo više nije magnetično i ne privlači željezne predmete. Kada uzorak mekog željeza zamijenimo sa uzorkom čelika, dolazi do zadržavanja magnetskih svojstava i nakon što smo čelik uklonili iz magnetskog polja. Tu pojavu nazivamo **magnetizacija**. Elementarni magneti u magnetiziranom i nemagnetiziranom stanju su prikazani na slici 17.



Slika 17: Magnetizacija

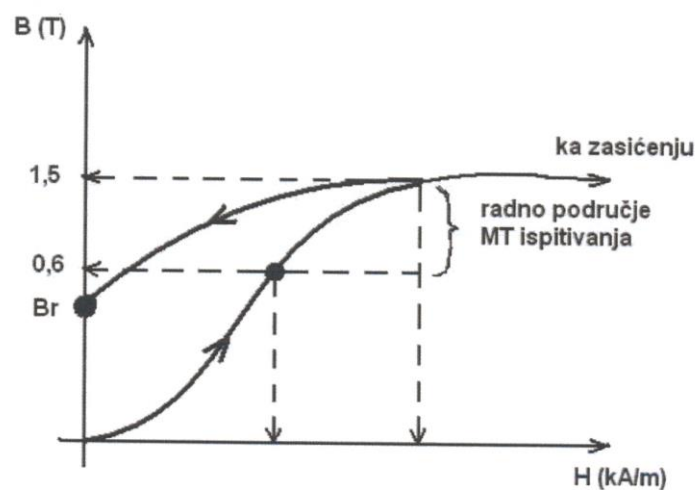
Metode magnetizacije koje koristimo kod ispitivanja magnetskim česticama u industriji temelje se na toku električne struje, koji uzrokuje stvaranje magnetskog polja. Kod trajnih magneta dolazi do djelomičnog gubitka sile magnetizacije, odnosno nije ih moguće regulirati.

4.7. Krivulja magnetizacije (histereza)

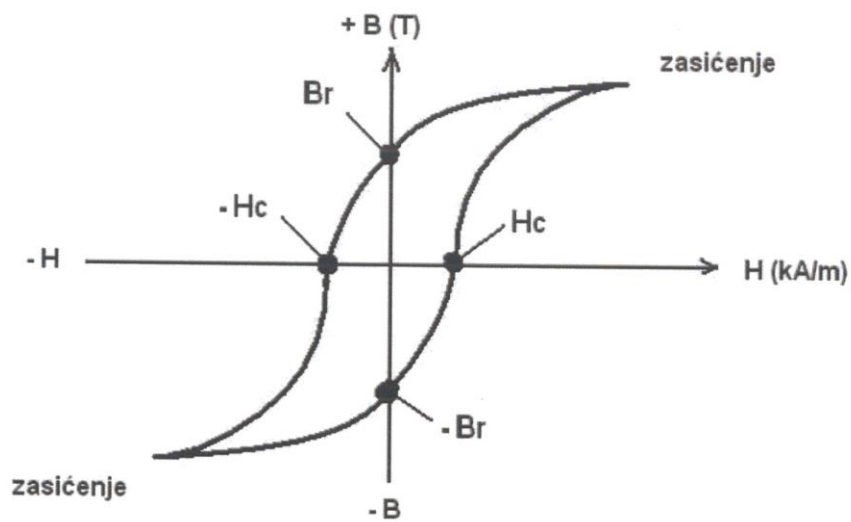
Krivulja magnetizacije koju nazivamo **histereza** nam pokazuje ukupnu promjenu magnetske indukcije B u materijalu nastale promjenom magnetskog polja H . Oblik krivulje histereze je moguće pojasniti praćenjem tijeka magnetiziranja. Ako je feromagnetski materijal u nemagnetiziranom stanju unesen u promjenjivo magnetsko polje H , tada mjerenjem magnetske indukcije B za svaku vrijednost polja H dobijemo krivulju prikazanu na slici 18.

U početku magnetiziranja porast magnetskog polja H proizvodi malu promjenu magnetske indukcije B . Nakon toga, relativno mala promjena H izaziva brzi porast B . Povećavanjem jakosti polja H , raste i magnetsko usmjeravanje, povećanje B se usporava i dolazi do zasićenja, tj. indukcija poprima učjemaksimalnu vrijednost B_{\max} . Točka, kod koje se krivulja magnetiziranja savija u smjeru zasićenja, ovisno o vrsti materijala te za čelične materijale kreće se u području između 0,6 T i 1,5 T. Kod ispitivanja magnetskim česticama ovo se zove **radno područje** i za većinu čeličnih materijala radno područje se ostvaruje kod jakosti magnetskog polja između 2-6 kA/m. Iz dijagrama je vidljivo da se magnetiziranje ne vraća po prvotnoj krivulji u 0 koordinatnog sustava, nego teče ravnije i završava na ordinati iznad koordinatne nule. Ovaj se položaj zove **remanentna točka**, gdje je $H=0$, $B=B_r$. Krivulja magnetiziranja odnosi se na nove proizvode bez prethodnog magnetiziranja i označava se kao **krivulja prvog magnetiziranja**.

Za neutralizaciju remanentnog magnetizma potrebna je određena jakost magnetskog polja suprotnog smjera, tj. koercitivna jakost polja. Kod ove vrijednosti krivulja magnetiziranja presijeca os jakosti polja H , tj. **koercitivna** točka gdje je: $H=H_c$, $B=0$. Izmjenom veličine i smjera jakosti magnetskog polja mijenja se gustoća toka u materijalu po iscrtkanoj liniji na slici odnosno po krivulji zaostajanja toka od jakosti magnetskog polja tzv. krivulji histereze, što potječe od riječi histeresis (zaostajanje).



Slika 18: Promjena magnetske indukcije

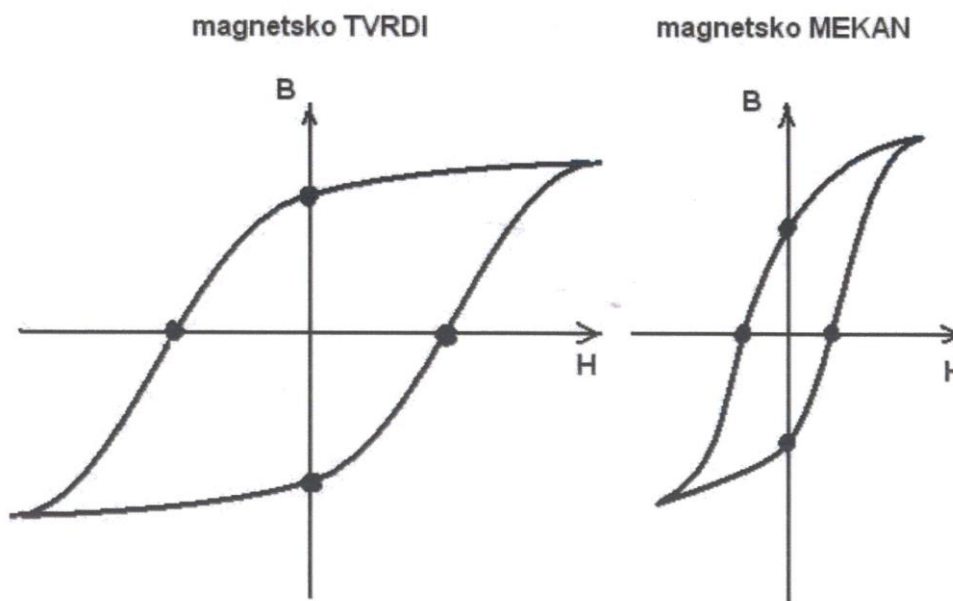


Slika 19: Krivulja histereze

4.8. Magnetsko-tvrđi i magnetsko-meki materijali

Ako je predmet ispitivanja već jednom magnetiziran, tada se suprotstavlja promjeni smjera magnetiziranja, time što magnetiziranje zaostaje iza jakosti polja. Kada je krivulja široka (velika koercitivna sila), tada se predmet ispitivanja suprotstavlja promjeni smjera magnetiziranja velikim otporom (magnetsko tvrđi materijali).

U drugom slučaju gdje je krivulja vrlo uska (mala koercitivna sila), tada materijal smatramo kao magnetski mekan, za promjenu smjera magnetizacije je potreban mali otpor. Na slici 20 su prikazane krivulje histereze magnetsko-tvrđih i magnetsko-mekih materijala.



Slika 20: Magnetsko-tvrđi i magnetsko-meki materijali

4.9. Demagnetizacija

Svi feromagnetski materijali nakon magnetske kontrole zadržavaju remanenciju čije ukidanje valja ocijeniti s obzirom na utjecaj na objekt, te utjecaj na okolni prostor. U velikoj većini slučajeva dozvoljava se demagnetiziranje do nivoa 6-struke jakosti magnetske indukcije Zemlje, dakle do nivoa od $\approx 300 \mu\text{T}$.

Utjecaj remanencije na objekt

Remanencija ne utječe na mehanička svojstva objekta, no mora se ukloniti radi sljedećih činjenica:

- obrada odvajanjem čestica, brušenje, poliranje, metaliziranje, ne mogu se provesti zbog prijanjanja metalnih čestica na površini objekta koji ima zaostali magnetizam,
- zavarivanje pozicija sa remanencijom ne može se provesti zbog otklanjanja lika,
- remanencija rotirajućih dijelova strojeva i postrojenja privlači na površinu tih pozicija metalne čestice iz lubrikanta ili ulja, što dovodi do nepotrebnog trošenja i oštećivanja tarnih površina,
- remanencija pozicije ometa provođenje magnetske kontrole pozicije sa strujom magnetizacije različitog smjera i manje jakosti od prethodnog magnetiziranja, jer rezultantno polje ne odgovara planiranom,
- remanentnost pozicije smetnja je čišćenju nakon ispitivanja.

Provedba demagnetizacije demagnetizatorima

Demagnetizacija objekta provodi se na temelju uspostave histereze demagnetizacije u objektu. To se postiže postavljenjem objekta u demagnetizator, što je zavojnica protjecana izmjeničnom ili istosmjernom strujom. Početna vrijednost struje demagnetiziranja je jačina koja će dati jakost magnetskog polja približno jakosti tog polja primjenjene u zadnjem magnetiziranju objekta.

Demagnetizacija se može provoditi:

- *demagnetizatorima sa izmjeničnom strujom,*
- *kabelom izvedenom priručnom zavojnicom,*
- *zavojnicom uređaja za magnetiziranje / demagnetiziranje,*
- *demagnetizatorima sa istosmjernom strujom,*
- *jarmom,*
- *ostalim tehnikama.*

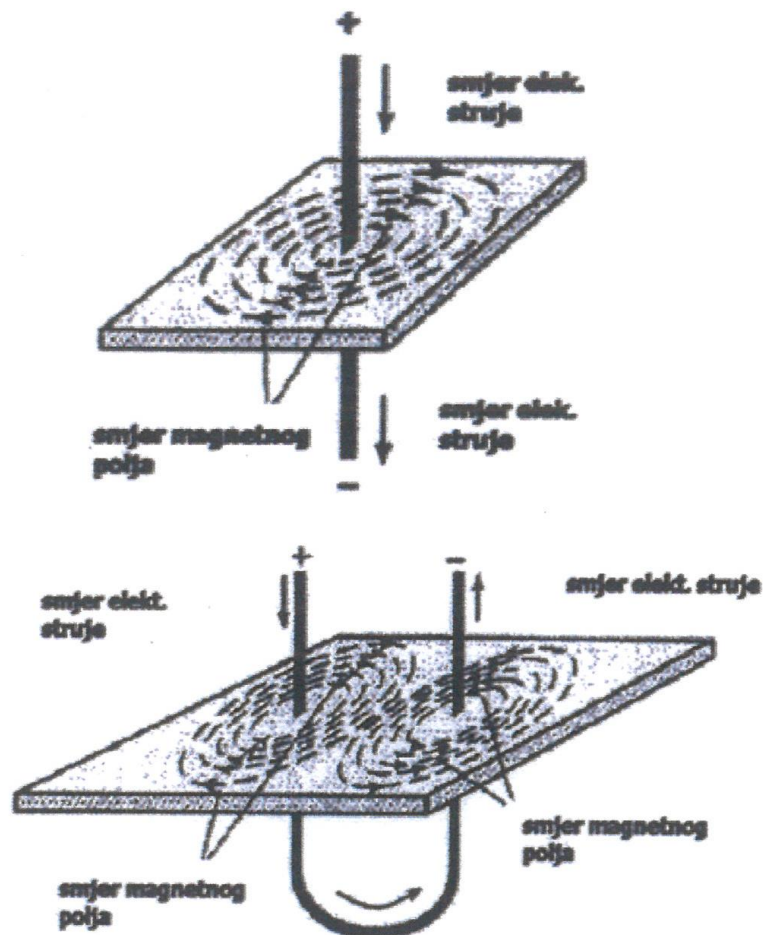
4.10. Vrste magnetskih polja

Kod ispitivanja magnetskim česticama koriste se dvije vrste magnetskih polja:

- **kružno** (uzrokovano pravocrtnom električnom strujom - ravni vodič)
- **uzdužno** (uzrokovano sa kružnom električnom strujom – zavojnica).

Kružno magnetsko polje ravnog vodiča

Kružno magnetsko polje nastaje oko ravnog vodiča, slika 21, a smjer je određen pravilom desne ruke (palac pokazuje smjer struje, a prsti smjer magnetskog polja).



Slika 21: Kružno magnetsko polje ravnog vodiča

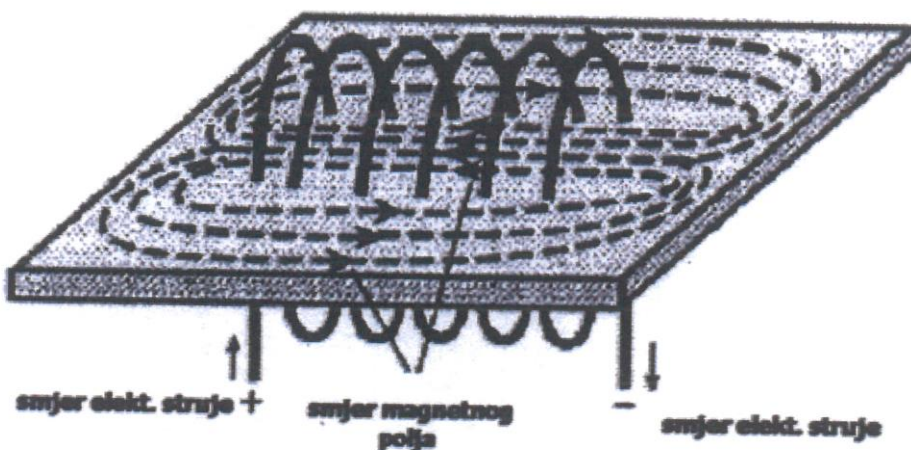
Uzdužno magnetsko polje zavojnice

Zavojnica proizvodi uzdužno magnetsko polje. **Magnetsko polje zavojnice**, kroz koju teče struja je prikazana na slici 22.

Unutar samog vodiča jakost magnetskog polja ovisi o vrsti struje. Kod istosmjerne struje jakost magnetskog polja se mijenja linearno od nule u središtu vodiča do maksimuma na površini vodiča. U slučaju izmjenične struje, zbog „skin efekta“, jakost magnetskog polja ima znatno veće vrijedosti blizu površine vodiča.

Ovisno o vrsti električne struje i magnetizacije, djelovanjem istosmjernom strujom je moguće otkriti nepravilnosti (prekidnosti) na dubini 5-10 mm. Kod istosmjerne struje postoje i nedostaci koji mogu uzrokovati pojavu geometrijskih indikacija i poteškoća prilikom demagnetizacije.

Za ispitivanje objekata i dijelova složenijih oblika koriste seizmjenična magnetna polja, jer se izmjenična polja bolje prilagođavaju površini ispitnih komada.



Slika 22: Uzdužno magnetsko polje zavojnice

4.11. Tehnike magnetizacije

Magnetizaciju dijelova i objekata moguće je provesti na dva načina:

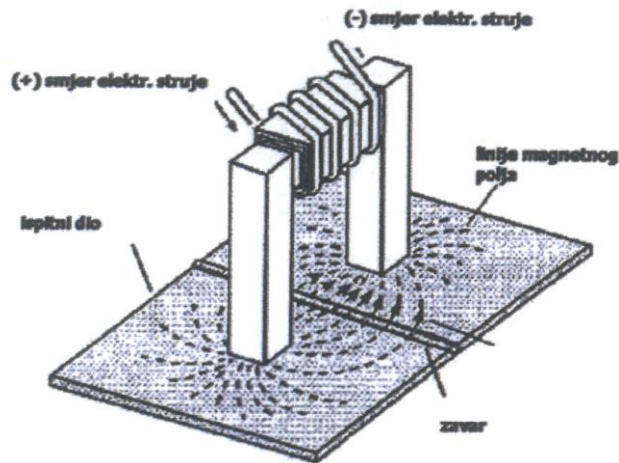
1. Pomoću ručnog jarma ili kontaktnih elektroda i generatora, tj. lokalno, kada se mora voditi računa o primjeni smjerova magnetizacije, koji trebaju ležati jedan prema drugom pod približno 90° . Ovakav način magnetizacije se koristi kod tlačnih posuda i velikih odljevaka.
2. U uređaju za magnetizaciju, koji ima mogućnost magnetizacije bilo kružnim ili uzdužnim magnetskim poljem, kojega osigurava stalni tok električne struje ili magnetsko polje. Ovim načinom se provodi magnetizacija cijevi ili traka.

Koju od ovih tehnika ispitivanja će se primjeniti ovisi o:

- geometriji samog objekta,
- vrstama nepravilnosti koje je potrebno otkriti,
- raspoloživoj opremi.

a) Magnetizacija pomoću jarma

Kod uzdužne magnetizacije ručnim jarmom magnetsko polje se zatvara kroz ispitni uzorak. Ispitivanje jarmom se uglavnom koristi za otkrivanje površinskih nepravilnosti, zbog slabijih magnetskih polja. Uzdužno magnetsko polje jarma između polova se širi bočno u obliku leće kako je prikazano na slici 23. Ovisno o pretpostavljenim ili očekivanim nepravilnostima, tj. o njihovom položaju i orijentaciji treba u uputi navesti korake ispitivanja i odabrati položaje jarma kako bi se osiguralo otkrivanje svih nepravilnosti. Ručni jarmovi su opremljeni prilagodljivim nastavcima kako bi što bolje slijedili geometriju objekta koji se ispituje. Prije i tijekom ispitivanja mora se provjeriti sila magnetizacije jarma.



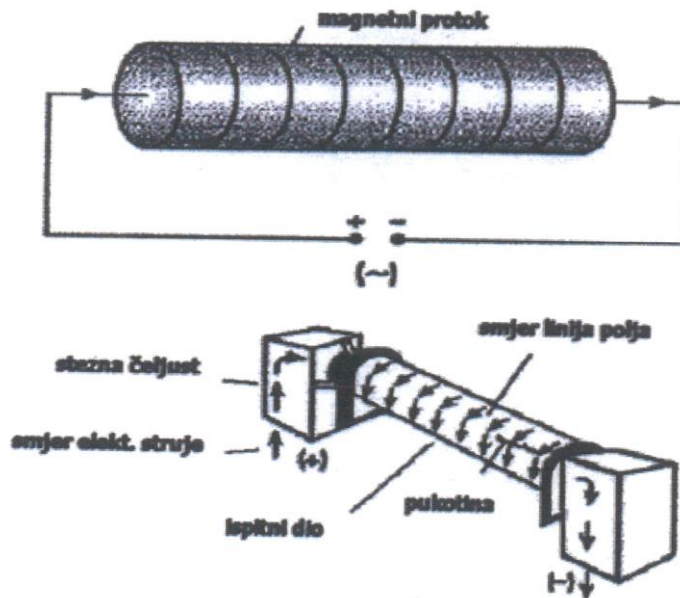
Slika 23: Magnetizacija pomoću jarma

b) Magnetizacija u uređaju za magnetizaciju

Provodi se na taj način da je ispitni dio ujedno i vodič električne struje, koja uzrokuje kružne, koncentrične silnice magnetskog polja. Ova tehnika je pogodna za otkrivanje uzdužnih indikacija i prikazana je na slici 24.

Kod ispitivanja cijevi ovim postupkom je moguće ispitati samo vanjsku površinu, te valja voditi računa zbog pojave iskrenja na mjestima slabijeg kontakta, koje se mogu poboljšati uporabom kontakata izrađenih iz bakra.

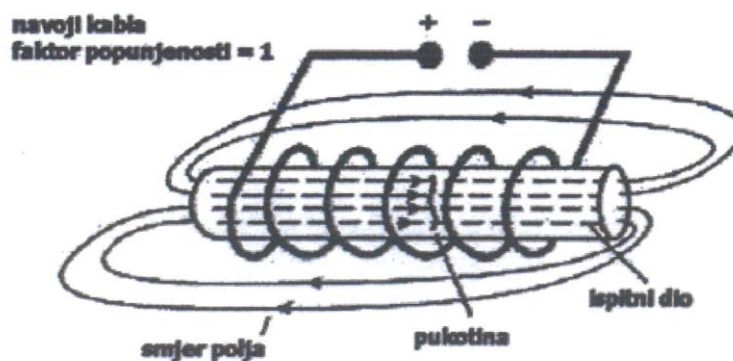
Kod ispitivanja šupljih dijelova (cijevi) pomoćni vodič iz bakra, ako se nalazi u sredini, zove se centralni vodič, čije magnetsko polje povećavamo s većim brojem navoja vodiča. Kod ove tehnike kružno polje omogućuje nam otkrivanje uzdužnih indikacija. Ukoliko ispitujemo proizvode većeg promjera i veće debljine stijenke, preporuča se vodič pomaknuti iz sredine i ispitati po segmentima.



Slika 24: Magnetizacija u uređaju za magnetizaciju

c) Magnetizacija zavojnicama (uzdužna magnetizacija)

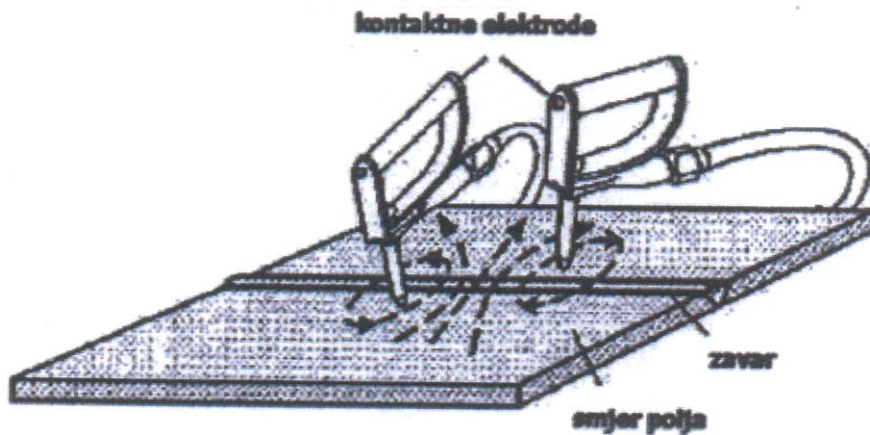
Primjenjuje se kod ispitivanja cilindričnih cijevnih proizvoda, gdje nam uzdužno magnetsko polje omogućava otkrivanje poprečnih (obodnih) nepravilnosti. Prikaz je na slici 25.



