

Opetovana upotreba etalaona za provjeru penetrantskih sustava

Jantol, Sandra

Master's thesis / Diplomski rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:749910>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Sandra Jantol

Zagreb, 2014. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Damir Markučić, dipl. ing.

Student:

Sandra Jantol

Zagreb, 2014. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se prvenstveno svom mentoru prof. Damiru Markučiću, na stručnom vodstvu i strpljenju. Zahvaljujem se Tomislavu Kezeleu i Gordani Terzić na pruženoj pomoći u ključnom trenutku te cijeloj Katedri za nerazorna ispitivanja.

Zahvaljujem se roditeljima i sestri na pruženoj potpori tijekom cijelog studija te posebno dragoj mi osobi, svom dečku, na moralnoj podršci koju mi je bezuvjetno pružio i uvijek bio tu kada je trebalo.

Posebnu zahvalu upućujem Gordanu Špiljaku, svom direktoru, koji je imao strpljenja čekati da diplomiram, a putem mi pružio potpunu i jedinstvenu potporu.

Sandra Jantol



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

| | |
|--|--------|
| Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: | |
| Ur.broj: | |

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Sandra Jantol**

Mat. br.: 0035157312

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Opetovana upotreba etalona za provjeru penetrantskih sustava**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Repeated use of reference test blocks for penetrant products**

Opis zadatka:

Sposobnost penetrantskih ispitnih sustava periodički se provjerava i dokazuje provedbom ispitnih koraka penetrantske metode nerazornih ispitivanja na radnim etalonima. U pogledu opetovane upotrebe radnih etalona za provjeru penetrantskih ispitnih sustava nema egzaktno propisanih kriterija o kvaliteti etalona i njegovoj prikladnosti za opetovano korištenje. Iskustveno su dane određene smjernice kako postupati s radnim etalom, međutim nema univerzalnoga obrasca.

U radu je potrebno:

- istražiti usporedivost rezultata opetovane upotrebe etalona obzirom na utjecajne čimbenike (npr. vrijeme penetriranja i razvijanja, temperatura, uvjeti promatranja, čišćenje etalona);
- osmisliti plan pokusa i provesti laboratorijska ispitivanja za odabrane razine utjecajnih čimbenika;
- definirati postupak kvantitativne usporedbe rezultata laboratorijskih ispitivanja.

Temeljem analize rezultata predložiti postupak provjere ispravnosti radnih etalona za provjeru penetrantskih sustava kako bi se kroz određeno vremensko razdoblje osiguralo što ujednačenije stanje etalona te posljedično i pouzdanost te usporedivost rezultata provjere penetrantskih sustava.

Zadatak zadan:

8. svibnja 2014.

Zadatak zadao:


Prof. dr. sc. Damir Markučić

Rok predaje rada:

10. srpnja 2014.

Predviđeni datum obrane:

16., 17. i 18. srpnja 2014.

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Franjo Cajner

SADRŽAJ

| | |
|--|-----|
| SADRŽAJ | I |
| POPIS TABLICA..... | III |
| SAŽETAK..... | IV |
| SUMMARY | V |
| 1. SUSTAV ZA ISPITIVANJE PENETRANTIMA..... | 1 |
| 1.1. Postupak ispitivanja penetrantima | 2 |
| 2. UTJECAJNI ČIMBENICI NA OSJETLJIVOST PT SUSTAVA | 4 |
| 2.1. Penetrant..... | 4 |
| 2.1.1. Temperaturna stabilnost penetranta | 5 |
| 2.1.2. Odstranjivost penetranta | 6 |
| 2.2. Razvijač..... | 7 |
| 2.3. Priprema ispitnog uzorka | 8 |
| 3. RADNI ETALONI ZA ISPITIVANJE SUSTAVA PENETRANTIMA..... | 9 |
| 3.1. Tipovi radnih etalona | 9 |
| 3.1.1. Radni etalon tipa 1 | 9 |
| 3.1.2. Radni etalon tipa 2 | 11 |
| 3.2. Tehnički zahtjevi opetovane upotrebe radnih etalona..... | 13 |
| 3.2.1. Metode čišćenja radnih etalona..... | 14 |
| 3.2.2. Vrijeme penetriranja | 16 |
| 3.2.3. Vrijeme razvijanja..... | 16 |
| 3.2.4. Temperatura površine radnog etalona..... | 17 |
| 4. PLAN ISPITIVANJA RADNIH ETALONA S OBZIROM NA UTJECAJNE ČIMBENIKE | 18 |
| 5. PROVEDBA I REZULTATI ISPITIVANJA RADNIH ETALONA S OBZIROM NA UTJECAJNE ČIMBENIKE | 23 |
| 5.1. Oprema i penetrantski sustav koji se koristio u ispitivanju | 23 |
| 5.2. Rezultati ispitivanja..... | 27 |
| 5.2.1. Prvi dan ispitivanja | 27 |
| 5.2.2. Drugi dan ispitivanja..... | 35 |
| 5.2.2.1. Referentno ispitivanje | 44 |
| 6. ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA ISPITIVANJA..... | 45 |
| 6.1. Temperatura površine etalona..... | 45 |
| 6.2. Vrijeme penetriranja i vrijeme razvijanja | 48 |
| 6.3. Metoda pripremnog čišćenja..... | 49 |
| 6.4. Opetovana upotreba radnih etalona..... | 49 |
| 7. ZAKLJUČAK..... | 50 |
| LITERATURA..... | 51 |
| PRILOZI..... | 53 |