Slika 25: Magnetizacija zavojnicama (uzdužna magnetizacija)

d) Magnetizacija pomoću kontaktnih elektroda (kružna magnetizacija)

Primjenjuje se za ispitivanje velikih ili geometrijski složenih oblika, gdje djelomična magnetizacija omogućava ispitivanje po segmentima. Oko elektroda se formiraju kružna magnetska polja suprotnih smjerova što omogućava otkrivanje nepravilnosti, koje su paralelne sa linijom, koja povezuje obje elektrode. Prikaz na slici 26.



Slika 26: Magnetizacija pomoću kontaktnih elektroda

4.12. Feromagnetske čestice

Feromagnetske čestice su odabrani magnetski materijal odgovarajuće magnetske permeabilnosti, veličine, kontrasta i oblika prema načinu uočavanja i postizanja kontrasta koji zahtjeva traženu osjetljivost metode, dijele se na **obojene** i **fluorescentne**.

Obojene čestice su jednostavnije u primjeni jer se pregled vrši uz bijelo svjetlo, a nedostatak im je slabiji kontrast.

Fluorescentne čestice zbog boljeg kontrasta se koriste za ispitivanje proizvoda gdje se očekuju vrlo fine pukotine ili kada obojenost površine umanjuje kontrast indikacije. Ispitno sredstvo definiramo kao smjesu magnetskih čestica u nositelju sredstva.

U primjeni se koriste dva postupka i to:

- **suhi postupak**, gdje čestice nanosimo s plinom pod pritiskom, tj. uobičajeno zrakom,
- **mokri postupak**, gdje čestice nanosimo pomiješane sa vodom ili uljem.

Magnetne čestice moraju ispunjavati sljedeće zahtjeve:

- ne smiju imati otrovnih supstanci,
- ne smiju sadržavati nikakve nečistoće,
- moraju imati određenu veličinu i oblik zrna,
- moraju imati zadovoljavajuća magnetska svojstva,
- moraju imati dobar kontrast.

Veličina i oblik zrna je jedna od bitnih karakteristika, koja mora odgovarati očekivanoj širini nepravilnosti (pukotine). Ako je zrno veće od nepravilnosti, nije moguće odrediti izlazno magnetsko polje (curenje magnetskog toka). U drugom slučaju, ako je zrno bitno manje od širine nepravilnosti, indikacije su nejasne jer ih nepravilnost upije.

Kod mokrog postupka veličina zrna je u području 0,1 i 20 μm .

Kada se primjenjuje suhi postupak, koriste se veća zrna, što znači da se pomoću njih otkrivaju samo veće nepravilnosti (uvjetno šire pukotine).

U primjeni se kod ispitivanja koriste i obojane ispitne čestice, kod kojih je bitna karakteristika, kontrast. Primjerena, tj. zadovoljavajuća osvjetljenost omogućava našem oku da vidi razlike između pojedinih boja. Tako ćemo za ispitne proizvode svijetle površine koristiti crne čestice, dok ćemo za tamne površine odabrati žute ili crvene čestice. Često se za kontrastnu boju koristi bijela podloga maksimalne debljine 50 μm , što omogućava uporabu crnih čestica na crnoj podlozi.

Normama su propisani zahtjevi za promatranje otkrivenih indikacija:

- minimalno osvjetljenje od 500 lx,
- sposobnost vida na blizinu (Jaeger test),
- sposobnost raspoznavanja boja.

Za promatranje fluorescentnih indikacija koriste se izvori UV zračenja (svjetiljke na živine pare). Ugrađeni filter omogućava prolaz samo UV-A zračenja (valna dužina oko 365 nm), koja se zove crno svjetlo. Crno svjetlo može uzrokovati fluorescenciju oka zbog čega male indikacije nećemo uočiti. Nositelj sredstva ima funkciju da transportira čestice na površinu ispitnog objekta. U mokre nositelje ubrajamo ulje i vodu. Ulje ima bolju močivost, ali povišenu viskoznost, te se mora obratiti pažnja zbog zapaljivosti, te može biti uzrokom kožnih bolesti, što se može spriječiti uporabom rukavica.

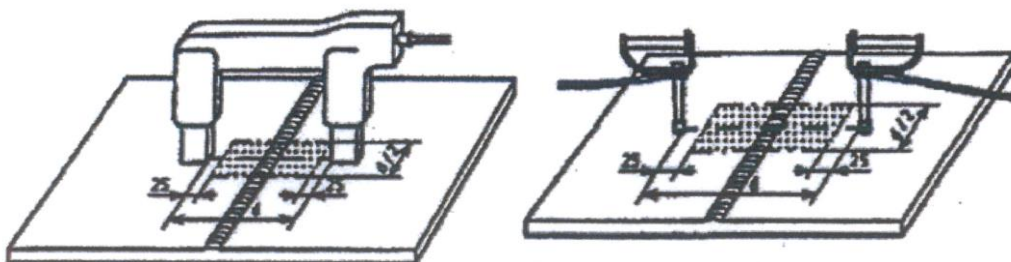
Ispitna sredstva su pakirana na sljedeći način:

- u spray dozama što znači da je koncentracija suspenzije pripremljena za uporabu,
- u obliku vodenog koncentrata što zahtijeva miješanje sa vodom,
- u obliku paste ili praha što zahtijeva miješanje sa uljem.

4.13. Postupak ispitivanja magnetskim česticama

Ispitivanje magnetskim česticama se provodi u nekoliko koraka (faza), što je propisano i normama.

1. Prvi korak je priprema ispitnog predmeta/proizvoda koji se sastoji u odstranjivanju sa površine nečistoća, hrđe koja se ljušti, kapljica od zavarivanja, masti, ulja i premaza debljih od 50 μm , te ostalih materija koje bi mogle utjecati na osjetljivost ispitivanja.
2. Drugi korak je provođenje magnetizacije (tehnike magnetizacije), kao što je prikazano na slici 27.



Slika 27: Ispitivanje magnetskim jarmom i kontaktnim elektrodama

3. Treći korak je nanošenje ispitnog sredstva koje se nanosi:
 - uobičajeno istovremeno sa magnetizacijom,
 - samo u posebnim slučajevima se nanosi po magnetizaciji (remanentni postupak).
4. Četvrti korak je promatranje ispitne površine kako bi se uočile otkrivene indikacije.
5. Peti korak je zapisivanje otkrivenih indikacija.
6. Šesti korak je čišćenje sredstava za detekciju i demagnetizacija, koja se definira pisanim dokumentom među ugovornim stranama.
7. Sedmi korak je izrada izvješća o ispitivanju.

4.14. Oprema za ispitivanje

Za ispitivanje metodom magnetskih čestica koristimo sljedeće uređaje:

1. **Ručni magneti (jarmovi)** su izrađeni od jezgre U – oblika, na koje je namotana jedna ili dvije zavojice koje se aktiviraju preko ručnih prekidača. Ručni magneti koriste za pogon izmjeničnu struju. Područje primjene ručnih magneta je ispitivanje zavarenih spojeva, velikih otkivaka i odljevaka po segmentima. Područje od 25 mm oko polova jarma smatra se premagnetiziranim.

Uobičajeno je da se ispitni segment magnetizira dva puta sa zakretom od 90°.



Slika 28: Magnetski jaram

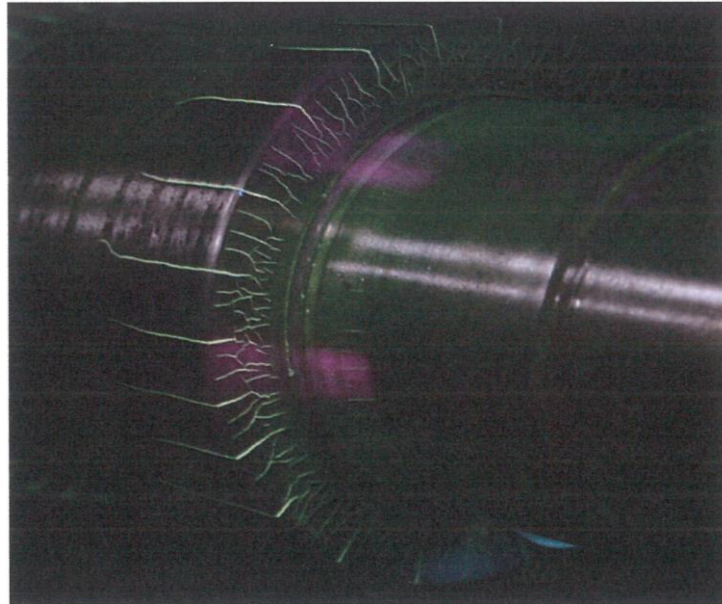
2. **Generatori struje**, ovisno od vrste i jakosti struje moguće je izvesti u prijenosnom (portable) i prijevoznom (mobilnom) obliku. Na generator struje je priključen visoko strujni kabel koji im funkciju ravnog vodiča kroz šuplji predmet, na zavarenim spojevima ili kao kabelski namotaj. Kabeli se mogu spojiti sa uređajima za magnetizaciju kao kontaktne elektrode. Kontaktne elektrode su vrlo fleksibilne te se koriste za ispitivanje složenih geometrijskih oblika.
3. **Stacionarni ispitni radni stolovi** služe za ispitivanje predmeta duljine do 1 m uz primjenu kružne ili uzdužne magnetizacije; magnetizacije se mogu izvršiti istovremeno ili jedna iza druge. Ako se magnetizacije vrše istovremeno i međusobno usklađeno, tada se radi o kombiniranoj magnetizaciji.
4. **Automatizirani uređaji i specijani uređaju za ispitivanje** se koriste prilikom ispitivanja masovnih komponenata/dijelova i to za veliki broj komada različitih dimenzija, oblika i materijala. U svrhu magnetizacije koristi se veliki broj različitih krugova magnetizacije istovremeno, koji su međusobno fazno podešeni.
5. **UV - svjetiljke** proizvode UV-A zračenje i koriste se kod ispitivanja sa fluorescentnim sredstvima. Uobičajeno se koriste kao prijenosne i stacionarne UV svjetiljke. To su uglavnom živine svjetiljke sa širokim spektrom, koje se proteže od kratkovalnog UV-B, preko UV-A do vidljive svjetlosti. U njih se ugrađuje filter koji propušta samo UV-A zračenje.



Slika 29: UV-lampa

- 6. Uređaji za demagnetizaciju** – za provođenje demagnetizacije postoje uređaji izrađeni od zavojnica u obliku tunela sa okruglim, pravokutnim i kvadratnim presjekom.

4.15. Primjeri magnetskih indikacija



Slika 30: Magnetska indikacija – fluorescentna tehnika



Slika 31: Magnetska indikacija – crno-bijela tehnika [3]

5. ULTRAZVUČNA KONTROLA

5.1 Fizikalne osnove ultrazvuka

Akustika je znanost koja proučava zvuk. Zvuk se širi u longitudinalnim valovima, ali zvuk nije dio elektromagnetskog spektra, kao što su to svjetlosni ili radio valovi. Zvuk nastaje kada neka materija vibrira. Frekvencija tih valova mjeri se jedinicama koje se nazivaju herci (prema njemačkom fizičaru Heinrichu Rudolfu Hertz koji je dao veliki doprinos u elektromagnetizmu). Herci se označavaju oznakom Hz.

Ultrazvuk je zvuk čija je frekvencija iznad gornje čujnosti za normalno ljudsko uho, a koja iznosi 20 kHz (20 000 herca). Visoke zvučne frekvencije sastavni su dio spektra frekvencija koje proizvodi neki izvor zvuka, a spektar zvučnih frekvencija čini boju zvuka. Najpoznatija primjena ultrazvuka danas je u medicini – ultrazvučna dijagnostika, i u industriji kontrola kvalitete proizvoda. Princip korištenja je vrlo jednostavan: odašilje se ultrazvučni val, koji se odbija od prepreke te se prema vremenu potrebnom da se val vrati određuje udaljenost i oblik objekta, odnosno, neke nepravilnosti u materijalu.

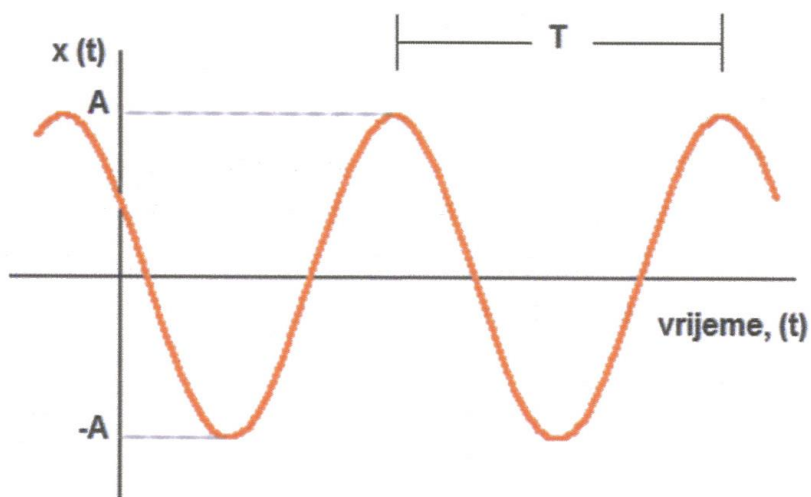
5.2 Titranje

Titranje je oblik periodičkog gibanja uzrokovano elastičnim karakteristikama tijela.

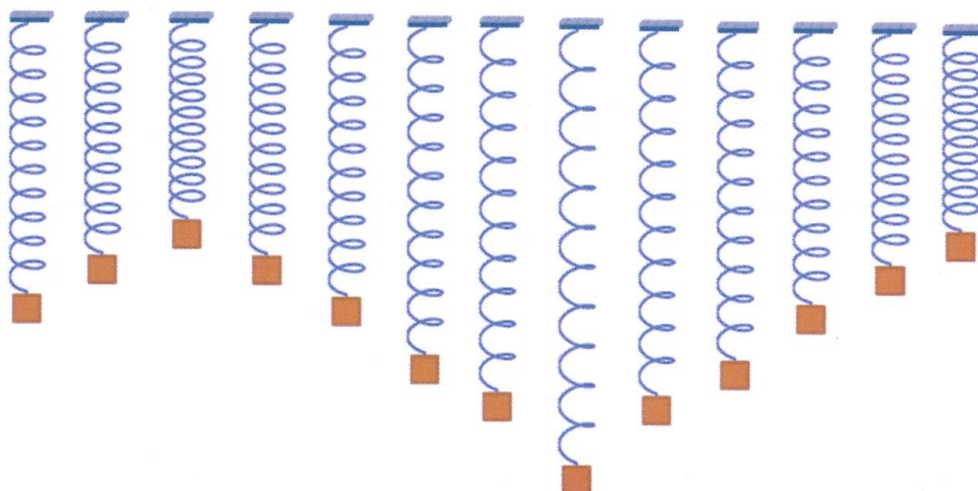
Parametri pomoću kojih se opisuje titranje:

- *period (T), vrijeme jednog titraja,*
- *frekvencija (f), broj titraja u sekundi,*
- *elongancija $x(t)$, pomak iz položaja ravnoteže u trenutku t ,*
- *amplituda (A), najveća elongancija.*

Slobodno titranje je periodičko gibanje tijela uzrokovano djelovanjem elastične sile proporcionalne pomaku tijela iz položaja ravnoteže. Prikaz na sljedećim slikama.



Slika 32: Grafički prikaz slobodnog titranja



Slika 33: Slobodno titranje

Ovisno o frekvenciji mehaničkih titranja i prosječnih slušnih mogućnosti ljudi, uobičajena je sljedeća podjela:

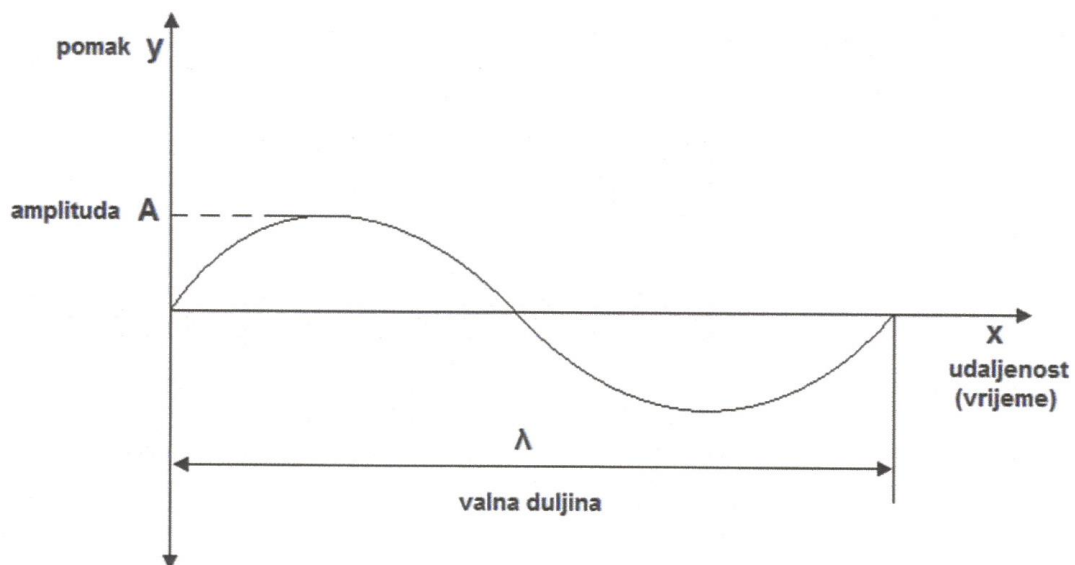
| Naziv | Približna frekvencija |
|------------|-----------------------|
| Infrazvuk | Do 16 Hz |
| Čujni zvuk | Od 16 Hz do 20 kHz |
| Ultrazvuk | Iznad 20 kHz |

5.3 Ultrazvučni izvori

Ultrazvučni titraji u kontaktu sa sredstvom prenosit će titranje na sredstvo koje ga okružuje. Čestice u sredstvu koje ultrazvuk pobuđuje titrat će istom frekvencijom kao i izvor, ali s različitom fazom. Faza titranja ovisi o brzini prijenosa titranja te točki u prostoru u kojem se promatra stanje titranja.

Prostorna razdioba pomaka, koja nastaje i napreduje određenom brzinom kroz medij, naziva se *progresivni ultrazvučni val*.

Kada su pomaci čestica koje titraju istom frekvencijom jednake u ravnini okomitoj na smjer širenja vala, a raspored pomaka u smjeru širenja vala sinusoidalna, sredstvom se širi ravni *harmonički val*. *Kuglasti val* nastaje širenjem titranja iz jedne točke kružno u prostor.



Slika 34: Matematički prikaz vala

Frekvencija (f) se može definirati brojem valova koji u jednoj sekundi prođu kroz jednu točku sredstva, u kojem postoji valno gibanje.

Amplituda vala (A) je najveći pomak titranja u nekoj točki.

5.4 Ultrazvučni valovi

Ultrazvučni valovi prenose energiju titranja kroz materijal. Ovisno o vrsti sredstva kroz koje se prenosi energija i ostalim značajkama kao što su vrsta materijala, oblik i dimenzije i općenito stanje materijala, posebno njegova elastična svojstva, nastat će razne vrste ultrazvučnih valova.

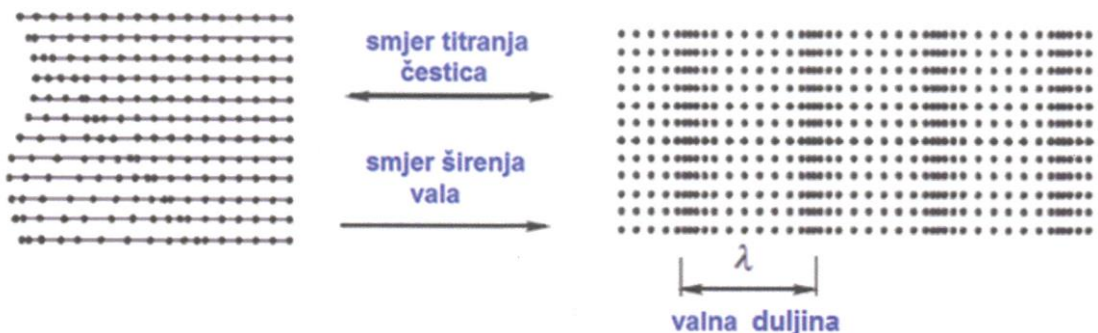
Dvije su osnovne vrste valova:

- **longitudinalni ili uzdužni valovi,**
- **transverzalni ili poprečni valovi.**

Longitudinalni i transverzalni ultrazvučni valovi u idealnom obliku titranja mogu nastati samo u beskonačnom sredstvu. U praksi se može smatrati da su valovi longitudinalni ili transverzalni u sredstvu čije se dimenzije mogu smatrati beskonačnim (vrlo velikim), u odnosu na valnu duljinu ultrazvuka.

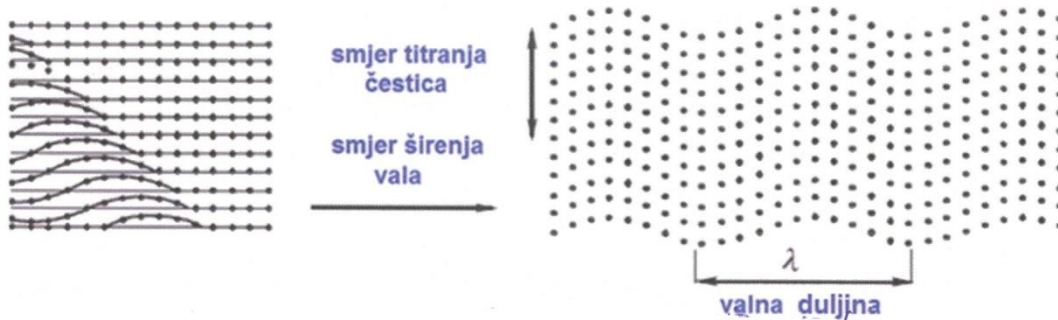
Ove dvije vrste valova se najjednostavnije mogu opisati na sljedeći način:

Longitudinalni val – uzdužni val (L-val) je onaj val kod kojega čestice titraju u smjeru širenja vala. L-valovi stoga uzrokuju zgušćenja i razrjeđivanja u sredstvu u kojem se šire. Prikaz na slici 35.



Slika 35: Longitudinalni val

Transverzalni val – poprečni val (T-val) je onaj val kod kojega čestice titraju okomito na smjer širenja vala. L-valovi stoga ne uzrokuju zgusnuća ni razrjeđivanja u materijalu. Prikaz na slici 36.



Slika 36: Transverzalni val

Longitudinalni valovi se mogu prostirati u **sva tri agregatna stanja**, dok se **transverzalni** valovi mogu širiti **samo u krutim sredstvima**.

5.5 Stvaranje ultrazvuka

Izvori ultrazvuka koji se koriste u metodama nerazornih ispitivanja su sonde koje prislanjanjem na objekt ispitivanja ili uranjanjem u tekućinu prenose titranje u sredstvo s kojim su u kontaktu.

Unutar sonde je ugrađen aktivni dio koji se naziva *pretvarač*. Pretvarač titra stvarajući ultrazvučne valove zbog različitih vanjskih utjecaja.

Ultrazvučni valovi se mogu širiti samo u sredstvu. Upravo se ta činjenica koristi za otkrivanje pogrešaka u ispitivanom objektu. Ultrazvučni valovi na granici sredstva kao i sve druge vrste valova slijede zakonitost valnog gibanja. Radi toga na granici sredstva, bilo da se radi o stijenci ispitnog objekta ili granici ispitni materijal – nepravilnost, dolazit će do odraza ultrazvučnih valova i/ili loma, difrakcije, odnosno ogiba ili druge vrste međudjelovanja sredstva i odaslane ultrazvučne energije.

Pravilnom interpretacijom ultrazvučne energije dobivene prozvučivanjem ispitivanog materijala može se procjeniti stanje materijala i parametri otkrivenih nepravilnosti.

Ultrazvuk se može dobivati na više načina. Najčešće se koristi piezoelektrični efekt za dobivanje ultrazvučne energije.

Najpoznatiji i najčešće u primjeni su sljedeći načini dobivanja ultrazvuka:

1. Piezoelektrični pretvarači

Francuski fizičar P. Curie 1880. godine otkriva svojstvo nekih materijala koji stvaraju električni potencijal kada se podvrgnu mehaničkom pritisku. Godinu dana kasnije drugi francuski fizičar Lippmann uočava reverzibilnost ovog svojstva, nazvanog piezoelektrični efekt.

Ukoliko se materijal piezoelektričkog svojstva izreže na odgovarajući način, najčešće u obliku tankih pločica, dobiva se tzv. aktivni materijal pretvarača koji može proizvoditi ultrazvuk ili registrirati prijem ultrazvuka.

Mehaničkim djelovanjem na piezoelektrični materijal zbog deformacije karakteristične strukture, dolazi do takvog rasporeda među atomima da se na površini stvara napon. Obratno, narinuti napon uzrokuje promjenu debljine pločice pretvarača.

Primjeri materijala su kvarc (prirodni materijal) i sintetski materijali.

2. Magnetostriksijski pretvarači

Pod magnetostriksijom se podrazumijeva pojava promjene duljine magnetskog vodiča u magnetskom polju. Pobuđivanjem magnetostriksijskog pretvarača vanjskim izmjeničnim magnetskim poljem postiže se periodička promjena duljine u taktu pobude. Pobuđivanjem pretvarača u rezonantnoj frekvenciji postiže se maksimalna vibracija. Ovi pretvarači mogu biti metalni i keramički.

3. Mehanički pretvarači

Udarac proizveden na nekom krutom tijlu uzrokovat će titranje širokog spektra frekvencija, koje nisu samo u čujnom području. Spektar frekvencija ovisi o materijlu, veličini i obliku objekta kao i o načinu pobude.

4. Toplinski pretvarači

Lokalno, naglo zagrijavanje površine objekta izaziva mehanička naprezanja u okolišu mjesta zagrijavanja. Ova naprezanja su uzrok širenja ultrazvučnih valova u okolni materijal, a spektar frekvencija može biti vrlo širok. Izvor za zagrijavanje može biti laser ili elektronski snop. Prednost ovako proizvedenog ultrazvuka je mogućnost beskontaktnog ispitivanja, čak i s udaljenosti od nekoliko metara. Nedostatak ove tehnike je u složenosti opreme i visokoj cijeni.

5.6 Ultrazvučni uređaj

U ultrazvučnom uređaju se proizvode električni impulsi visokog napona i kratkog trajanja, koje piezoelektrični pretvarač u ispitnoj glavi pretvara u mehaničke oscilacije u području ultrazvuka ($f > 16$ kHz).

Te oscilacije se u predmetu ispitivanja prostiru kao zvučni valovi. Zvučni valovi se reflektiraju na graničnim površinama i pretvarač ispitne glave (sonde) ih može primiti. Primljeni zvuk se može učiniti vidljivim na ekranu ultrazvučnog uređaja.

Uz pravilno podešavanje vremenske baze uređaja, može se odrediti dužina puta zvuka do reflektora, kao razmak između emitiranog impulsa i primljenog ehoa, i time položaj reflektora u predmetu ispitivanja.

S pravilnim podešavanjem pojačanja (tj. osjetljivosti uređaja), može se reflektivnost dotičnog reflektora usporediti sa reflektivnošću umjetnog reflektora (= rupa ravnog dna, bočno bušena rupa itd.) i time procijeniti njegova veličina.

Impulsna eho tehnika ultrazvučnog ispitivanja se primjenjuje za ispitivanje limova, odljevaka, otkivaka, cijevi, valjanih proizvoda, zavarenih spojeva itd. izrađenih od metalnih, keramičkih i plastičnih materijala, uglavnom debljina većih od 8 mm.

Osim primjene za utvrđivanje unutarnjih nepravilnosti, ultrazvuk se primjenjuje i za mjerenje debljine stijenke, a može se koristiti i za karakterizaciju materijala (brzine zvučnih valova), pa i za mjerenje zaostalih naprezanja.



Slika 37: Analogni ultrazvučni uređaji



Slika 38: Digitalni ultrazvučni uređaji

5.7 Ultrazvučne sonde

Ultrazvučne sonde su ključni dio ultrazvučnog sustava. Ovisno o namjeni, postoje više vrsta sondi.

U posljednje vrijeme, paralelno sa širenjem primjene ultrazvučne kontrole, proširio se također spektar sondi različitih namjena, koje se ne razlikuju samo po smjeru odašiljanja i prijema ultrazvuka, već i u načinom generiranja ultrazvuka.

Može se ipak napraviti gruba podjela u tzv. **standardne sonde**, koje se koriste u ručnoj ultrazvučnoj kontroli i **specijalne sonde** kao npr. viševalne sonde ili višepretvaračke sonde s pretvaračem, sastavljenim od više manjih koji emitiraju s kašnjenjem, pružajući tako mogućnost potpunijeg skeniranja objekta.

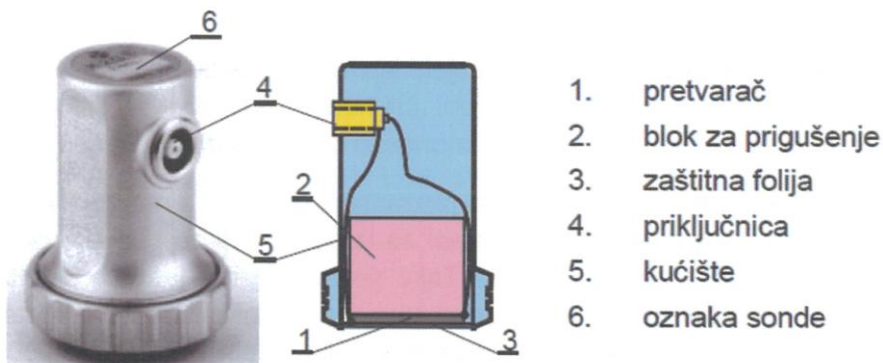
Standardne sonde, s obzirom na smjer odašiljanja ultrazvučnog snopa su: *ravna* i *kutna* sonda. Svaka vrsta ovih sondi može biti dalje razvrstana obzirom na druge parametre.

Standardne sonde su:

- ravna sonda,
- dvostruka sonda te
- kutne sonde 35°, 45°, 60°, 70°.

Ravna sonda odašilje i prima ultrazvučne valove okomito na svoju izlaznu plohu. Kut izlaza za ravne sonde je 0°.

Princip rada je prikazan na slici 39, a on se bazira na tome da se pretvarač (1) pobuđuje putem elektroda koje su koaksijalnim kabelom vezane za ultrazvučni uređaj. Svaka elektroda je spojena na suprotnu stranu pretvarača. Neke sonde imaju pretvarač bez zaštitne folije (3). Jedna od elektroda je u tom slučaju priključena na pretvarač, a druga na kućište sonde, koje u kontaktu sa objektom, ukoliko je materijal objekta metal, omogućava povezivanje o elektrode sa vanjsko plohom pretvarača i tako se stvara potrebni potencijal na pretvaraču. U tom je slučaju ispitivanje ograničeno na metalne materijale. Pretvarač je pričvršćen na blok za prigušenje (2), koji služi za prigušenje slobodnih titraja pretvarača.

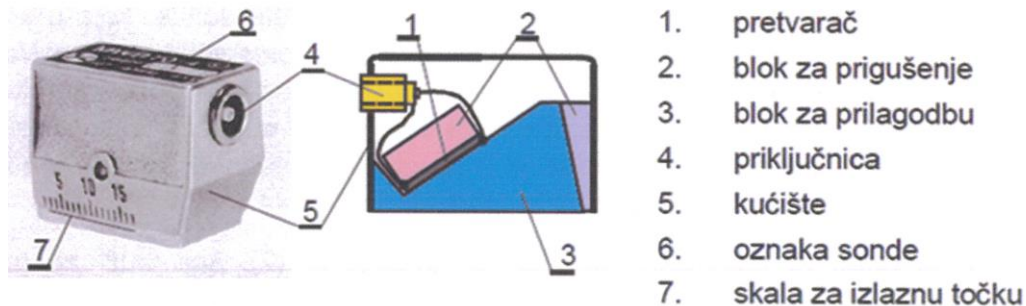


Slika 39: Ravna sonda

Materijal i oblik bloka za prigušenje je izveden tako da se priguše oni ultrazvučni valovi koji se šire prema unutrašnjosti sonde, te spriječi mogućnost njihova širenje u objekt ispitivanja. Pretvarač, blok za prigušenje i elektrode su pričvršćene u kućištu (5), koje je dužno osigurati krutost i mogućnost što ugodnijeg rukovanja sondom.

Kutna sonda - naziv sonde označava smjer odašiljanja i prijema ultrazvuka pod kutom prema normali na plohu pretvarača. Najčešće se kutne sonde izrađuju s kutom ulaza ultrazvuka u etalonski čelik pod kutom od 45°, 60°, 70° i 80°.

Princip rada je prikazan na slici 40.



Slika 40: Kutna sonda

Ulaz ultrazvuka pod kutem u objekt ispitivanja postiže se nagibom pretvarača (1) pod kutem prema izlaznoj plohi pri konstrukciji sonde. Titranje, tj. ultrazvučne valove od pretvarača do objekta prenosi blok za umjeravanje (3). Blok za usmjeravanje je obično prizmatičnog oblika, a materijal iz kojeg je izrađen je najčešće pleksistaklo. Tako se postiže relativno mali ulazni kut ultrazvuka na granici sonda – materijal, čime je omogućena konstrukcija sonde ulaznog kuta u čelik između 45° i 90°.

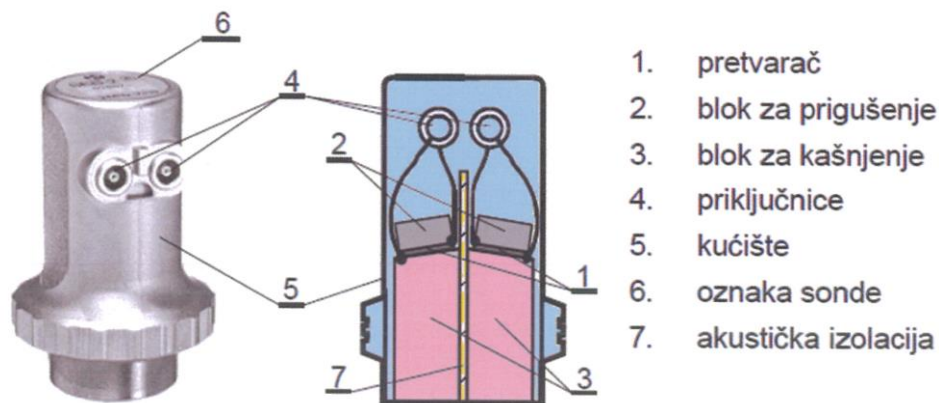
Izborom kuta ultrazvuka kroz pleksistaklo u području između gornjeg i donjeg graničnog kuta postiže se emisija samo transvezalnih valova kod tako konstruiranih sonde. Budući da će na granici pleksistaklo – ispitna površina doći do refleksije i loma, reflektirani dio ultrazvučne energije treba ukloniti blokom za prigušenje, kako se ultrazvuk ne bi nakon odraza unutar kućišta sonde ili unutar sonde ponovno prenosio u ispitni objekt.

Oznake za kutne sonde se razlikuju ovisno o proizvođaču. Većina sonde uz osnovnu onaku nosi dodatna obilježja kao što s: frekvencija, veličina i dr.

Na svakoj kutnoj sondi označena je skala za izlaznu točku koja omogućava lakše određivanje izlazne točke, tj. mjesto na sondi gdje izvire središnja zraka ultrazvučnog snopa.

Dvostruka (SE) sonda – sam naziv proizlazi iz konstrukcije ove sonde, koja ima odvojen pretvarač prijemnika i odašiljača. Oba pretvarača su ugrađena u zajedničko kućište, ali su akustički i električki izolirani. Pretvarači su električki odvojeni, da se izbjegne blokiranje pojačala visokim naponom generatora impulsa pri odašiljanju. Dvostruka sonda je radi toga povezana sa ultrazvučnim uređajem dvostrukim koaksijalnim kabelom.

Princip rada je prikazan na slici 41.



Slika 41: Dvostruka (SE) sonda

Ultrazvučni valovi generirani u pretvaraču (1) šire se u objekt ispitivanja kroz blok za kašnjenje (3) koji je spojen na odašiljački pretvarač. Drugi pretvarač je, električki i akustički, izoliran od prvog i može izvršiti prijem ultrazvuka i tijekom odašiljanja prvog pretvarača. Na taj način se omogućava ispitivanje neposredno ispod ulazne plohe. Pretvaračke pločice predajnika i prijemnika su jedna u odnosu na drugu postavljene pod određenim kutem, koji omogućuje prijem ultrazvuka u sondu, ukoliko se ultrazvuk reflektira od plohe paralelne kontaktnoj, ali s udaljenosti koja dopušta povratak ultrazvuka u sondu.

Ovisno o kutu između pretvarača, postižu se prozvučivanja određenih zona u objektu ispitivanja, tj. postiže se određeno fokusiranje snopa koji se koristi upravo u tu svrhu. Sonde s većim kutem nagiba će fokusirati ultrazvučni snop bliže površini, dok će manji kut nagiba osiguravati ispitivanje u većoj dubini materijala.

Ultrazvučni snop dvostruke sonde razlikuje se od snopa ravne sonde utoliko što nije koristan u cijeloj duljini unutar koje ima dovoljan intenzitet. Koristan dio snopa je

samo onaj unutar kojega dolazi do preklapanja odašiljačkog i prijemnog snopa dvostruke sonde.

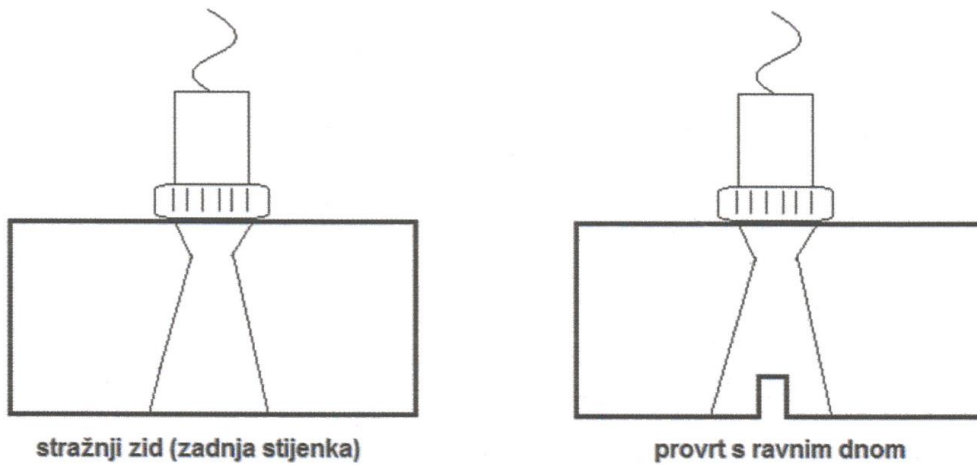
5.8 Kalibracija ultrazvučnog sistema

5.8.1 Umjetni reflektori

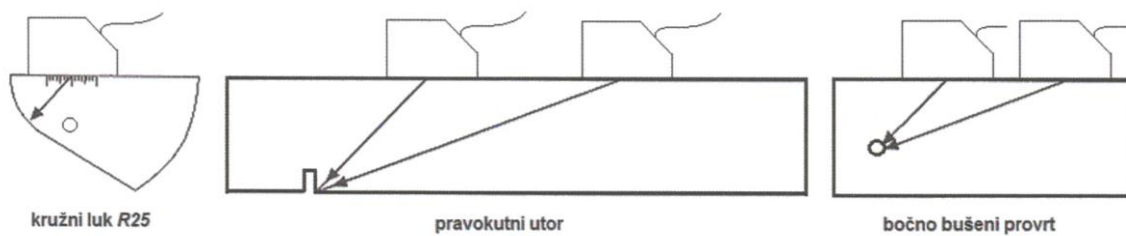
Pri ultrazvučnom ispitivanju se vremenska baza i osjetljivost ispitivanja kalibriraju, a sposobnost refleksije reflektora se uspoređuje sa umjetno izrađenim reflektorima. Uglavnom se koriste sljedeći umjetni reflektori:

- *stražnji zid (zadnja stijenka)* – planarni reflektor, okomit na smjer prostiranja zvuka čija je površina veća od promjera zvučnog polja
- *kružni luk na kalibracijskom bloku (npr. R25 na kalibracijskom bloku V2),*
- *provrt ravnog dna* (eng. Flat Bottom Hole, FBT) = reflektor u obliku diska, planarni reflektor, okomit na smjer prostiranja zvuka, čija je površina manja od promjera zvučnog polja,
- *bočni bušeni provrt* (eng. Side Drill Hole, SDH) = reflektor sa osi paralelnom površini skeniranja i duljine veće od promjera zvučnog snopa,
- *utor (žlijeb).*

Navedeni reflektori prikazani su slikama 42 i 43.



Slika 42: Referentni reflektori za okomita skeniranja (ravna sonda)

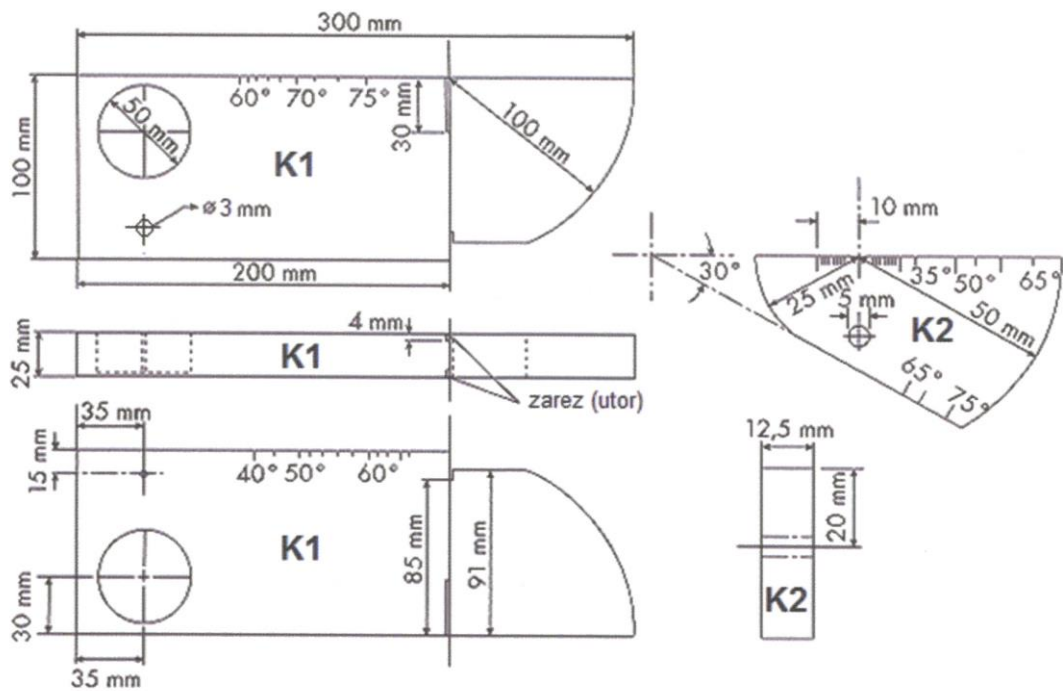


Slika 43: Referentni reflektori za kutno skeniranje

Gore spomenuti tipovi reflektora ugrađuju se u standardne kalibracijske blokove V2 i V1 (označavaju se i sa K2 i K1) prikazane na sljedećim slikama.



Slika 44: Standardni kalibracijski blokovi K2 (lijevo) i K1 (desno)



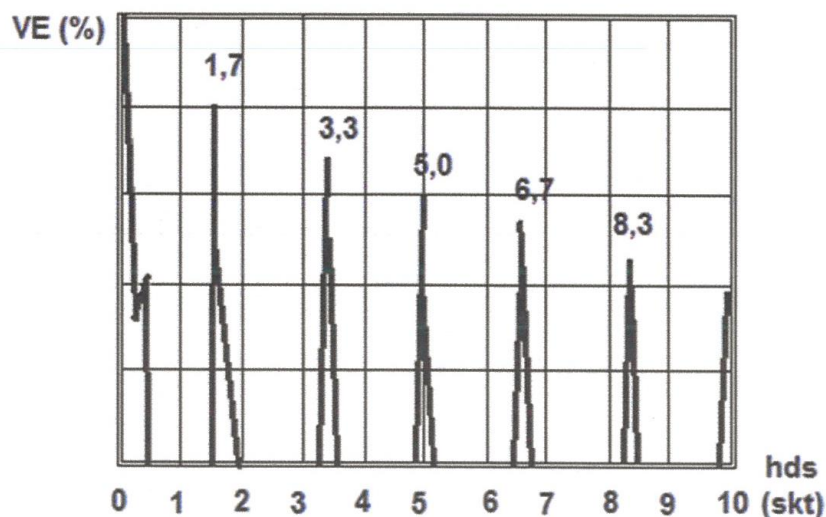
Slika 45: Karakteristične dimenzije kalibracijskih blokova K1 i K2

5.8.2 Kalibracija opsega udaljenosti

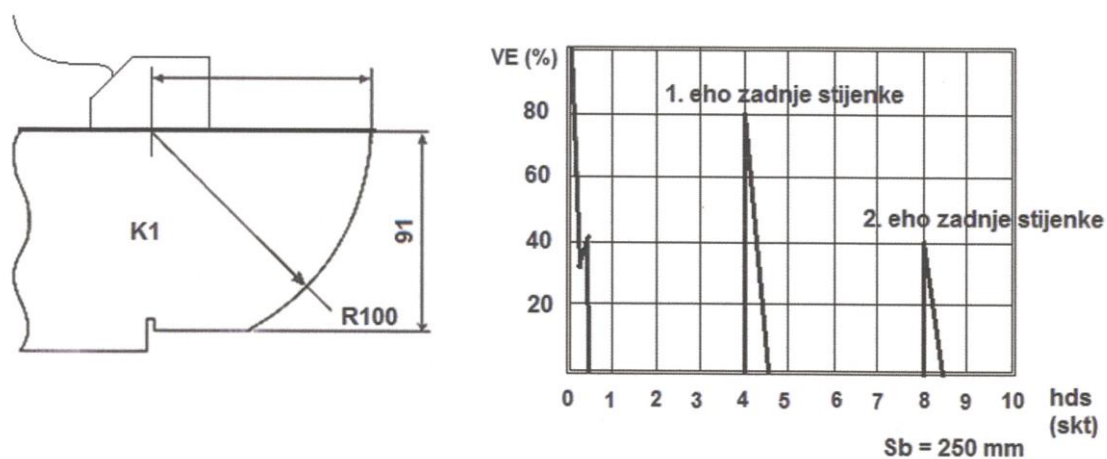
Radi točnosti očitavanja položaja i veličine reflektora, horizontalna skala i vertikalna skala ultrazvučnog uređaja moraju se kalibrirati (horizontalna skala skraćeno *hds*).

Kalibracija udaljenosti (*hds-a*) se podešava pomoću poznatih zvučnih puteva S_i u kalibracijskom ili referentnom bloku, da bi se na ekranu mogao očitati prijeđeni put zvuka od sonde do reflektora. Visina ekrana (*VE*) izražena je u postocima (%).

Primjeri kalibracija prikazane su slikama 46 i 47.



Slika 46: Kalibracija udaljenosti sa ravnom sondom na putu $S_1 = 25 \text{ mm}$ kalibracijskog bloka V1. Za opseg $S_B = 150 \text{ mm}$ prvi eho stražnjeg zida se podešava na 1,7 hds, a peti na 8,3 hds, s regulatorima proširenja/skupljanja baze i potiskivanja nulte točke



Slika 47: Kalibracija udaljenosti sa kutnom sondom na putu $S_1 = R_1 = 100 \text{ mm}$ kalibracijskog bloka V1. Kalibracijski opseg $S_B = 250 \text{ mm}$. Prvi eho zadnje stijenke (luka) podešen na 4 hds, drugi na 8 hds

5.8.3 Kalibracija osjetljivosti ispitivanja

Kalibracija osjetljivosti predstavlja određivanje **referentnog pojačanja** signala sa kojim će se provoditi ultrazvučno ispitivanje.

Pojačanje se izražava u decibelima (dB).

Primjenjuju se tri osnovne tehnike kalibracije osjetljivosti:

- *tehnika referentnih blokova sa poprečno bušenim provrtima* – izrada krivulje korekcije amplitude sa udaljenošću (DAC) – eng. Distance Amplitude Corection
- *DGS (AVG) tehnika* – eng.Distance Gain Size, njem. Abstand Verstarkung Grosse,
- *tehnika referentnih blokova s pravokutnim utorima i žljebovima.*

Pošto je u eksperimentalnom dijelu rada ispitivanje izvršeno pomoću kalibracije DGS tehnikom, u ovom radu biti će obrađen samo taj tip kalibracije.

DGS tehnika kalibracije osjetljivosti

DGS tehnika kalibracije osjetljivosti koristi DGS dijagram i standardne kalibracijske blokove K1 ili K2 (V1 ili V2)

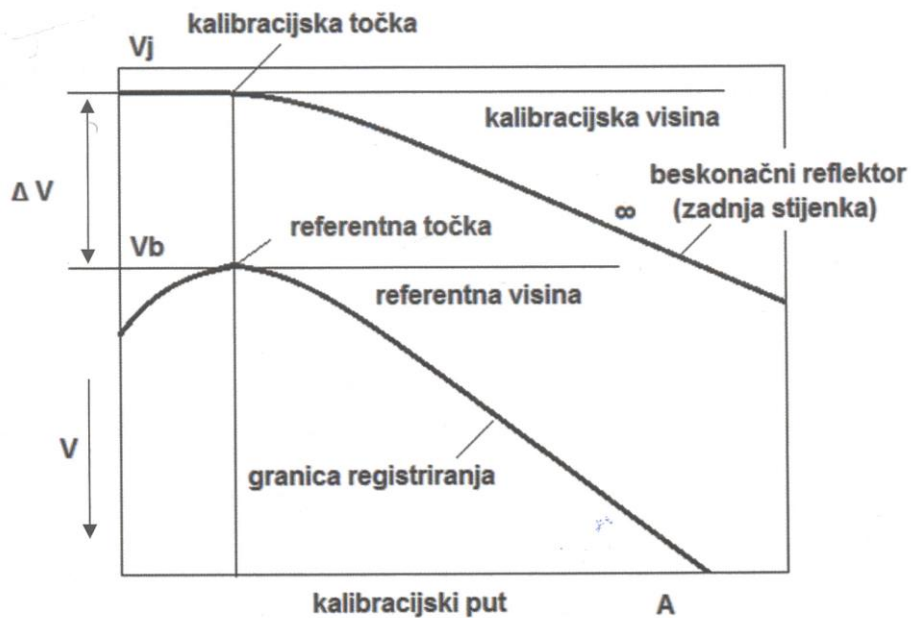
Kalibracijski reflektori koji se mogu koristiti su:

- *zadnja stijenka kalibracijskog bloka ili predmeta ispitivanja (normalne / ravne sonde),*
- *25 mm radijus na kalibracijskom bloku K2 (minijaturne kutne sonde frekvencije $f = 4$ MHz),*
- *100 mm radijus na kalibracijskom bloku K1 (sve druge kutne sonde),*
- *bočno bušeni provrti na kalibracijskim blokovima V1 i V2 (sve sonde).*

Vrh ehoa od odabranog kalibracijskog reflektora se regulatorom pojačanja dovodi na referentnu liniju, a za to potrebno pojačanje predstavlja *osnovno pojačanje* V_j .

Ako je kalibracijski blok zadnja stijenka, onda treba osnovno pojačanje povećati za neko *dodatno pojačanje* ΔV da bi se kompenzirala razlika reflektivnosti između zadnje stijenke i referentnog reflektora oblika diska (FBH).

Prikaz na slici 48.



Slika 48: Određivanje dodatnog pojačanja iz DGS dijagrama

5.9 Parametri ocjenjivanja detektiranog reflektora

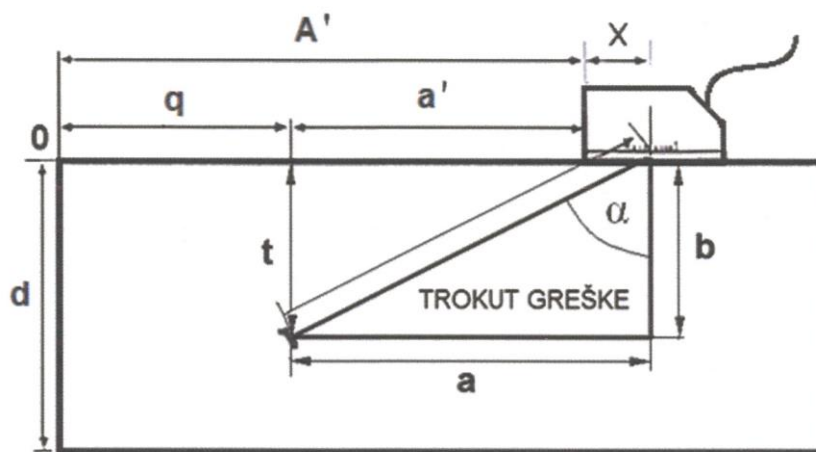
Kada je tijekom skeniranja detektiran reflektor u ispitnoj površini, potrebno je odrediti:

- točnu lokaciju reflektora,
- dimenzije reflektora,
- karakter reflektora (planarni ili volumni).

Lokacija reflektora

Kod okomitog skeniranja *lokaciju reflektora* je relativno lako odrediti: on se nalazi na dubini koja je jednaka dužini pola zvuka do reflektora, a položaj u usvojenom koordinatnom sustavu mu je određen položajem izlazne točke ispitne sonde u tom koordinatnom sustavu.

Kod kutnog skeniranja koordinate reflektora je potrebno izračunati iz tzv. *trokuta greške* pri izmjenom putu zvuka i poznatom (provjerenom) kutu ultrazvučne sonde i položaja izlazne točke. Prikaz na slici 49.



Slika 49: Definicija veličina u trokutu greške

Gdje je:

- A' – razmak između čela sonde i osi zavora,
- a' – skraćeni projekcijski razmak između čela sonde i reflektora,
- s – dužina puta zvuka od izlazne točke zvuka do reflektora,
- x – razmak između izlazne točke zvuka i čela sonde,
- b – pomoćna veličina za određivanje dubine reflektora,
- t – stvarna dubina reflektora,
- q – razmak reflektora od osi zavora (poprečna koordinata),
- α – kut prostiranja zvuka u materijalu.

Određivanje veličine reflektora

Kod određivanja veličine reflektora mjeri se prekoračenje visine ehoa preko referentne linije i duljinske dimenzije reflektora.

Prekoračenje visine ehoa ΔH_U (dB) preko referentne linije pokazuje za koliko decibela detektirana nepravilnost bolje reflektira od kritičnog referentnog reflektora.

$$\Delta H_U = V_R - V_U$$

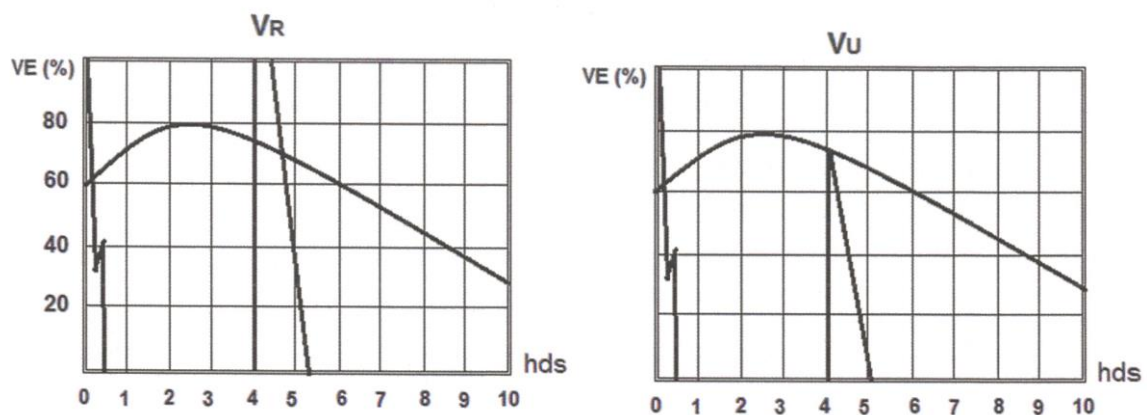
Gdje je: ΔV_U – prekoračenje visine ehoa iznad referentnog nivoa (dB),

V_R – referentno pojačanje,

V_U – pojačanje u dB, kod kojeg je vrh ehoa nepravilnosti na referentnoj

liniji

Primjer na slici 50.



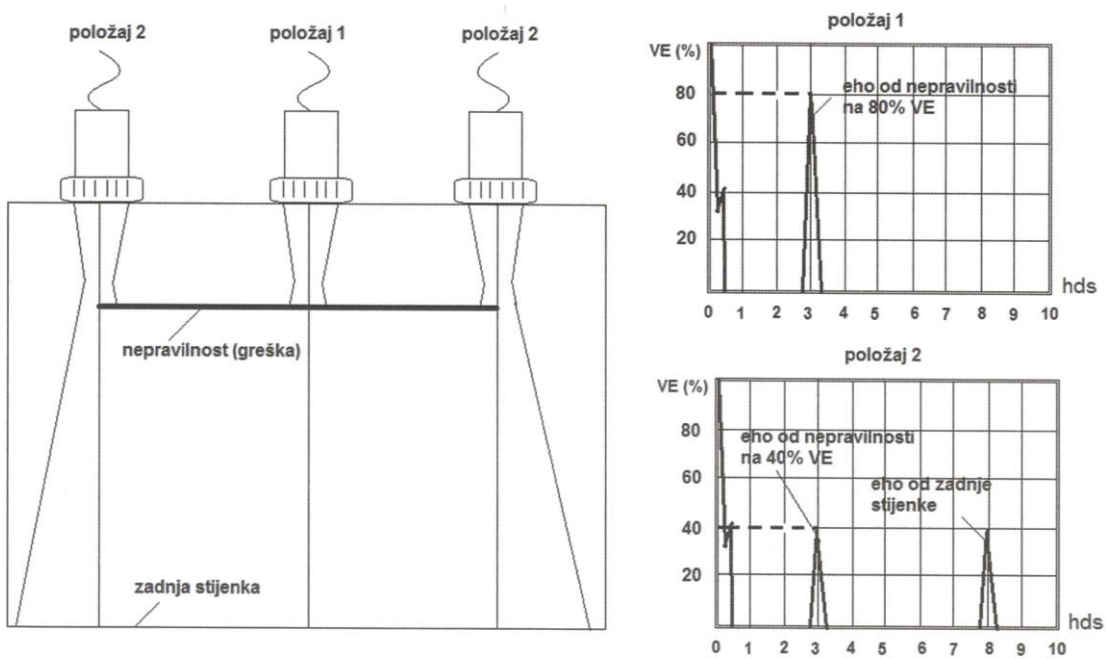
Slika 50: Određivanje prekoračenja visina ehoa

Određivanje duljinske dimenzije reflektora

Duljinska dimenzija reflektora se mjeri na jedan ili dva načina, odnosno kao:

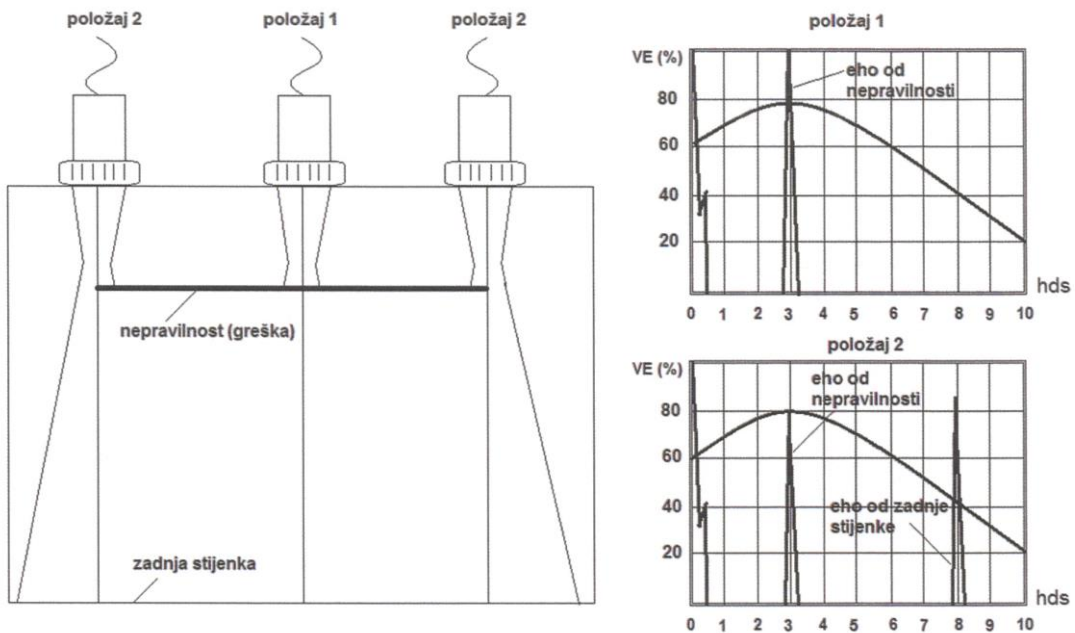
- poluvrijednosna duljina, ili
- registracijska duljina.

Poluvrijednosna duljina je prikazana na slici 51.



Slika 51: Određivanje poluvrijednosne dužine reflektora

Određivanje registracijske duljine je prikazano na slici 52.



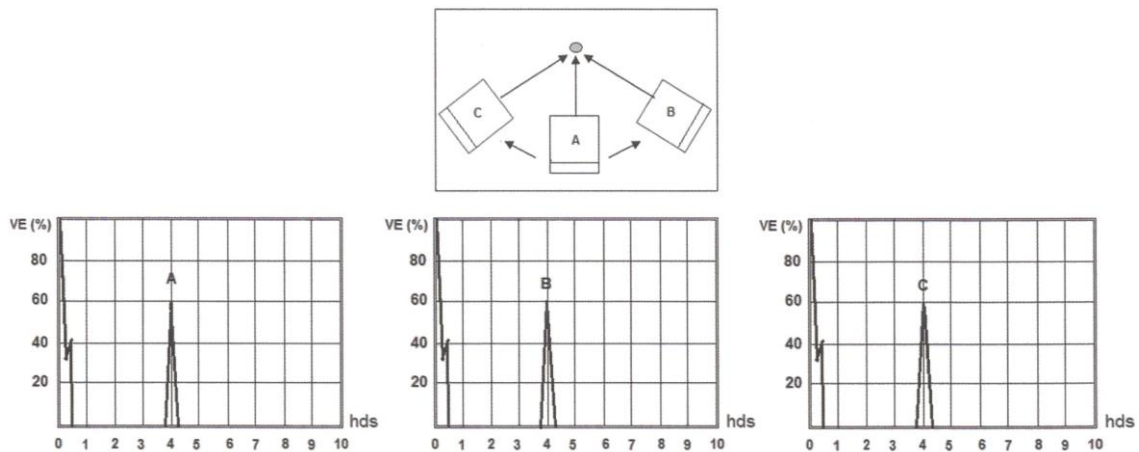
Slika 52: Određivanje registracijske duljine (uz pojačanje V_R)

Karakterizacija oblika reflektora

Za **karakterizaciju oblika reflektora** koriste se tehnike skeniranja po luku na stalnom razmaku i tehnika pomicanja sonde po liniji u ravnini reflektora (= snimanje ehodinamičke krivulje).

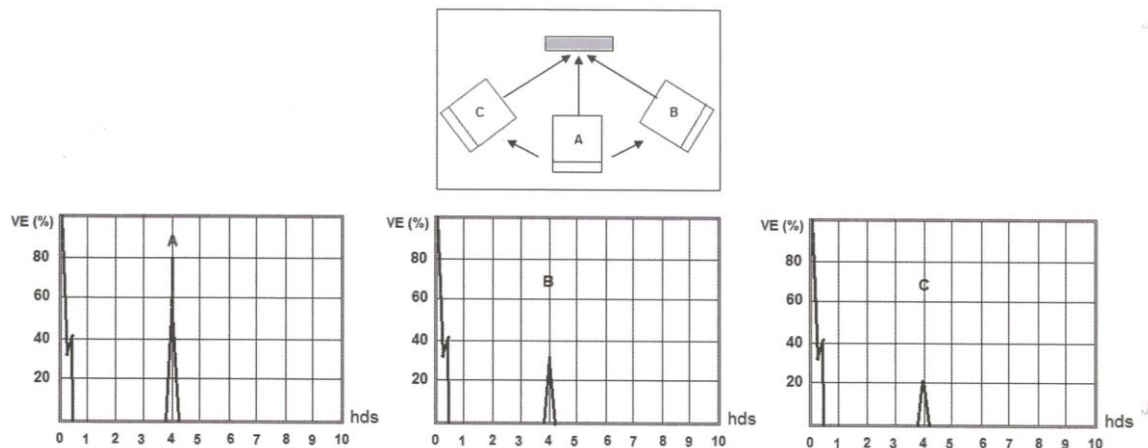
Reflektori se po obliku mogu razvrstati u volumne (točkaste) i planarne.

Prikaz točkastog reflektora na slici 53.



Slika 53: Točkasti reflektor-volumna karakteristika (ako je udaljenost od sonde do reflektora iste duljine bez obzira na zakrenutost (položaj) sonde, visina ehoa ce biti jednaka za slučaj A, B i C)

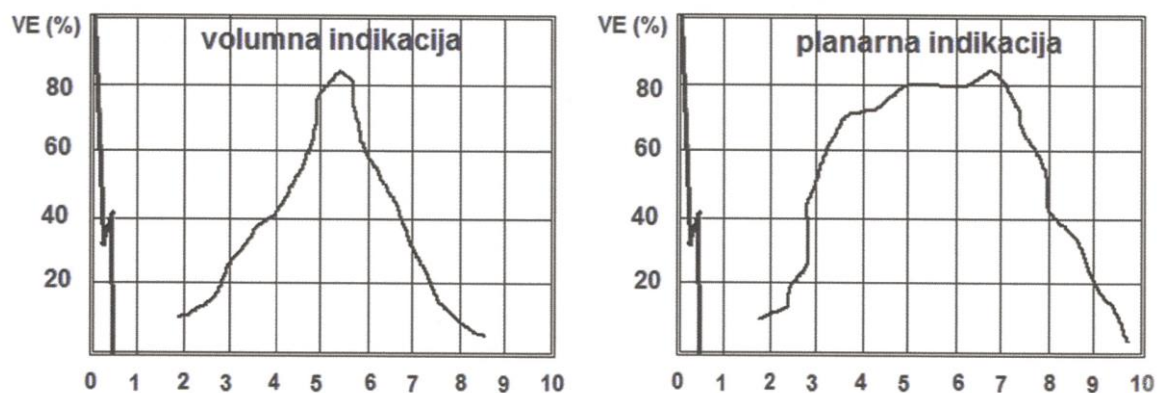
Prikaz planarnog reflektora na slici 54.



Slika 54: Planarni reflektor-planarna karakteristika (zakretom sonde iz položaja A u položaj B ili C eho od nepravilnosti brzo pada jer smjer snopa više ne pada okomito na nepravilnost)

Ehodinamička krivulja je ovisnost visine ehoa od položaja sonde, kod njezinog kretanja okomito ili paralelno sa osi zavarenog spoja. Kod volumnih reflektora ehodinamička krivulja nema površinu koja je karakteristična za planarne reflektore.

Prikaz na slici 62.



Slika 55: Ehodinamička krivulja za volumne i planarne indikacije [4]

6. EKSPERIMENTALNI DIO

Izvršena je NDT kontrola na turbini i reduktoru 250 kW Kikinda. Ispitivanje je izvršila certificirana osoba, prema HRN EN ISO 9712:2002. Ispitivanja su izvršena u skladu sa propisanim normama navedenim u izvješću.



CERTIFIKAT

Broj: 1137/2019-0

Ime i prezime: **ANTONIJA TRGOVČIĆ**
Datum i mjesto rođenja: 23.05.1990., Karlovac, Hrvatska
Područje: **Certifikacija osoba za nerazorna ispitivanja**
Primijenjena norma: **HRN EN ISO 9712:2012**

| Metoda | Stupanj | Vrijedi od | Vrijedi do | Industrijski sektor / Proizvod | Certifikacija |
|--------|---------|-------------|-------------|--------------------------------|---------------|
| ET | -- | -- | -- | -- | -- |
| MT | 2 | 19.11.2018. | 18.11.2023. | B; c, f, t, w, wp PED | IC |
| PT | 2 | 27.01.2017. | 26.01.2022. | B; c, f, t, w, wp PED | IC |
| RT | -- | -- | -- | -- | -- |
| UT | 1 | 15.04.2019. | 14.04.2024. | B; c, f, t, w, wp PED | IC |
| VT | 2 | 17.06.2017. | 16.06.2021. | B; c, f, t, w, wp PED | IC |

ET - ispitivanje vrtložnim strujama, MT - ispitivanje magnetskim česticama, PT - ispitivanje penetrantima, RT - radiografsko ispitivanje, UT - ispitivanje ultrazvukom, VT - vizualno ispitivanje

A - proizvodnja, B - ispitivanje opreme prije i za vrijeme eksploatacije, uključujući proizvodnju, C - održavanje željeznica, D - zrakoplovstvo, E - brodogradnja

c - odljevci, f - otkivci, w - zavareni spojevi, wp - vučeni proizvodi, t - cijevi

PED - Direktiva o tlačnoj opremi 2014/68/EU

IC - prva certifikacija, AP - administrativno produženje, P - proširenje certifikacije, R - recertifikacija

Potpis certificirane osobe

Zoran Markešić, mag.ing.mech.
Voditelj Centra za certifikaciju

Zagreb, 24.04.2019.



**HRVATSKO DRUŠTVO ZA
KONTROLU BEZ RAZARANJA d.o.o.**
Centar za certifikaciju



OVAJ CERTIFIKAT IZDAN JE U SKLADU S HDKBR-OVOM SHEMOM ZA CERTIFIKACIJU OSOBA ZA NERAZORNA ISPITIVANJA KOJA JE MULTILATERALNIM SPORAZUMOM (MRA) PRIHVACENA I CERTIFICIRANA OD EFNDT-A I ICNDT-A.

Certifikacijsko tijelo ovlašteno je od Ministarstva gospodarstva RH da kao priznata neovisna organizacija obavlja poslove certificiranja osoba za nerazorna ispitivanja nerastavljivih spojeva kod tlačne opreme III i IV kategorije sukladno odredbama Pravilnika o tlačnoj opremi (NN 79/16) odnosno Direktive 2014/68/EU (PED) te se vodi u NANDO bazi prijavljenih tijela Europske komisije.

OB-12/13-hr

Certifikat je valjan samo ako je potpisan i od strane certificirane osobe.

6.1 Oprema za ispitivanje

Za svaku metodu ispitivanja je korištena odgovarajuća oprema kako je navedeno u nastavku:

1. Oprema za vizualnu kontrolu:
 - fotoapararat Canon SX160IS
2. Oprema za penetrantsko ispitivanje:
 - čistač TIEDE RL40 (slika 56)
 - penetrant TIEDE PWL-1 (slika 57)
 - razvijač TIEDE DL20 (slika 58)



Slika 56:

Čistač TIEDE RL-40 [5]



Slika 57:

Penetrant TIEDE PWL-1 [5]



Slika 58:

Razvijač TIEDE DL-20 [5]

3. Oprema za magnetsko ispitivanje:

- magnetski jaram TIEDE TWM 230 A (slika 59)
- UV lampa LABINO PH 135 spot (slika 60)
- fluoflux TIEDE 690.1 (slika 61)



Slika 59: Magnetski jaram TIEDE TWM 230 A [6]



Slika 60: UV-lampa LABINO PH 135 spot [7]



Slika 61: Fluoflux TIEDE 690.1 [8]

4. Oprema za ultrazvučno ispitivanje:

- ultrazvučni uređaj USM GO (slika 62)
- sonde MSEB4, MWB 45-4, MWB 70-4
- gel, ulje



Slika 62: Ultrazvučni uređaj USM GO [9]

6.2 Izvještaj NDT ispitivanja

U nastavku je cjelokupni NDT izvještaj za dijelove turbine i reduktora 250 kW Kikinda.

Ispitivanje je izvršilo certificirano osoblje prema HRN EN ISO 9712:2002, kao što je već navedeno.

Prema ugovoru o remontu, ispitani su dijelovi ključni za daljnji siguran rad turbine i reduktora. U izvještaju je dan pregled svih pozicija i korištenih metoda. Također su navedene norme ispitivanja za svaku pojedinu korištenu metodu.

Prikazani su rezultati ispitivanja za svaku poziciju. Dijelovi koji ne zadovoljavaju kriterije prihvatljivosti su reparirani te su ponovno ispitani nakon sanacije, što je također obrađeno u izvještaju. Dijelovi koji ne zadovoljavaju kriterije prihvatljivosti, a nisu reparirani ugrađeni su prema zahtjevu Kupca.



ISPITIVANJE METODAMA BEZ RAZARANJA

MSK KIKINDA

TURBINA I REDUKTOR 40 GG-102-1

250 kW

(NDT)



Karlovac, svibanj 2019.

Issued:

A.Trgovčić

Checked by:

R.Lesić

Released:

I.Rendulić

Date:

31.05.2019.

Report No:

A-31.05.2019.



Sadržaj

| | |
|--|------|
| 1. Uvod..... | 3 |
| 2. Svrha i opseg ispitivanja..... | 3 |
| 3. Provođenje ispitivanja..... | 4 |
| 3.1 Ispitivanje metodama bez razaranja..... | 4 |
| 3.2 Izveštaji o provedenom ispitivanju metodama bez razaranja..... | 5 |
| 3.3 Oprema i sredstva za provođenje ispitivanja..... | 5 |
| 4. Rezultati ispitivanja..... | 6 |
| 5. Zaključak..... | 7 |
| 6. Prijedlog daljnjih akcija..... | 8 |
| 7. Izveštaji ispitivanja metodama bez razaranja..... | 9-84 |

Issued:

A.Trgovčić

Checked by:

R.Lesić

Released:

I.Rendulić

Date:

31.05.2019.

Report No:

A-31.05.2019.



1. Uvod

Temeljem narudžbe 4500008108 i tehničke specifikacije P-6073/18-SP za remont turbine i reduktora 40 GG-102 ; 250 kW izvršena je NDT kontrola.

NDT kontrola je izvršena u razdoblju 19.04.-06.05.2019. u prostorijama TTK.

2. Svrha i opseg ispitivanja

Ispitivanja metodama bez razaranja provedena su sa svrhom provjere stanja radnih dijelova kako bi se moglo vidjeti u kojem su stanju te da li je osiguran siguran rad. Također se na ovaj način mogu planirati potrebni rezervni dijelovi koje je potrebno imati prilikom slijedeće revizije ili remonta kako bi se mogli po potrebi zamijeniti.

Izvedeni opseg ispitivanja i primjenjene metode prikazane su tabelarno:

| | Primjenjene metode kontrole | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------|------------------|
| | Vizualna (VT) | Penetrantska (PT) | Magnetska (MT) | Ultrazvučna (UT) |
| Turbina | | | | |
| Kućište turbine (prije popravka) | + | | | |
| Kućište turbine (nakon popravka) | + | | + | |
| Rotor turbine | + | + | + | + |
| Odrivna ploča | + | | + | |
| Skretni aparat | + | | + | |
| Turbinski ležajevi | | | | |
| Turbinski rad-aks ležaj (br.1) | + | + | | + |
| Segmenti rad-aks ležaja radni | + | + | | + |
| Segmenti rad-aks ležaja neradni | + | + | | + |
| Turbinski radijalni ležaj (br.2) | + | + | | + |

Issued:

A.Trgovčić

Checked by:

R.Lesić

Released:

I.Rendulić

Date:

31.05.2019.

Report No:

A-31.05.2019.



| | Primjenjene metode kontrole | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------|------------------|
| | Vizualna (VT) | Penetrantska (PT) | Magnetska (MT) | Ultrazvučna (UT) |
| BZV | | | | |
| Kučište BZV-a | + | | + | |
| Sjedište BZV-a | + | + | | |
| Vreteno BZV-a | + | + | | |
| Sjedište predotvaranja | + | + | | |
| Reduktor | | | | |
| Pogonski zupčanik reduktora | + | + | + | + |
| Prednji ležaj pog.zupčanika - stari | + | | | |
| Stražnji ležaj pog.zupčanika - stari | + | | | |
| Prednji ležaj pog.zupčanika - novi | + | + | | + |
| Stražnji ležaj pog.zupčanika - novi | + | + | | + |
| Gonjeni zupčanik reduktora | + | + | + | + |
| Rad-aks ležaj gonj. zupč - stari | + | | | |
| Rad.ležaj gonj.zupč - stari | + | | | |
| Rad-aks ležaj gonj. zupč - novi | + | + | | + |
| Rad.ležaj gonj.zupč - novi | + | + | | + |

3. Provođenje ispitivanja

3.1 Ispitivanje metodama bez razaranja

Ispitivanje metodama bez razaranja provedena su na osnovi svjetski priznatih normi (ASTM, ISO, DIN, EN) i pisanih postupaka koji pored osnova za provođenje ispitivanja sadrže i kriterije prihvatljivosti ili su definirani planom kontrole .

Ispitivanje su proveli djelatnici stručno osposobljeni u Hrvatskom društvu za kontrolu bez razaranja u skladu s normama EN 473 i ISO 9712.

Voditelj ispitivanja je Robert Lesić, struč.spec.ing. strojarstva, položen opći dio Level 3, kvalifikacija po metodama: VT 2, PT 3, MT 3, UT 2. Ispitivanje je izvršila i Antonija Trgovčić, bacc.ing.mech, kvalifikacije po metodama: VT 2, PT 2, MT 2, UT 1. Voditelj

Issued:

A.Trgovčić

Checked by:

R.Lesić

Released:

I.Rendulić

Date:

31.05.2019.

Report No:

A-31.05.2019.



radova s voditeljima ispitivanja je izvršio ocjenjivanje svih indikacija i nesukladnosti pronađenih ispitivanjem.

| | Metoda kontrole bez razaranja | | | |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|------------------|
| | Vizualna (VT) | Penetrantska (PT) | Magnetska (MT) | Ultrazvučna (UT) |
| Robert Lesić | 2 | 3 | 3 | 2 |
| Antonija Trgovčić | 2 | 2 | 2 | 1 |

3.2 Izvještaji o provedenom ispitivanju metodama bez razaranja

Izvještaji o provedenom ispitivanju metodama bez razaranja svakog dijela i primjenjene metode ispitivanja upisani su u obrasce u skladu s pisanim postupcima za provođenje ispitivanja i nalaze se u Prilogu. Sažetak rezultata prema izvještajima nalazi su u poglavlju 4. *Rezultati ispitivanja* i zaključno mišljenje o statusu pojedinih pozicija u poglavlju 5 *Zaključak*.

3.3 Oprema i sredstva za provođenje ispitivanja

Za provođenje ispitivanja korišteni su oprema i sredstva navedena u tabeli.

| | | |
|------------------------------|--|---|
| VIZUALNA KONTROLA | Fotoaparat | Canon SX160IS |
| PENETRANTSKA KONTROLA | čistač penetrant razvijač | TIEDE RL40 TIEDE PWL1 TIEDE DL20 |
| ULTRAZVUČNA KONTROLA | uređaji sonde kablovi etaloni | KRAUTKRÄMER USM GO MSEB4 , MWB 45-4/70-4, SEB 10 KF 3 Probe cable MPKL-2 V2, stepenasti TTK 05 |
| MAGNETSKA KONTROLA* | potkova UV lampa mag. čestice mjerac jakosti mag. polja | TIEDE TWM 230A LABINO PH135 spot FLUOLFUX sprej doza MP-1000 |

* Izvršena je i demagnetizacija rotora, što je također dio ovog izvještaja

| | | | | |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Issued: A.Trgovčić | Checked by: R.Lesić | Released: I.Rendulić | Date: 31.05.2019. | Report No: A-31.05.2019. |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|



4. Rezultati ispitivanja

| | Naziv pozicije | STATUS (prema izvještaju) |
|------|---|------------------------------|
| | Turbina | |
| 4.1 | Kućište turbine (prije popravka) | NE ZADOVOLJAVA |
| 4.2 | Kućište turbine (nakon popravka) | ZADOVOLJAVA |
| 4.3 | Rotor turbine | KORISTITI KAKVO JE |
| 4.4 | Odrivna ploča | KORISTITI KAKVO JE |
| 4.5 | Skretni aparat | ZADOVOLJAVA |
| | Turbinski ležajevi | |
| 4.6 | Turbinski rad-aks ležaj (br.1) | KORISTITI KAKVO JE |
| 4.7 | Segmenti rad-aks ležaja radni | ZADOVOLJAVA |
| 4.8 | Segmenti rad-aks ležaja neradni | NE ZADOVOLJAVA |
| 4.9 | Turbinski radijalni ležaj (br.2) | ZADOVOLJAVA |
| | BZV | |
| 4.10 | Kućište BZV-a | KORISTITI KAKVO JE |
| 4.11 | Sjedište BZV-a | KORISTITI KAKVO JE |
| 4.12 | Vreteno BZV-a | KORISTITI KAKVO JE |
| 4.13 | Sjedište predotvaranja | NE ZADOVOLJAVA |
| | Reduktor | |
| 4.14 | Pogonski zupčanik reduktora | ZADOVOLJAVA |
| 4.15 | Radijalni ležaj pogonskog zupčanika (br.1) - stari | NE ZADOVOLJAVA |
| 4.16 | Radijalni ležaj pogonskog zupčanika (br. 1) - novi | ZADOVOLJAVA |
| 4.17 | Radijalni ležaj pogonskog zupčanika (br.2) - stari | NE ZADOVOLJAVA |
| 4.18 | Radijalni ležaj pogonskog zupčanika (br.2) - novi | ZADOVOLJAVA |
| 4.19 | Gonjeni zupčanik reduktora | ZADOVOLJAVA |
| 4.20 | Rad-aksijalni ležaj gonjenog zupčanika (br.3) - stari | NE ZADOVOLJAVA |
| 4.21 | Rad-aksijalni ležaj gonjenog zupčanika (br.3)- novi | ZADOVOLJAVA |
| 4.22 | Radijalni ležaj gonjenog zupčanika (br.4) - stari | NE ZADOVOLJAVA |
| 4.23 | Radijalni ležaj gonjenog zupčanika (br.4) - novi | ZADOVOLJAVA |

Issued:

A.Trgovčić

Checked by:

R.Lesić

Released:

I.Rendulić

Date:

31.05.2019.

Report No:

A-31.05.2019.



5. Zaključak

Na osnovu provedenih ispitivanja može se zaključiti:

Dijelovi označeni sa **ZADOVOLJAVA** u potpunosti zadovoljavaju postavljene kriterije prihvatljivosti, te u ovom poglavlju nisu zasebno razmatrani. Za detaljni opis vidi izvještaje ispitivanja metodama bez razaranja.

Dijelovi označeni sa **NE ZADOVOLJAVA** u potpunosti ne zadovoljavaju postavljene kriterije prihvatljivosti. Na izvještajima ispitivanja metodama bez razaranja su naknadno ocijenjeni imajući u vidu karakter indikacija, lokaciju i veličinu indikacija, kao i iskustvo u radu sa sličnim objektima.

Dijelovi označeni sa **KORISTITI KAKVO JE** ne zadovoljavaju kriterije prihvatljivosti ali uzevši u obzir veličinu indikacija i iskustva ugrađeni su u dogovoru s kupcem, potrebna je redovita kontrola, ukoliko dođe do povećanja indikacija na sljedećem remontu ih treba obavezno mijenjati ili sanirati oštećenja.

Kratki sažetak pozicija s nedozvoljenim indikacijama :

- **Kućište turbine - prije popravka (NE ZADOVOLJAVA)** str.12-20: uočena su duboka oštećenja na dosjednim ploham na donjoj i gornjoj polovici kućišta koja je potrebno sanirati. Nakon sanacije dosjedne plohe su opet ispitane te nisu uočene nedozvoljene indikacije - str.21-22
- **Rotor turbine (KORISTITI KAKVO JE)** str.25-31: uočene savinute lopatice na Curtis A kolu
- **Odrivna ploča (KORISTITI KAKVO JE)** str.32-33: uočena blaga oštećenja na površini odrivne ploče
- **Turbinski radijalno-aksijalni ležaj (br.1) (KORISTITI KAKVO JE)** str.37-40: uočeno rubno oštećenje bijele kovine na donjoj polovici ležaja
- **Segmenti rad-aks ležaja (NE ZADOVOLJAVA)** str.44-46 : na jednom segmentu uočeno jako oštećenje bijele kovine i osnovnog materijala, ostalih 9 zadovoljava

Issued:

A.Trgovčić

Checked by:

R.Lesić

Released:

I.Rendulić

Date:

31.05.2019.

Report No:

31.05.2019.



- **Kućište BZV-a (KORISTITI KAKVO JE)** str.50-52: na ulaznom dijelu uočena duboka oštećenja
- **Sjedište BZV-a (KORISTITI KAKVO JE)** str.53-54 : uočene korozijske naslage te indikacija poroznosti $\varnothing 5$ mm u brtvenoj zoni
- **Vretno BZV-a (KORISTITI KAKVO JE)** str.55-56 : uočeno oštećenje od struganja i indikacije poroznosti izvan brtvene zone
- **Sjedište predotvaranja (NE ZADOVOLJAVA)** str.57-58 : uočena pukotina u brtvenoj zoni
- **Radijalni ležaj pogonskog zupčanika (br.1) - stari (NE ZADOVOLJAVA)** str.64 : uočena istrošena bijela kovina te ležaj više dimenzionalno ne odgovara rukavcu
- **Radijalni ležaj pogonskog zupčanika (br.2) - stari (NE ZADOVOLJAVA)** str.68 : uočena istrošena bijela kovina te ležaj više dimenzionalno ne odgovara rukavcu
- **Radijalno-aksijalni ležaj gonjenog zupčanika (br.3) - stari (NE ZADOVOLJAVA)** str.77 : uočena istrošena bijela kovina te ležaj više dimenzionalno ne odgovara rukavcu
- **Radijalni ležaj gonjenog zupčanika (br.4) - stari (NE ZADOVOLJAVA)** str.81 : uočena istrošena bijela kovina te ležaj više dimenzionalno ne odgovara rukavcu

6. Prijedlog daljnih akcija

U cilju osiguranja pouzdanog rada turbine u idućem radnom periodu kao i spriječavanja eventualnih havarija predlaže se provođenje slijedećih akcija:

- 1) Provoditi redoviti nadzor stanja u tijeku rada (procesne parametre turbine i pomoćnog sustava).
- 2) Prilikom idućeg planiranog zastoja (remonta ili pregleda) provesti ispitivanje metodama bez razaranja

Antonija Trgovčić, bacc.ing.mech

U Karlovcu, 31.05.2019.

| | | | | |
|------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| Issued: | Checked by: | Released: | Date: | Report No: |
| A.Trgovčić | R.Lesić | I.Rendulić | 31.05.2019. | A-31.05.2019. |



7. Izvještaji ispitivanja metodama bez razaranja

| <i>Naziv dijela</i> | <i>Metoda</i> | <i>Broj izvještaja</i> | <i>List</i> |
|----------------------------------|-------------------|------------------------|-------------|
| Kućište turbine (prije popravka) | vizualna (VT) | VT-159-19 | 12-20 |
| Kućište turbine (nakon popravka) | vizualna (VT) | VT-160-19 | 21-22 |
| | magnetska (MT) | MT-80-19 | 23-24 |
| Rotor turbine | vizualna (VT) | VT-161-19 | 25-27 |
| | penetrantska (PT) | PT-115-19 | 28 |
| | magnetska (MT) | MT-81-19 | 29-30 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-60-19 | 31 |
| Odrivna ploča | vizualna (VT) | VT-162-19 | 32 |
| | magnetska (MT) | MT-82-19 | 33 |
| Skretni aparat | vizualna (VT) | VT-163-19 | 34-35 |
| | magnetska (MT) | MT-83-19 | 36 |
| Turbinski rad-aks.ležaj br.1 | vizualna (VT) | VT-164-19 | 37-38 |
| | penetrantska (PT) | PT-116-19 | 39 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-61-19 | 40 |
| Segm. rad-aks ležaja RADNI | vizualna (VT) | VT-165-19 | 41 |
| | penetrantska (PT) | PT-117-19 | 42 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-62-19 | 43 |
| Segm.rad-aks ležaja NERADNI | vizualna (VT) | VT-166-19 | 44 |
| | penetrantska (PT) | PT-118-19 | 45 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-63-19 | 46 |

Issued:

A.Trgovčić

Checked by:

R.Lesić

Released:

I.Rendulić

Date:

31.05.2019.

Report No:

A-31.05.2019.



| <i>Naziv dijela</i> | <i>Metoda</i> | <i>Broj izvještaja</i> | <i>List</i> |
|------------------------------|--------------------|------------------------|-------------|
| Turbinski rad.ležaj br.2 | vizualna (VT) | VT-167-19 | 47 |
| | penetrantska (PT) | PT-119-19 | 48 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-64-19 | 49 |
| Kućište BZV-a | vizualna (VT) | VT-168-19 | 50-51 |
| | magnetska (MT) | MT-84-19 | 52 |
| Sjedište BZV-a | vizualna (VT) | VT-169-19 | 53 |
| | penetrantska (PT) | PT-120-19 | 54 |
| Vreteno BZV-a | vizualna (VT) | VT-170-19 | 55 |
| | penetrantska (PT) | PT-121-19 | 56 |
| Sjedište predotvaranja | vizualna (VT) | VT-171-19 | 57 |
| | penetrantska (PT) | PT-122-19 | 58 |
| Pogonski zupčanik reduktora | vizualna (VT) | VT-172-19 | 59-60 |
| | penetrantska (PT) | PT-123-19 | 61 |
| | magnetska (MT) | MT-85-19 | 62 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-65-19 | 63 |
| Rad.lež.pog.zup (br.1)-STARI | vizualna (VT) | VT-173-19 | 64 |
| Rad.lež.pog.zup (br.1)-NOVI | vizualna (VT) | VT-174-19 | 65 |
| | penetrantska (PT) | PT-124-19 | 66 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-66-19 | 67 |

| | | | | |
|------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| Issued: | Checked by: | Released: | Date: | Report No: |
| A.Trgovčić | R.Lesić | I.Rendulić | 31.05.2019. | A-31.05.2019. |



| <i>Naziv dijela</i> | <i>Metoda</i> | <i>Broj izvještaja</i> | <i>List</i> |
|-----------------------------------|--------------------|------------------------|-------------|
| Rad.lež.pog.zup (br.2)-STARI | vizualna (VT) | VT-175-19 | 68 |
| Rad.lež.pog.zup (br.2)-NOVI | vizualna (VT) | VT-176-19 | 69 |
| | penetrantska (PT) | PT-125-19 | 70 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-67-19 | 71 |
| Gonjeni zupčanik reduktora | vizualna (VT) | VT-177-19 | 72-73 |
| | penetrantska (PT) | PT-126-19 | 74 |
| | magnetska (MT) | MT-86-19 | 75 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-68-19 | 76 |
| Rad-aks lež.gonj.zup (br.3)-STARI | vizualna (VT) | VT-178-19 | 77 |
| Rad-aks lež.gonj.zup(br.3)-NOVI | vizualna (VT) | VT-179-19 | 78 |
| | penetrantska (PT) | PT-127-19 | 79 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-69-19 | 80 |
| Rad ležaj gonj.zup(br.4)-STARI | vizualna (VT) | VT-180-19 | 81 |
| Rad ležaj gonj.zup(br.4)-NOVI | vizualna (VT) | VT-181-19 | 82 |
| | penetrantska (PT) | PT-128-19 | 83 |
| | ultrazvučna (UT) | UT-70 -19 | 84 |

| | | | | |
|------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| Issued: | Checked by: | Released: | Date: | Report No: |
| A.Trgovčić | R.Lesić | I.Rendulić | 31.05.2019. | A-31.05.2019. |

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-159-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija/Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Kućište turbine DP+GP (prije popravka) | Broj crteža/Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal/Material: č | Komada/Pieces: 1+1 |
| Norma ispitivanja/Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja/Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti/Acceptance criteria: EN 10163-2 |
| Priprema površine/Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu/Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja/Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Izvršen je vizualni pregled donje i gornje polovice kućišta turbine. Na dosjednim ploham na obje polovice kućišta uočena su duboka oštećenja koja je potrebno sanirati. Uočene su i poroznosti i pukotine na drenažnim cijevima (DP kućišta). Potrebno odrezati oštećene cijevi i navariti nove.

Donja polovica kućišta turbine

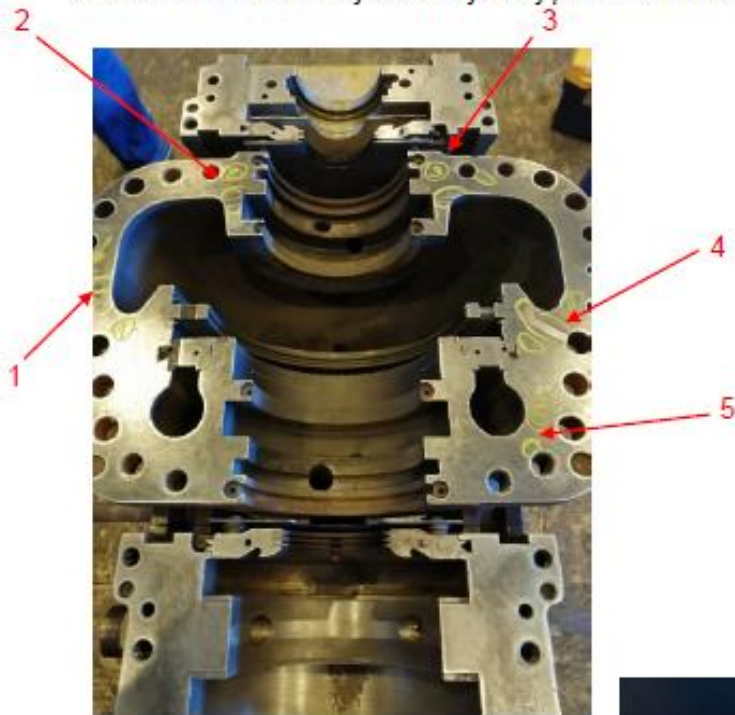


| | | |
|--|--|---|
| Mjesto / datum ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating: NE ZADOVOLJAVA |
| | | |

TTK-163-A

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Prikaz uočenih oštećenja na dosjednoj plohi DP kućišta



Detalj 1
- puknuto kućište, uništen je provrt

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 19.04.2019.

Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Dobriša/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

NE ZADOVOLJAVA

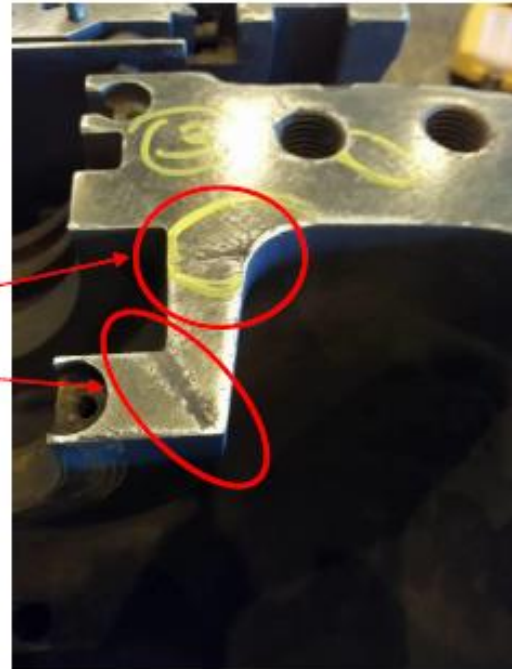


Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Detalj 2

- oštećenje duboko cca 3 mm



Detalj 3

- oštećenja duboka cca 2 mm

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 19.04.2019.

Ispitaokvalifikacija / Inspector/Qualificator:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

NE ZADOVOLJAVA

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Detalj 4
- pukotina uz rub zavara



Detalj 5
- oštećenje L=15 mm

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 19.04.2019.

Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Dobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

NE ZADOVOLJAVA

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Prikaz drenažnih cijevi na DP kućišta turbine



Porozna drenažna cijev



Uvećani prikaz poroznosti



Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 19.04.2019.

Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

NE ZADOVOLJAVA



Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Gornja polovica kućišta turbine



Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 19.04.2019.

Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

NE ZADOVOLJAVA

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Detalj 2*

- oštećenje duboko 4 mm



Detalj 3*

- oštećenje duboko 2 mm

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 19.04.2019.

Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Dobro/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

NE ZADOVOLJAVA



Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Detalj 4*
- odvajanje uz rub zavara



Detalj 5*
- oštećenje dubine 1 mm

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 19.04.2019.

Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Doobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

NE ZADOVOLJAVA



TVORNICA TURBINA d.o.o.
TURBINE WORKS Ltd.

Naziv / Name:

VIZUALNA KONTROLA
VISUAL EXAMINATION

VT-159-19

List:
Page:

Listova:
Pagec:

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Detalj 6*
- oštećenje duboko 1 mm

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 19.04.2019.

Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Opća prihvatljivost/Acceptance rating:

NE ZADOVOLJAVA

| | | | |
|---|--|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-160-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Kućište turbine DP+GP (nakon popravka) | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique: TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-2 |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoapararat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica i rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršen je vizualni pregled dosjedne plohe donje i gornje polovice kućišta turbine nakon sanacije oštećenja. Nisu uočena oštećenja ni pukotine.

Dosjedna ploha na donjoj polovici kućišta turbine - nakon sanacije oštećenja



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 06.05.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-163-A



Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Dosjedna ploha na gomjoj polovici kućišta turbine - nakon sanacije oštećenja



Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 06.05.2019.

Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

ZADOVOLJAVA

| | | | |
|---|---|----------------------|--------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: MAGNETSKA KONTROLA MAGNETIC EXAMINATION | MT-80-19 | |
| | | Ust: Page: | Ustova: Pages: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Kućište turbine DP+GP (nakon popravka) | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: EN 1369 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-11 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: LM 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno, brušeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Magnet: TIEDE TWM 230 A UV lamp: LABINO PH135spot | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Jakost mag. polja 24 A/cm Intenzitet UV svjetlosti 1000 μW/cm ² |

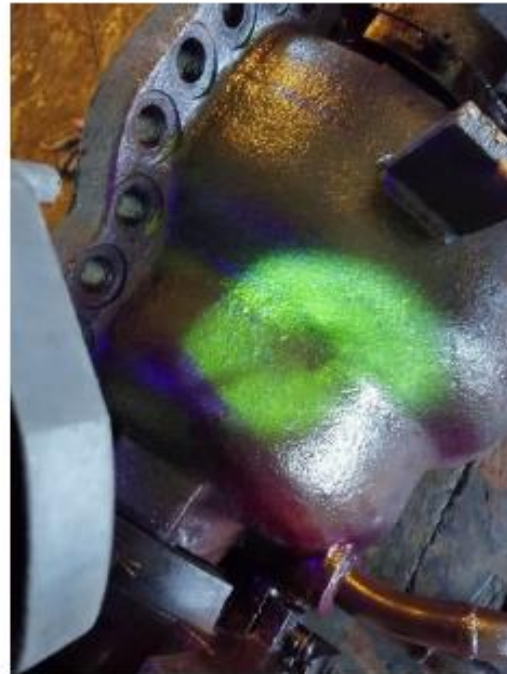
Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Magnetskom kontrolom dosjedne plohe i prijelaznih radijusa (nakon sanacije svih oštećenja) na GP i DP kućišta turbine nisu uočene indikacije pukotina.

Donja polovica kućišta turbine



Dosjedna ploha



Prijelazni radijus

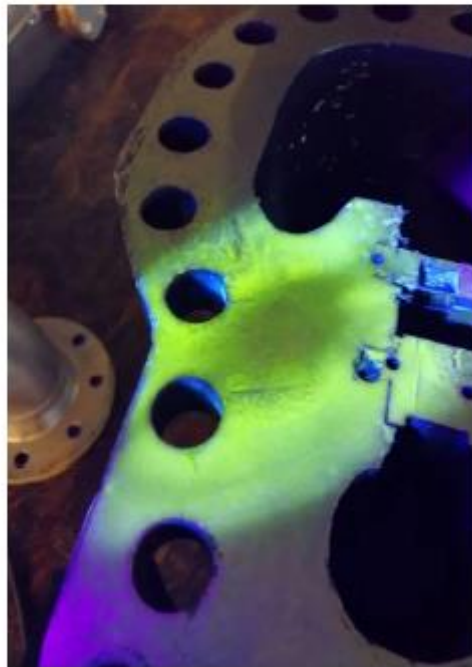
| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 06.05.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / MT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-165-A

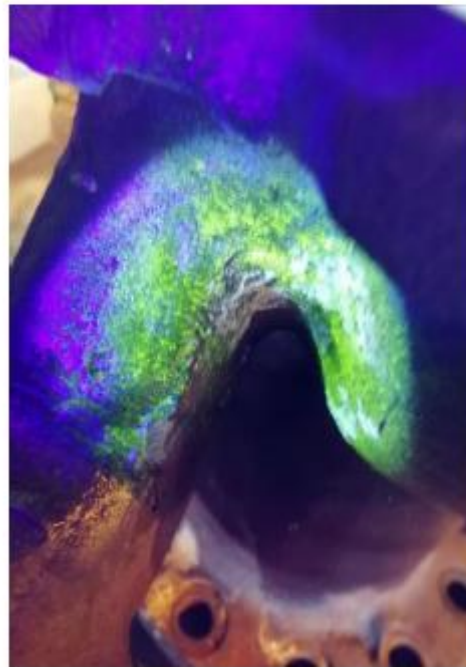


Slika / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Gornja polovica kućišta turbine



Dosjedna ploha



Prijelazni radijus

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 06.05.2019.

Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / MT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

ZADOVOLJAVA

| | | | |
|---|---|------------------------------|-------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-161-19 | |
| | | List: Page: | Ujelo: Page: |

| | | |
|---|---|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rotor turbine | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-3 |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparati: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica i rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Vizualnim pregledom rotora turbine uočeni su risevi na prednjem i stražnjem rukavcu koje je potrebno ispolirati te nekoliko savnutih lopatica na Curtis A kolu.

Rotor turbine



Prednji rukavac

Curtis A kolo

Curtis C kolo

Stražnji rukavac

| | | |
|---|--|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 23.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: KORISTITI KAKVO JE |
|---|--|---|

TTK-163-A



TVORNICA TURBINA d.o.o.
TURBINE WORKS Ltd.

Naziv / Name:

VIZUALNA KONTROLA
VISUAL EXAMINATION

VT-161-19

List:
Page:

Listova:
Pages:

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Risevi na prednjem rukavcu



Risevi na stražnjem rukavcu

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 23.04.2019.

Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

KORISTITI KAKVO JE



TVORNICA TURBINA d.o.o.
TURBINE WORKS Ltd.

Naziv / Name:

VIZUALNA KONTROLA
VISUAL EXAMINATION

VT-161-19

List:
Page:

Listova:
Pagec:

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Savinute lopatice na Curtis A kolu

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 23.04.2019.

Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Dobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

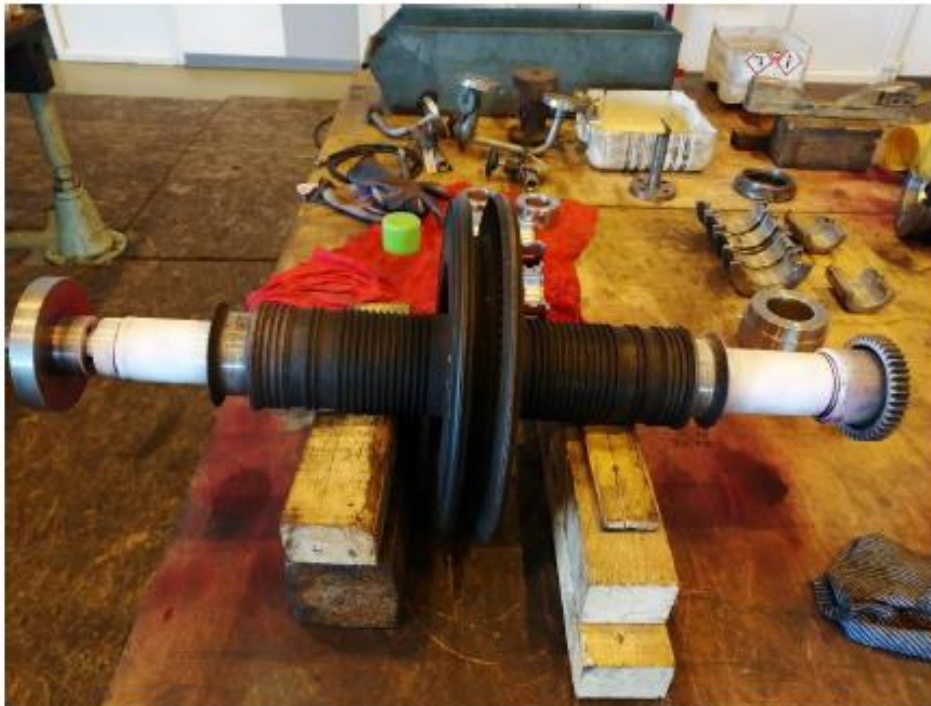
KORISTITI KAKVO JE

| | | | |
|---|---|------------------|--------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-115-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija/Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rotor turbine | Broj crteža/Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal/Material: - | Komada/Pieces: 1+1 |
| Norma Ispitivanja/Testing procedure: EN 10228-2 | Primjenjeni postupak Ispitivanja/Applied technique TTK-RU-09-10 | Kriterij prihvatljivosti/Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine/Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu/Testing equipment: Cistač TIEDE RL40 r.n.:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n.:160404 raz. TIEDE DL20 r.n.:161111 | Parametri Ispitivanja/Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja/Sketch and testing results:

Penetrantskom kontrolom rukavaca rotora nisu uočene indikacije pukotina i poroznosti.



| | | |
|---|---|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 23.04.2019. | Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / PT II | Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | |

TTK-164-A

| | | | |
|---|--|-------------------|------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: MAGNETSKA KONTROLA <small>MAGNETIC EXAMINATION</small> | MT-81-19 | |
| | | Ust. Page: | Ustlova: Pages: |

| | | |
|---|--|---|
| Naziv objekta / pozicija/Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rotor turbine | Broj crteža/Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal/Material: č | Komada/Pieces: 1 |
| Norma Ispitivanja/Testing procedure: EN 10228-1 | Primjenjeni postupak ispitivanja/Applied technique TTK-RU-09-11 | Kriterij prihvatljivosti/Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine/Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu/Testing equipment: Magnet: TIEDE TWM 230 A UV lamp: LABINO PH135spot | Parametri ispitivanja/Testing parameters: Jakost mag. polja 24 A/cm Intezitet UV svjetlosti 1000 µW/cm² Demagnetizacija : DA (<2 Gauss) |

Skica i rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Magnetskom kontrolom rukavaca rotora, lopatica bandaže i spojke nisu uočene indikacije pukotina.



Prednji rukavac



Stražnji rukavac

| | | |
|--|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 23.04.2019. | Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / MT II Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|--|--|--|

TTK-165-A



TVORNICA TURBINA d.o.o.
TURBINE WORKS Ltd.

Naziv / Name:

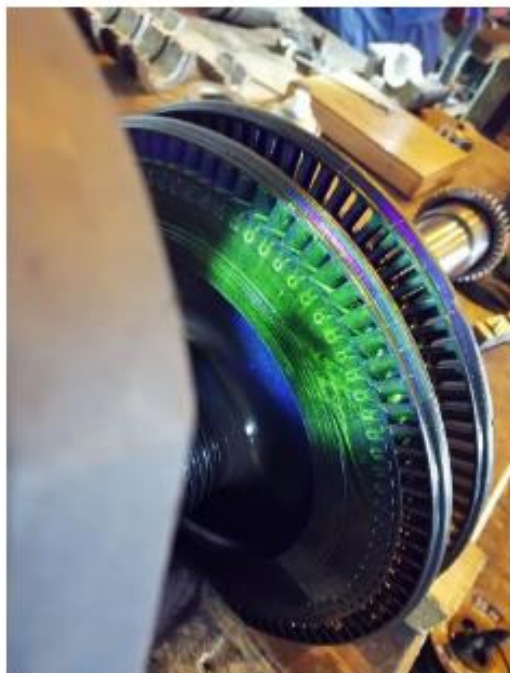
MAGNETSKA KONTROLA
MAGNETIC EXAMINATION

MT-81-19

List:
Page:

Listova:
Pagec:

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Curtis A kolo



Curtis C kolo



Prije demagnetizacije



Nakon demagnetizacije

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 23.04.2019.

Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / MT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

ZADOVOLJAVA

| | | | |
|---|---|-----------------|-----------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-60-19 | |
| | | List: | Listova: |
| | | Page: | Page: |

| | | |
|---|---|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rotor turbine | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 12680-2 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: gel | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: MSEB4, MWB45-4/70-4 Kabli: 2xLemo Etalon: Objekt, V2 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje: 65/200/60 mm Baždarna osjetljivost: 58/24/29 dB Radna osjetljivost: 66/45/50 dB |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem rukavaca rotora nisu pronađene nedozvoljene indikacije.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 23.04.2019. | Ispitivač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-161-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|---------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-162-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Page: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Odrivni disk | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-3 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoapararat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica i rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom odrivnog diska uočena su blaga površinska oštećenja. Potrebno ručno ispolirati.



| | | |
|---|--|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 25.04.2019. | Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: KORISTITI KAKVO JE |
|---|--|---|

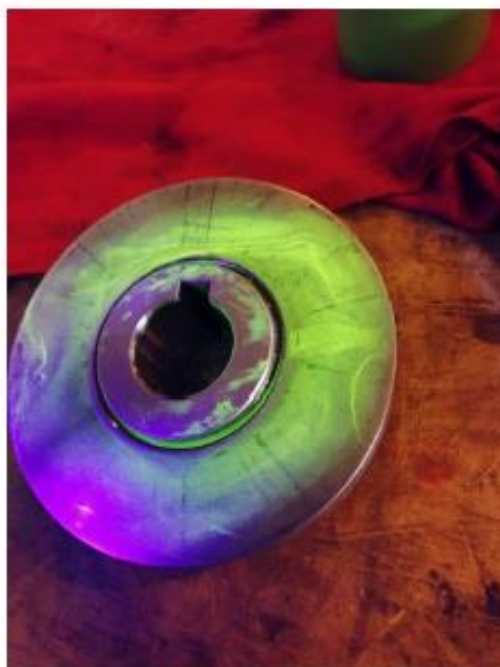
TTK-163-A

| | | | |
|---|--|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: MAGNETSKA KONTROLA <small>MAGNETIC EXAMINATION</small> | MT-82-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija/Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Odrivni disk | Broj crteža/Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal/Material: č | Komada/Pieces: 1 |
| Norma Ispitivanja/Testing procedure: EN 10228-1 | Primjenjeni postupak Ispitivanja/Applied technique TTK-RU-09-11 | Kriterij prihvatljivosti/Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine/Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu/Testing equipment: Magnet: TIEDE TWM 230 A UV lamp: LABINO PH135spot | Parametri ispitivanja/Testing parameters: Jakost mag. polja 24 A/cm Intenzitet UV svjetlosti 1000 µW/cm ² Demagnetizacija : DA (<2 Gauss) |

Skica / rezultat Ispitivanja/Sketch and testing results:

Magnetskom kontrolom odzivnog diska nisu uočene indikacije pukotina.



| | | |
|--|--|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 25.04.2019. | Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / MT II | Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating. ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | |

TTK-165-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-163-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

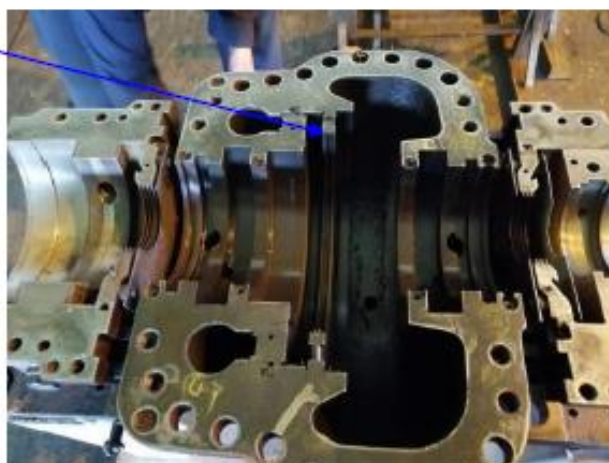
| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Skretni aparat | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-2 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom skretnog aparata (u obje polovice kućišta turbine) u gornjoj polovici kućišta uočeno je mehaničko oštećenje izlazne strane lopatica.

Donja polovica

Položaj skretnog aparata



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč. spec. ing. | |

TTK-163-A

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Gornja polovica



Položaj skretnog aparata



Mehaničko oštećenje

| | | |
|---|---|--|
| Mjesto / datum ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / VT II | Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | |

TTK-163-A

| | | | |
|---|--|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: MAGNETSKA KONTROLA <small>MAGNETIC EXAMINATION</small> | MT-83-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Skretni aparat | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: EN 10228-1 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-11 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: pjeskareno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Magnet: TIEDE TWM 230 A UV lamp: LABINO PH135spot | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Jakost mag. polja 24 A/cm Intenzitet UV svjetlosti 1000 µW/cm ² |

Skica i rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Magnetskom kontrolom dostupnog dijela skretnog aparata u donjoj i gornjoj polovici kućišta nisu uočene indikacije pukotina.

Donja polovica



Gornja polovica



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / MT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | |

| | | | |
|---|--|------------------------------|---------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-164-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Page: |

| | | |
|---|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Turbinski rad-aks ležaj br.1 | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom obje polovice radijalnog dijela radijalno-aksijalnog ležaja na donjoj polovici ležaja uočeno je rubno oštećenje bijele kovine.

Radialno-aksijalni ležaj



| | | |
|---|--|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec. ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: KORISTITI KAKVO JE |
|---|--|---|

TTK-163-A



TVORNICA TURBINA d.o.o.
TURBINE WORKS Ltd.

Naziv / Name:

VIZUALNA KONTROLA
VISUAL EXAMINATION

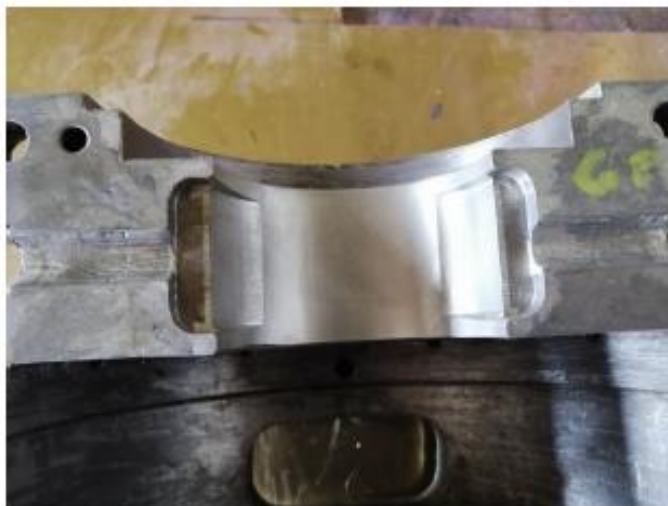
VT-164-19

List:
Page:

Listova:
Pagec:

Slika / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Gornja polovica



Donja polovica



Oštećenje bijele kovine

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 20.04.2019.

Ispitao/Kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec. ing

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

KORISTITI KAKVO JE

| | | |
|---|---|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad-aks ležaj turbine br.1 | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-3 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique: TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-3,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri Ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetranskom kontrolom obje polovice ležaja nisu uočene nedozvoljene indikacije rubnog nevezivanja, poroznosti ili pukotine na bijeloj kovini.



| | | |
|--|--|---|
| Mjesto i datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | |

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-61-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad-aks ležaj turbine br.1 | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-1 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-1,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: ulje | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: SEB 10 KF 3 Kabeli: 2xLemo Etalon: TTK 05 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje: 40 mm Baždarna osjetljivost: 60 dB Radna osjetljivost: 65 dB |

Slika / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem obje polovice radijalnog dijela radijalno-aksijalnog ležaja nisu pronađene nedozvoljene indikacije nevezivanja bijele kovine.



| | | |
|---|---|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitaokvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|---|--|

TTK-161-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|--------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-165-19 | |
| | | List: Page: | Ulova: Pages: |

| | | |
|---|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Segmenti rad-aks ležaja radni | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 10 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom na radnim segmentima rad-aks ležaja uočeni su risevi na bijeloj kovini koje je potrebno ručno ispolirati.



| | | |
|---|---|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|---|--|

TTK-163-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|---------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-117-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Page: |

| | | |
|---|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Segmenti rad-aks ležaja radni | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 10 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-3 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-3,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetrantskom kontrolom segmenata ležaja (radni) nisu uočene nedozvoljene indikacije rubnog nevezivanja, poroznosti ili pukotine na bijeloj kovini.



| | | |
|--|---|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | |

TTK-164-A

| | | | |
|---|---|-----------------|--------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-62-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Segmenti rad-aks ležaja radni | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: bijela kovina | Komada / Pieces: 10 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-1 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-1,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: ulje | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: MSEB4 Kabeli: 2xLemo Etalon: TTK 05 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje: 25 mm Baždarna osjetljivost: 50 dB Radna osjetljivost: 56 dB |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem radnih segmenata radijalno-aksijalnog ležaja nisu pronađene nedozvoljene indikacije nevezivanja bijele kovine.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-161-A

| | | | |
|---|---|-------------------------------|-------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-166-19 | |
| | | Udio / Page: | Udio / Page: |

| | | |
|---|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Segmenti rad-aks ležaja neradni | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 10 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom na 9 komada neradnih segmenata rad-aks ležaja uočeni su risevi na bijeloj kovini koje je potrebno ručno ispolirati, te jako oštećenje bijele kovine i osnovnog materijala na jednom segmentu.



| | | |
|--|---|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: NE ZADOVOLJAVA |
|--|---|---|

TTK-163-A

| | | | |
|---|---|------------------|--------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-118-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Segmenti rad-aks ležaja neradni | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 10 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-3 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-3,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri Ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetrantskom kontrolom na 9 segmenata ležaja (neradni) nisu uočene nedozvoljene indikacije rubnog nevezivanja, poroznosti ili pukotine na bijeloj kovini. 1 segmenat je jako oštećen, što je već navedeno u izvješću vizualne kontrole.



| | | |
|---|---|---|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: NE ZADOVOLJAVA |
|---|---|---|

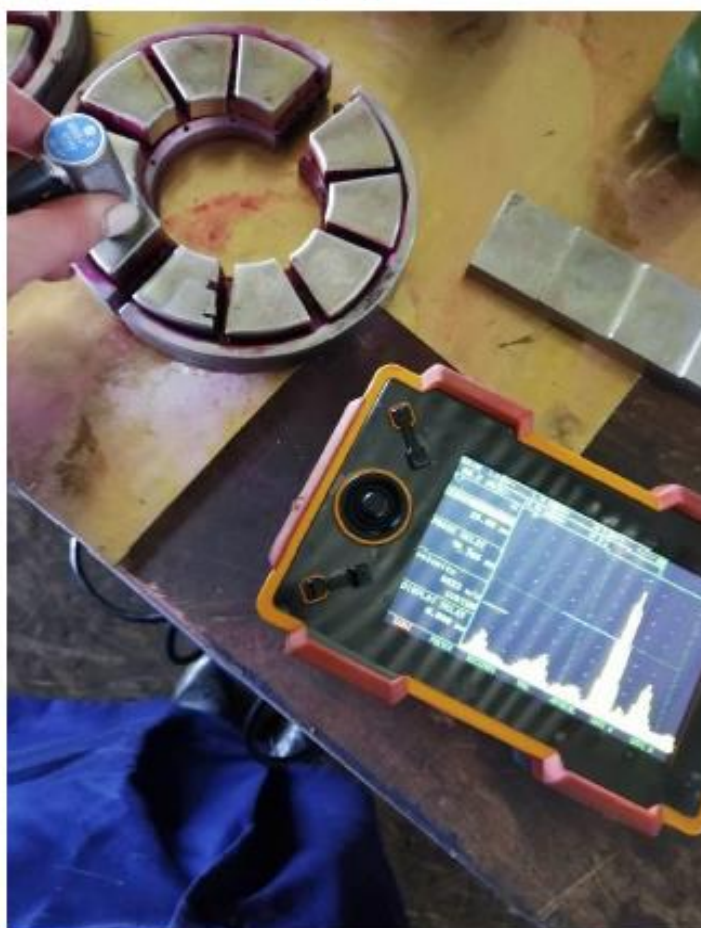
TTK-164-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-63-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Segmenti rad-aks ležaja neradni | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: bijela kovina | Komada / Pieces: 10 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-1 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-1, C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: ulje | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: MSEB4 Kabeli: 2xLemo Etalon: TTK 05 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje: 25 mm Baždarna osjetljivost: 50 dB Radna osjetljivost: 56 dB |

Skica i rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem 9 kom neradnih segmenata radijalno-aksijalnog ležaja nisu pronađene nedozvoljene indikacije nevezivanja bijele kovine. 1 segmenat je jako oštećen, što je već navedeno u izvještajima VT i PT kontrole.



| | | |
|---|--|---|
| Mjesto i datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: NE ZADOVOLJAVA |
|---|--|---|

TTK-161-A

| | | | |
|---|--|-------------------|----------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-167-19 | |
| | | List Page: | Udiova: Page: |

| | | |
|--|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Turbinski radijalni ležaj br.2 | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom obje polovice radijalnog ležaja nisu uočena oštećenja bijele kovine.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč. spec. ing | |

TTK-163-A

| | | |
|--|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Turbinski radijalni ležaj br.2 | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-3 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-3,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Cistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetranskom kontrolom obje polovice ležaja nisu uočene nedozvoljene indikacije rubnog nevezivanja, poroznosti ili pukotine na bijeloj kovini.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto i datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | |

| | | | |
|---|---|-----------------|--------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-64-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Radijalni ležaj turbine br.2 | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-1 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-1,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: ulje | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: SEB 10 KF 3 Kabeli: 2xLemo Etalon: TTK 05 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje: 40 mm Baždarna osjetljivost: 60 dB Radna osjetljivost: 65 dB |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem obje polovice radijalnog ležaja nisu pronađene nedozvoljene indikacije nevezivanja bijele kovine.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-151-A

| | | | |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-168-19 | |
| | | Lišt / Page: | Lištova / Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Kućište BZV-a | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-2 |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svetla min 1000 lx |

Skica i rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršen je vizualni kućišta BZV-a te su uočena duboka oštećenja na ulaznom dijelu.



*Kućište BZV-a,
ulazni dio*

| | | |
|---|--|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: KORISTITI KAKVO JE |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | |

TTK-167-A



TVORNICA TURBINA d.o.o.
TURBINE WORKS Ltd.

Naziv / Name:

VIZUALNA KONTROLA
VISUAL EXAMINATION

VT-168-19

List:
Page:

Udiova:
Pages:

Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:



Oštećenja

Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 19.04.2019.

Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

KORISTITI KAKVO JE

| | | | |
|---|---|-----------------------|--------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: MAGNETSKA KONTROLA MAGNETIC EXAMINATION | MT-84-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Page: |

| | | |
|---|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Kućište BZV-a | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 1369 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-11 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: LM 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno, brušeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Magnet: TIEDE TWM 230 A UV lamp: LABINO PH135spot | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Jakost mag. polja 24 A/cm Intenzitet UV svjetlosti 1000 μW/cm ² |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Magnetskom kontrolom prijelaznih radijusa na kućištu BZV-a nisu uočene indikacije pukotina. Uočena su oštećenja na ulaznom dijelu koja su obrađena u izvještaju VT kontrole.



| | | |
|---|---|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / MT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč. spec.ing. | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|---|--|

TTK-165-A

| | | | |
|---|---|----------------------|--------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-169-19 | |
| | | Ulist / Page: | Ulistova / Pages: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Sjedište BZV-a | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-3 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom sjedišta BZV-a uočene su naslage korozije.



Položaj sjedišta



Sjedište

| | | |
|---|--|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: KORISTITI KAKVO JE |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | |

TTK-163-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-120-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Sjedište BZV-a | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 10228-2 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-10 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Cistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetrantskom kontrolom sjedišta BZV-a uočene su indikacije poroznosti. U brtvenoj zoni $\varnothing 5$ mm, izvan zone $\varnothing 15$ mm.



| | | |
|---|---|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč. spec. ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: KORISTITI KAKVO JE |
|---|---|---|

TTK-164-A

| | | | |
|---|---|----------------------|--------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-170-19 | |
| | | Ucit. / Page: | Listova: / Pages: |

| | | |
|---|---|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Vreteno BZV-a | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-3 C |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparati: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršen je vizualni pregled vretena BZV-a. Uočeno je površinsko oštećenje od struganja izvan brtvene zone.



| | | |
|---|--|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 23.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Doobrio / Approved by: Robert Lesić, struč. spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: KORISTITI KAKVO JE |
|---|--|---|

TTK-163-A

| | | | |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-121-19 | |
| | | Lišt / Page: | Lištova / Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Vreteno BZV-a | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: EN 10228-2 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri Ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetranskom kontrolom vretena BZV-a uočene su indikacije poroznosti izvan brtvene zone.



| | | |
|---|--|---|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 23.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: KORISTITI KAKVO JE |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | |

TTK-164-A

| | | | |
|---|--|------------------|--------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-171-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Sjedište predotvaranja | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-3 C |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Vizualnim pregledom sjedišta predotvaranja uočeno je oštećenje tvrdog zavora.
 Kod ugradnje je potrebno ubrusiti vreteno i sjedište.



| | | |
|---|---|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 23.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: KORISTITI KAKVO JE |
|---|---|---|

TTK-163-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-122-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Sjedište predotvaranja | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 10228-2 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Slika / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetranskom kontrolom tvrdog sloja sjedišta predotvaranja uočene su indicacije pukotina i rubnog odvajanja tvrdog sloja.



| | | |
|---|---|-----------------------|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 23.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | NE ZADOVOLJAVA |
| | | |

TTK-164-A

| | | | |
|---|--|------------------------------|---------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-172-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Page: |

| | | |
|---|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Pogonski zupčanik reduktora | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-3 |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoapararat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica i rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Vizualnim pregledom pogonskog zupčanika reduktora na prednjem i stražnjem rukavcu su uočeni risevi. Na ozubljenju su uočeni mjestimični tragovi korozije. Brusiti rukavce i očistiti korozijske naslage.



Prednji rukavac

Stražnji rukavac

| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / VT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | |

TTK-163-A



TVORNICA TURBINA d.o.o.
TURBINE WORKS Ltd.

Naziv / Name:

VIZUALNA KONTROLA
VISUAL EXAMINATION

VT-172-19

List:
Page:

Listova:
Pagec:

Slika / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Prednji rukavac



Stražnji rukavac



Ozubljenje



Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 20.04.2019.

Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč. spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

ZADOVOLJAVA

| | | | |
|---|--|----------------|--------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-123-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|---|---|
| Naziv objekta / pozicija/Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Pogonski zupčanik reduktora | Broj crteža/Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal/Material: - | Komada/Pieces: 1+1 |
| Norma Ispitivanja/Testing procedure: EN 10228-2 | Primjenjeni postupak Ispitivanja/Applied technique: TTK-RU-09-10 | Kriterij prihvatljivosti/Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine/Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu/Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri Ispitivanja/Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja/Sketch and testing results:

Penetrantskom kontrolom rukavaca pogonskog zupčanika nisu uočene indikacije pukotina i poroznosti.



| | | |
|---|---|---|
| Mjesto / datum Ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / PT II Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|---|---|

TTK-154-A

| | | | |
|---|---|-----------------------|--------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: MAGNETSKA KONTROLA MAGNETIC EXAMINATION | MT-85-19 | |
| | | Lišt: Page: | Lištova: Page: |

| | | |
|---|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Pogonski zupčanik reduktora | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 10228-1 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-11 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Magnet: TIEDE TWM 230 A UV lamp: LABINO PH135spot | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Jakost mag. polja 24 A/cm Intenzitet UV svjetlosti 1000 μW/cm ² |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Magnetskom kontrolom ozubljenja, rukavaca i spojke pogonskog zupčanika reduktora nisu uočene indikacije pukotina.



| | | |
|--|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 25.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / MT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|--|--|--|

TTK-165-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|---------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-65-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Page: |

| | | |
|---|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Pogonski zupčanik reduktora | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 12680-2 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: gel | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: MSEB4, MWB45-4/70-4 Kabli: 2xLemo Etalon: Objekt, V2 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje 50/125/50 mm Baždarna osjetljivost 60/24/29 dB Radna osjetljivost 66/45/50 dB |

Slika / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem rukavaca pogonskog zupčanika reduktora nisu pronađene nedozvoljene indikacije.



| | | |
|---|---|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | |

| | | | |
|---|---|-----------------------------|---------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-173-19 | |
| | | Ust: Page: | Ustova: Pages: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad ležaj pog.zupčanika br.1-STARI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoapararat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica i rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom obje polovice radijalnog ležaja uočena je oštećena i istrošena bijela kovina te ležaj dimenzionalno ne odgovara rukavcu.



| | | |
|--|---|---|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: NE ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč. spec. ing | |

TTK-163-A

| | | | |
|---|--|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-174-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|---|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad ležaj pog.zupčanika br.1-NOVI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique: TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom obje polovice novog radijalnog ležaja kojeg je dostavio Kupac nisu uočena oštećenja bijele kovine.



| | | |
|--|---|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|--|---|--|

TTK-163-A

| | | | |
|---|---|-----------------------------|---------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-124-19 | |
| | | Lid: Page: | Lidova: Pages: |

| | | |
|---|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad.ležaj pogonskog zupč.br.1 | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-3 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-3,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Cistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri Ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetranskom kontrolom obje polovice ležaja nisu uočene nedozvoljene indikacije rubnog nevezivanja, poroznosti ili pukotine na bijeloj kovini.



| | | |
|--|---|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | |

TTK-164-A

| | | | |
|---|---|-----------------|--------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-66-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad ležaj pogonskog.zupč.br.1-NOVI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-1 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-1,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: ulje | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: SEB 10 KF 3 Kabeli: 2xLemo Etalon: TTK 05 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje: 20 mm Baždarna osjetljivost: 57 dB Radna osjetljivost: 63 dB |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem obje polovice radijalnog ležaja nisu pronađene nedozvoljene indikacije nevezivanja bijele kovine.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-161-A

| | | | |
|---|--|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-175-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad ležaj pog.zupčanika br.2-STARI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom obje polovice radijalnog ležaja uočena je oštećena i istrošena bijela kovina te ležaj dimenzionalno ne odgovara rukavcu.



| | | |
|---|--|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec. ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: NE ZADOVOLJAVA |
|---|--|---|

TTK-163-A

| | | | |
|---|--|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-176-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|---|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad ležaj pog.zupčanika br.2-NOVI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparati: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom obje polovice novog radijalnog ležaja kojeg je dostavio Kupac nisu uočena oštećenja na bijeloj kovini.



| | | |
|--|---|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|--|---|--|

TTK-163-A

| | | | |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-125-19 | |
| | | Ulist: Page: | Ulistova: Pages: |

| | | |
|---|---|--|
| Naziv objekta / pozicija/Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad.ležaj pogonskog zupč.br.2 | Broj crteža/Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal/Material: Bijela kovina | Komada/Pieces: 1 + 1 |
| Norma Ispitivanja/Testing procedure: ISO 4386-3 | Primjenjeni postupak Ispitivanja/Applied technique TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti/Acceptance criteria: ISO 4386-3,C |
| Priprema površine/Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu/Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri Ispitivanja/Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja/Sketch and testing results:

Penetranskom kontrolom obje polovice ležaja nisu uočene nedozvoljene indikacije rubnog nevezivanja, poroznosti ili pukotine na bijeloj kovini.



| | | |
|---|---|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualificator: Antonija Trgovčić / PT II Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč. spec.ing | Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|---|--|

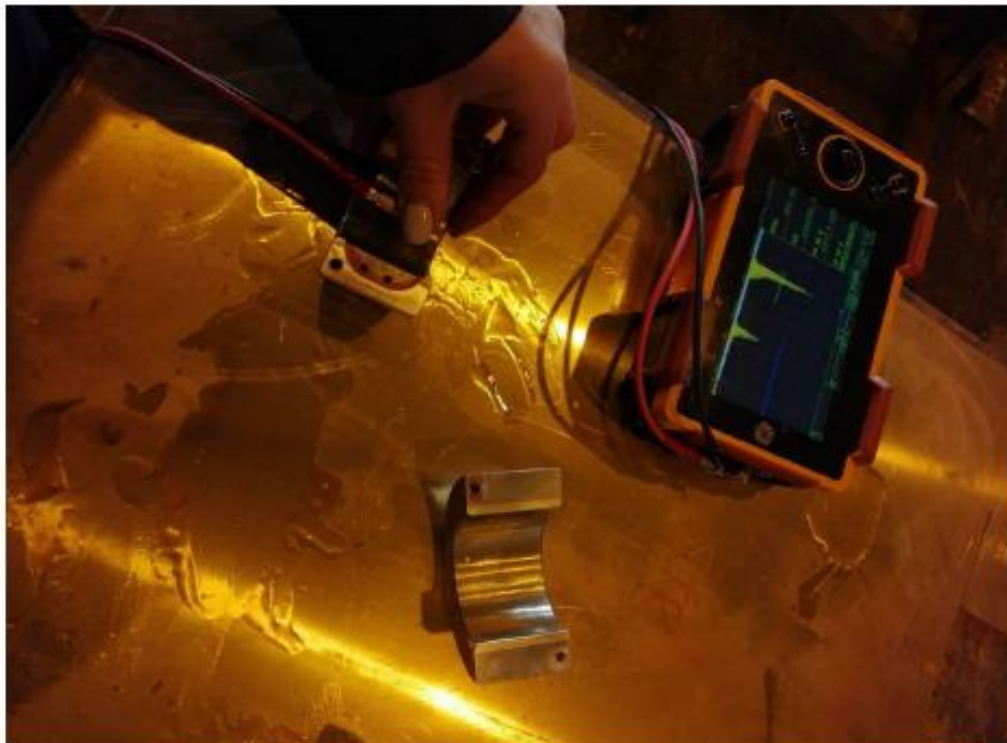
TTK-164-A

| | | | |
|---|--|-----------------|-------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-67-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Page: |

| | | |
|---|---|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad ležaj pogonskog.zupč.br.2-NOVI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-1 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique: TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-1,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: ulje | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: SEB 10 KF 3 Kabeli: 2xLemo Etalon: TTK 05 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje: 50 mm Baždarna osjetljivost: 57 dB Radna osjetljivost: 63 dB |

Slika / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem obje polovice radijalnog ležaja nisu pronađene nedozvoljene indikacije nevezivanja bijele kovine.



| | | |
|--|--|---|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|--|--|---|

TTK-161-A

| | | | |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-177-19 | |
| | | Ulist: Page: | Ulistova: Pages: |

| | | |
|--|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Gonjeni zupčanik reduktora | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: EN 10163-3 |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: | Parametri ispitivanja / Testing parameters: |
| | Fotoaparat: Canon SX160IS | Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Vizualnim pregledom gonjenog zupčanika reduktora na prednjem i stražnjem rukavcu su uočeni risevi. Na ozubljenju su uočeni mjestimični tragovi korozije. Brusiti rukavce i očistiti korozijske naslage.



Prednji rukavac

Stražnji rukavac

| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč. spec.ing. | |

TTK-163-A



Skica / rezultat ispitivanja/Sketch and testing results:

Prednji rukavac



Stražnji rukavac



Ozubljenje



Mjesto / datum ispitivanja/
Place and date of testing:

Karlovac, 20.04.2019.

Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualificator:

Antonija Trgovčić / VT II

Odobrio/Approved by:

Robert Lesić, struč.spec.ing.

Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating:

ZADOVOLJAVA

| | | | |
|---|--|----------------|--------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-126-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|---|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Gonjeni zupčanik reduktora | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: - | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: EN 10228-2 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique: TTK-RU-09-10 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri Ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetrantskom kontrolom rukavaca pogonskog zupčanika nisu uočene indikacije pukotina i poroznosti.



| | | |
|--|---|---|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|--|---|---|

TTK-164-A

| | | | |
|---|--|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: MAGNETSKA KONTROLA <small>MAGNETIC EXAMINATION</small> | MT-86-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Gonjeni zupčanik reduktora | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 10228-1 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-11 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: klasa 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Magnet: TIEDE TWM 230 A UV lamp: LABINO PH135spot | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Jakost mag. polja 24 A/cm Intenzitet UV svjetlosti 1000 µW/cm ² |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Magnetskom kontrolom ozubljenja, rukavaca i spojke gonjenog zupčanika reduktora nisu uočene indikacije pukotina.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 25.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / MT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing. | |

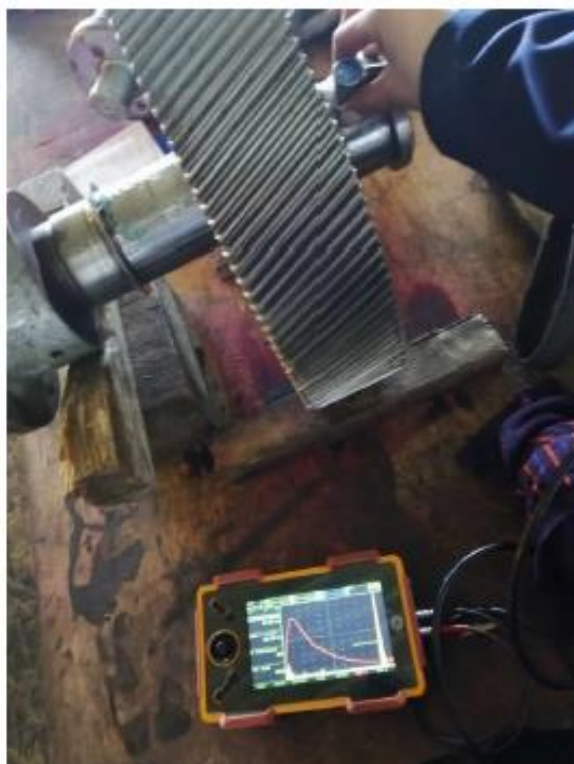
TTK-165-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|---------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-68-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Page: |

| | | |
|--|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Gonjeni zupčanik reduktora | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: č | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 12680-2 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: 3 |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: gel | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: MSEB4, MWB45-4/70-4 Kabeli: 2xLemo Etalon: Objekt, V2 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje 50/125/50 mm Baždarna osjetljivost 60/24/29 dB Radna osjetljivost 66/45/50 dB |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem rukavaca gonjenog zupčanika reduktora nisu pronađene nedozvoljene indikacije.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-161-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-178-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad-aks ležaj gonj.zupč. br.3-STARI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparaf: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica i rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom obje polovice radijalnog dijela radijalno-aksijalnog ležaja uočena je oštećena i istrošena bijela kovina te ležaj dimenzionalno ne odgovara rukavcu.



| | | |
|--|--|---|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec. ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: NE ZADOVOLJAVA |
|--|--|---|

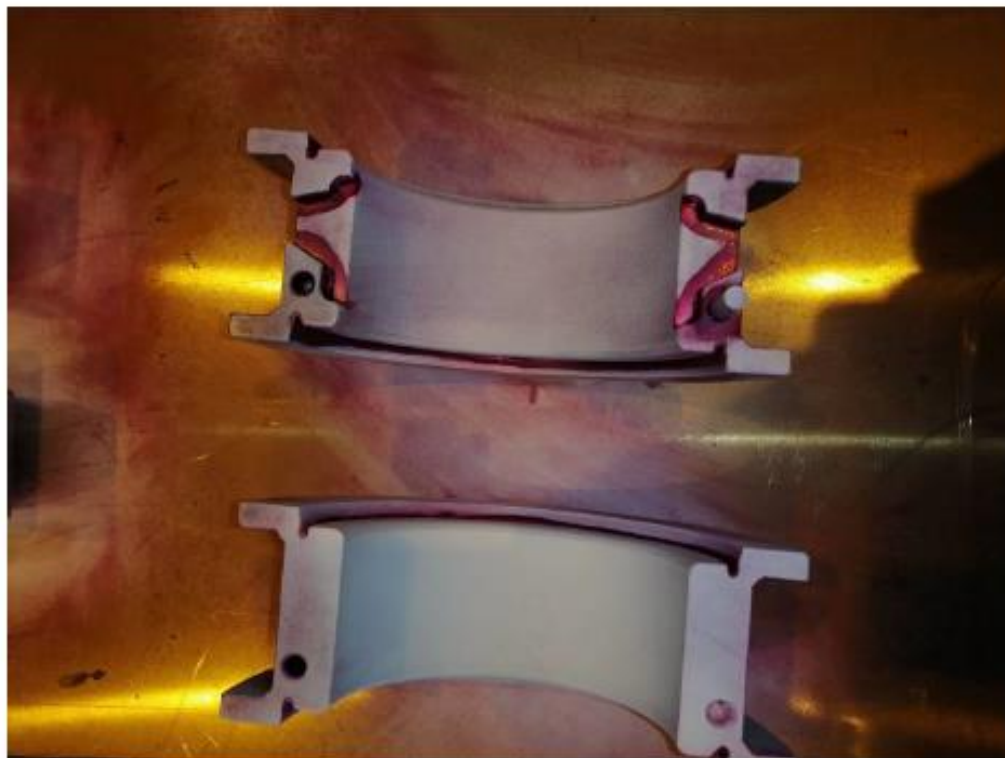
TTK-163-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-127-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad-aks ležaj gonj.zupč.br.3 - NOVI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma Ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-3 | Primjenjeni postupak Ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-3,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Cistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri Ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat Ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetranskom kontrolom obje polovice ležaja nisu uočene nedozvoljene indikacije rubnog nevezivanja, poroznosti ili pukotine na bijeloj kovini.



| | | |
|--|---|--|
| Mjesto / datum Ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|--|---|--|

TTK-164-A

| | | | |
|---|---|-----------------|--------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-69-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|--|---|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad-aks ležaj gonj.zupč.br.3-NOVI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-1 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-1,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: ulje | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: SEB 10 KF 3 Kabeli: 2xLemo Etalon: TTK 05 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje: 20 mm Baždarna osjetljivost: 57 dB Radna osjetljivost: 63 dB |

Slika / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem obje polovice radijalno-aksijalnog ležaja nisu pronađene nedozvoljene indikacije nevezivanja bijele kovine.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-151-A

| | | | |
|---|--|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA VISUAL EXAMINATION | VT-180-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|---|
| Naziv objekta / pozicija/Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad.ležaj gonj.zupčanika br.4-STARI | Broj crteža/Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal/Material: Bijela kovina | Komada/Pieces: 1 + 1 |
| Norma Ispitivanja/Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak Ispitivanja/Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti/Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine/Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu/Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja/Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica i rezultat Ispitivanja/Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom obje polovice radijalnog ležaja uočena je oštećena i istrošena bijela kovina te ležaj dimenzionalno ne odgovara rukavcu.



| | | |
|---|---|---|
| Mjesto / datum Ispitivanja/ Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitač/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / VT II | Ocjena prihvatljivosti/Acceptance rating: NE ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec. ing | |

TTK-163-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: VIZUALNA KONTROLA <small>VISUAL EXAMINATION</small> | VT-181-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|--|---|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad.ležaj gonj.zupčanika br.4-NOVI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: EN 13018 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-08 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: TTK-RU-09-08 |
| Priprema površine / Surface preparation: Očišćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Fotoaparat: Canon SX160IS | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Intenzitet svjetla min 1000 lx |

Skica i rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Izvršenim vizualnim pregledom obje polovice novog radijalnog ležaja kojeg je dostavio Kupac nisu uočena oštećenja bijele kovine.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 19.04.2019. | Ispitač / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / VT II Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec. ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-163-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|----------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: PENETRANTSKA KONTROLA <i>LIQUID PENETRANT EXAMINATION</i> | PT-128-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Pages: |

| | | |
|---|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad ležaj gonj.zupč.br.4 - NOVI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1 + 1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-3 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-09 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-3,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Čistač TIEDE RL40 r.n:160810 pen. TIEDE PWL1 r.n:160404 raz. TIEDE DL20 r.n:161111 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Trajanje penetriranja 20 min Jakost svjetla 1000 lx |

Skica / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Penetranskom kontrolom obje polovice ležaja nisu uočene nedozvoljene indikacije rubnog nevezivanja, poroznosti ili pukotine na bijeloj kovini.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao / kvalifikacija / Inspector / Qualification: Antonija Trgovčić / PT II | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
| | Odobrio / Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | |

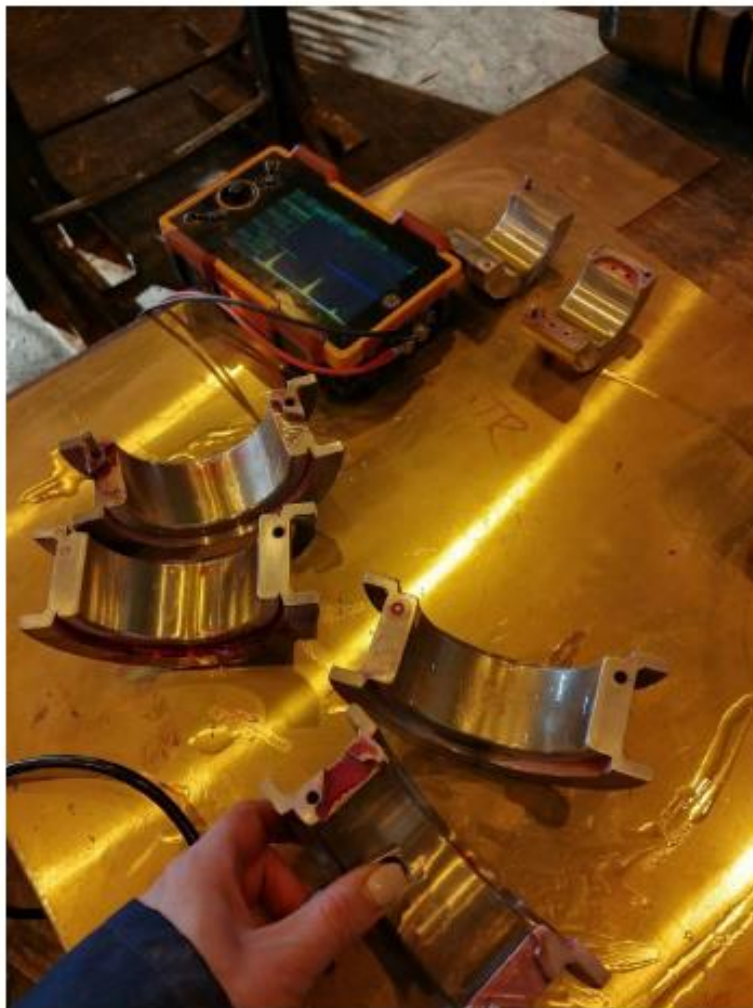
TTK-154-A

| | | | |
|---|---|------------------------------|---------------------------------|
|  TVORNICA TURBINA d.o.o. TURBINE WORKS Ltd. | Naziv / Name: ULTRAZVUČNA KONTROLA ULTRASONIC EXAMINATION | UT-70-19 | |
| | | List: Page: | Listova: Page: |

| | | |
|--|--|--|
| Naziv objekta / pozicija / Object name and position: MSK Kikinda Turbina i reduktor 40GG-102-1, 250 kW Rad ležaj gonj.zupč.br.4-NOVI | Broj crteža / Drawing number: - | Broj RNWO number: P-6073/18 |
| | Materijal / Material: Bijela kovina | Komada / Pieces: 1+1 |
| Norma ispitivanja / Testing procedure: ISO 4386-1 | Primjenjeni postupak ispitivanja / Applied technique TTK-RU-09-07 | Kriterij prihvatljivosti / Acceptance criteria: ISO 4386-1,C |
| Priprema površine / Surface preparation: odmašćeno Kontaktno sredstvo / Couplant: ulje | Oprema za kontrolu / Testing equipment: Instrument: USM GO Sonde: SEB 10 KF 3 Kabeli: 2xLemo Etalon: TTK 05 | Parametri ispitivanja / Testing parameters: Mjerno područje: 50 mm Baždarna osjetljivost: 57 dB Radna osjetljivost: 63 dB |

Slika / rezultat ispitivanja / Sketch and testing results:

Provedenim ultrazvučnim ispitivanjem obje polovice radijalnog ležaja nisu pronađene nedozvoljene indikacije nevezivanja bijele kovine.



| | | |
|---|--|--|
| Mjesto / datum ispitivanja / Place and date of testing: Karlovac, 20.04.2019. | Ispitao/kvalifikacija / Inspector/Qualification: Antonija Trgovčić / UT 1 Odobrio/Approved by: Robert Lesić, struč.spec.ing | Ocjena prihvatljivosti / Acceptance rating: ZADOVOLJAVA |
|---|--|--|

TTK-161-A

6.3 Utjecaj NDT ispitivanja na hodograme izvršenja zadanih rokova

6.3.1 Ugovoreni terminski plan

Temeljem ugovora o remontu turbine i reduktora 250 kW sklopljenog između MSK Kikinda i TTK predviđeno je sveukupno trajanje radova 57 radnih dana (izrada dijelova i demontažni / montažni radovi).

Prije samog početka radova ugovoren je rok od 30 dana za izradu rezervnih dijelova. Nakon izrade rezervnih dijelova turbina i reduktor su dopremljeni u TTK.

Za demontažne i montažne radove u TTK predviđen je rok od 19 dana. Unutar tog roka predviđeno je NDT ispitivanje u trajanju 4 dana te defektaža 1 dan.

Nakon obavljenih radova u TTK montažni radovi u Kikindi (uključujući puštanje u pogon) bi trebali trajati 8 dana.

Prema prvotnom ugovoru sveukupno trajanje remonta (bez izrade rezervnih dijelova) bi se trebalo izvršiti u roku od 27 radnih dana.

U nastavku je prikazan ugovoreni terminski plan.

| TK Karlovac | | Datum | | Ime i prezime | | Potpis | |
|--|--|------------|--|---------------|--|--|--|
| Izradio: 20.8.18 | | B. Radetić | | | | | |
| Odobrio: 20.8.18 | | D. Ris | | | | | |
| Naručilac: MSK KIKINDA | | | | Mjesec | | 30 dana | |
| No. AKTIVNOST | | | | Tjedan | | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 | |
| | | | | Dan | | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 | |
| TERMINSKI PLAN | | | | | | | |
| Projekt: Remont turbine i reduktora 40GG-102-1 | | | | Rev. | | 2018. god. | |
| | | | | List : 1 | | Listova : 1 | |
| | | | | P-6073/18-TP | | | |
| Izrada rezervnih dijelova P-6073/18-RD | | | | | | | |
| 1 | Radovi u MSK kikinda (obaveza Naručitelja) | | | | | | |
| | -demontaža i transport u Klc i nazad u Kikindu | | | | | | |
| 2 | Radovi u TTK, Karlovac | | | | | | |
| | -defektaža | | | | | | |
| | -NDT ispitivanja | | | | | | |
| 3 | Montažni radovi u MSK Kikinda | | | | | | |
| 4 | Završni radovi i probni pogon | | | | | | |
| | -cirkulacija ulja (1 dan) | | | | | | |
| | -ispitivanje regulacije | | | | | | |
| | -snimanje vibracija | | | | | | |
| | -praćenje probnog pogona (1 dan) | | | | | | |
| | -izrada završnog izvještaja u roku 30 dana | | | | | | |

Hodogram 1: Ugovoreni terminski plan za remont turbine i reduktora

6.3.2 Realizirani terminski plan

Kao što je već navedeno, ugovoreni rok izvršenja svih radova (bez izrade rezervnih dijelova) na remontu turbine i reduktora 250 kW je bio 27 radnih dana.

Međutim, rezultati NDT ispitivanja pokazali su da se neki dijelovi turbine i reduktora moraju sanirati ili zamijeniti novima kako bi se osigurao siguran daljnji rad.

Dosjedne plohe na kućištu turbine je bilo potrebno sanirati. Zbog toga je NDT ispitivanje trajalo 15 radnih dana (umjesto ugovorena 4 dana), što pomiče rok izvršenja svih radova za 9 dana.

Segmenti radijalno - aksijalnog ležaja, reduktorski ležajevi, kućište ventila svježe pare te sjedište predotvaranja također nisu zadovoljavali kriterije prihvatljivosti prema zadanim normama. Kupac je od tih pozicija osigurao nove reduktorske ležajeve pa su isti ugrađeni, no prema dosadašnjem iskustvu rok za prelijevanje ležajeva i segmenata je minimalno 30 radnih dana. U tom razdoblju može se reparirati sjedište predotvaranja i kućište ventila svježe pare.

Zaključak je da su NDT ispitivanja pokazala nezadovoljavajuće stanje navedenih pozicija i one se nisu mogle ugraditi bez sanacije. Krajnji rok izvršenja svih radova pomakao se za minimalno 30 radnih dana.

Terminski plan (hodogram) realiziranog roka izvršenja svih ugovorenih radova prikazan je u nastavku. Hodogram prikazuje vrijeme od početka radova u TTK do puštanja u pogon.

7. ZAKLJUČAK

Premda je ugovoreni rok za remont turbine i reduktora 250 kW bio 27 dana, posao je obavljen za cca 57 dana. Tome su pridonijeli većinom rezultati NDT ispitivanja. Uočena su i pronađena oštećenja vitalnih dijelova turbine i reduktora koja se nisu mogla unaprijed planirati i stoga ih je bilo potrebno sanirati.

Usporedbom hodograma prije i analizom rokova izvršenja posla nakon remonta uočeno je da je rok puštanja turbine u pogon pomaknut za cca 30 dana, što je Kupcu stvorilo poteškoće i financijske gubitke.

Ovi problemi mogli su se jednim dijelom spriječiti periodičkim ispitivanjem vitalnih dijelova, praćenjem propagacije oštećenja ukoliko ih je bilo te nabavom potrebnih rezervnih dijelova za skladište.

Da u budućnosti ne bi došlo do ovakvih situacija, preporučuju se redovite revizije i remontu, što naravno podrazumijeva i periodičko ispitivanje metodama bez razaranja vitalnih dijelova cjelokupnog postrojenja.

LITERATURA

- [1] VIZUALNA KONTROLA II, HDKBR/VT2, 09/2011.
- [2] PENETRANTSKA KONTROLA II. STUPANJ, HDKBR/PT2, 05/2011.
- [3] MAGNETSKA KONTROLA 1+2, HDKBR/MT2, 10/2017.
- [4] ULTRAZVUČNA KONTROLA 1, HDKBR/UT-1, 04/2017.
- [5] <https://trgovina.sigmat.hr/hr/43-penetranti-za-ispitivanje-zavara>, dostupno 26.06.2019
- [6] <https://www.ontrium.com/en/germany/brands/tiede/07130-505333-071310>, dostupno 26.06.2019.
- [7] <https://www.hockerinc.com/product/labino-ph135-compact-35-watt-uv-a-mpxl-spotlight-inspection-lamp/>, dostupno 26.06.2019.
- [8] <https://delooperndo.com/artikel/tiede-690-1-fluorescent-magnetic-ink/>, dostupno 26.06.2019.
- [9] <https://www.instrumart.com/products/41519/ge-inspection-technologies-usm-go-flaw-detector>, dostupno 26.06.2019.

POPIS OZNAKA

| Simbol | Jedinica | Značenje |
|-----------|----------|-----------------------------|
| λ | nm | valna duljina |
| E | lx | rasvjetljenost |
| θ | ° | kontaktni kut |
| B | T | magnetska indukcija |
| Φ | Wb | magnetski tok |
| H | A/m | intenzitet magnetskog polja |
| T | s | period |
| f | Hz | frekvencija |
| V | dB | pojaćanje |

POPIS SLIKA

| | | |
|-----------------|---|----|
| <i>Slika 1</i> | Brzina svjetlosti | 4 |
| <i>Slika 2</i> | Spektar elektromagnetskog zračenja | 4 |
| <i>Slika 3</i> | Vidljiva svjetlost – valne duljine | 5 |
| <i>Slika 4</i> | Luxmetar | 6 |
| <i>Slika 5</i> | Razaznavanje boja | 7 |
| <i>Slika 6</i> | Vizualna kontrola – primjena | 8 |
| <i>Slika 7</i> | Prekidnost otvorena prema površini | 9 |
| <i>Slika 8</i> | Koraci penetrantskog ispitivanja | 11 |
| <i>Slika 9</i> | Razvijanje indikacija | 12 |
| <i>Slika 10</i> | Kontaktne kutovi | 13 |
| <i>Slika 11</i> | Ispitivanje obojenim penetrantom | 17 |
| <i>Slika 12</i> | Ispitivanje fluorescentnim penetrantom | 17 |
| <i>Slika 13</i> | Magnetsko polje | 19 |
| <i>Slika 14</i> | Magnetski polovi | 19 |
| <i>Slika 15</i> | Magnetski polovi | 20 |
| <i>Slika 16</i> | Tok magnetskih silnica | 21 |
| <i>Slika 17</i> | Magnetizacija | 22 |
| <i>Slika 18</i> | Promjena magnetske indukcije | 24 |
| <i>Slika 19</i> | Krivulja histereze | 24 |
| <i>Slika 20</i> | Magnetsko – tvrdi i magnetsko – meki materijali | 25 |
| <i>Slika 21</i> | Kružno magnetsko polje ravnog vodiča | 27 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| <i>Slika 22</i> | Uzdužno magnetsko polje zavojnice | 28 |
| <i>Slika 23</i> | Magnetizacija pomoću jarma | 30 |
| <i>Slika 24</i> | Magnetizacija u uređaju za magnetizaciju | 31 |
| <i>Slika 25</i> | Magnetizacija zavojnicama (uzdužna magnetizacija) | 31 |
| <i>Slika 26</i> | Magnetizacija pomoću kontaktnih elektroda | 32 |
| <i>Slika 27</i> | Ispitivanje magnetskim jarmom i kontaktnim elektrodama | 34 |
| <i>Slika 28</i> | Magnetski jaram | 35 |
| <i>Slika 29</i> | UV – lampa | 36 |
| <i>Slika 30</i> | Magnetska indikacija – fluorescentna tehnika | 37 |
| <i>Slika 31</i> | Magnetska indikacija – crno – bijela tehnika | 37 |
| <i>Slika 32</i> | Grafički prikaz slobodnog titranja | 39 |
| <i>Slika 33</i> | Slobodno titranje | 39 |
| <i>Slika 34</i> | Matematički prikaz vala | 40 |
| <i>Slika 35</i> | Longitudinalni val | 41 |
| <i>Slika 36</i> | Transverzalni val | 42 |
| <i>Slika 37</i> | Analogni digitalni uređaji | 45 |
| <i>Slika 38</i> | Digitalni ultrazvučni uređaji | 45 |
| <i>Slika 39</i> | Ravna sonda | 46 |
| <i>Slika 40</i> | Kutna sonda | 47 |
| <i>Slika 41</i> | Dvostruka SE sonda | 48 |
| <i>Slika 42</i> | Referentni reflektori za okomita skeniranja (ravna sonda) | 50 |
| <i>Slika 43</i> | Referentni reflektori za kutno skeniranje | 50 |
| <i>Slika 44</i> | Standardni kalibracijski blokovi K2 i K1 | 50 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| <i>Slika 45</i> | Karakteristične dimenzije kalibracijskih blokova K1 i K2 | 51 |
| <i>Slika 46</i> | Kalibracija udaljenosti sa ravnom sondom | 52 |
| <i>Slika 47</i> | Kalibracija udaljenosti sa kutnom sondom | 52 |
| <i>Slika 48</i> | Određivanje dodatnog pojačanja iz DGS dijagrama | 54 |
| <i>Slika 49</i> | Definicija veličina u trokutu greške | 55 |
| <i>Slika 50</i> | Određivanje prekoračenja visina ehoa | 56 |
| <i>Slika 51</i> | Određivanje poluvrijednosne dužine reflektora | 57 |
| <i>Slika 52</i> | Određivanje registracijske duljine (uz pojačanje V_R) | 57 |
| <i>Slika 53</i> | Točkasti reflektor | 58 |
| <i>Slika 54</i> | Planarni reflektor | 59 |
| <i>Slika 55</i> | Ehodinamička krivulja za volumnu i planarne indikacije | 59 |
| <i>Slika 56</i> | Čistač TIEDE RL-40 | 61 |
| <i>Slika 57</i> | Penetrant TIEDE PWL-1 | 61 |
| <i>Slika 58</i> | Razvijač TIEDE DL-20 | 61 |
| <i>Slika 59</i> | Magnetski jaram TIEDE TWM 230 A | 62 |
| <i>Slika 60</i> | UV – lampa LABINO PH 135 spot | 62 |
| <i>Slika 61</i> | Fluoflux TIEDE 690.1 | 63 |
| <i>Slika 62</i> | Ultrazvučni uređaj USM GO | 63 |

POPIS HODOGRAMA

| | | |
|-------------------|--|-----|
| <i>Hodogram 1</i> | Ugovoreni terminski plan za remont turbine i reduktora | 149 |
| <i>Hodogram 2</i> | Realizirani terminski plan za remont turbine i reduktora | 151 |