POPIS SLIKA

| | | |
|-----------|--|----|
| Slika 1. | Osnovni princip ispitivanja penetrantima [8]..... | 2 |
| Slika 2. | Procedura ispitivanja za različite metode PT-a [8] | 3 |
| Slika 3. | Skica pločica za ispitivanje osjetljivosti penetrantskog sustava [5]..... | 10 |
| Slika 4. | Radni etaloni tipa 1 [18]..... | 10 |
| Slika 5. | Skica pločice etalona tipa 2 [5] | 12 |
| Slika 6. | Radni etalon tipa 2 [8] | 12 |
| Slika 7. | Obrazac 1..... | 21 |
| Slika 8. | Etalon 2 koji se koristio za ispitivanje PT-a..... | 23 |
| Slika 9. | Etalon 1 koji se koristio za ispitivanje PT-a..... | 23 |
| Slika 10. | Stalak s fotoaparatom | 24 |
| Slika 11. | Etaloni sa svojim serijskim brojevima i osnovnim značajkama..... | 25 |
| Slika 12. | Luksmetar | 26 |
| Slika 13. | Termometri | 26 |
| Slika 14. | „Indikacije“ na površinama etalona | 28 |
| Slika 15. | „Indikacije“ na površinama etalona | 29 |
| Slika 16. | Ispareni penetrant na etalonu 1 | 30 |
| Slika 17. | Indikacije na površinama etalona | 31 |
| Slika 18. | Indikacije na površinama etalona | 32 |
| Slika 19. | Indikacije na površinama etalona | 33 |
| Slika 20. | Indikacije na površinama etalona | 34 |
| Slika 21. | Indikacije na površinama etalona | 36 |
| Slika 22. | Indikacije na površinama etalona | 37 |
| Slika 23. | Indikacije na površinama etalona | 39 |
| Slika 24. | Indikacije na površinama etalona | 40 |
| Slika 25. | Ultrazvučna kupka..... | 41 |
| Slika 26. | Indikacije na površinama etalona | 42 |
| Slika 27. | Indikacije na površinama etalona | 43 |
| Slika 28. | Referentno ispitivanje..... | 44 |
| Slika 29. | Usporedba indikacija na etalonima na niskoj temperaturi površine i na sobnoj temperaturi površine etalona sa različitim vremenom penetriranja | 45 |
| Slika 30. | Usporedba indikacija na etalonima na visokoj temperaturi površine i na sobnoj temperaturi površine etalona sa različitim vremenom penetriranja | 47 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Utjecajni čimbenici koji se kontroliraju tijekom ispitivanja | 19 |
| Tablica 2. Tijek plana ispitivanja | 22 |

SAŽETAK

Problematika opetovane upotrebe radnih etalona za provjeru sustava ispitivanja penetrantima leži u činjenici da nema egzaktno propisanog kriterija do koje mjere je moguće tolerirati umanjene performanse radnih etalona. U praksi se može dogoditi da radni etalon pokazuje lažne indikacije ili ih uopće ne pokazuje, a da toga nismo ni svjesni pa shodno tome mijenjamo PT sustav koji je ispravan ili upotrebljavamo PT sustav koji nije ispravan. Iz navedenih razloga, potrebno je, u kontinuitetu, preporučljivo jednom godišnje, provjeravati ispravnost radnih etalona za provjeru PT sustava kako bi se takve situacije svele na minimum. Norma ISO EN 3542-2 [1] propisuje da bi trebalo barem jednom godišnje radni etalon poslati na provjeru ispravnosti neovisnom laboratoriju, međutim u tom periodu ako se ispravno ne postupa s etalom, može davati nekvalitetne rezultate i prije tog roka. Iskustveno su dane neke smjernice kako postupati s radnim etalom, međutim tu postoji mnogo utjecajnih čimbenika pa nema univerzalnog obrasca.

Ovim radom se želi ukazati na problematiku i nedorečenost kriterija za opetovanu upotrebu radnih etalona za provjeru PT sustava te istražiti usporedivost rezultata opetovane upotrebe s obzirom na utjecajne čimbenike (vrijeme penetriranja i razvijanja, temperaturu površine etalona, uvjete promatranja indikacija te različite metode čišćenja same površine etalona prije ispitivanja).

U eksperimentalnom dijelu su odabrani radni etaloni podvrgnuti različitim uvjetima ispitivanja u različitim rasponima mjernih vrijednosti te se očitavala oštrina i kontrast indikacija i fotografski su se bilježile. Dobiveni rezultati su uspoređeni da bi se došlo do zaključaka kako mjerodavno i opetovano upotrebljavati radne etalone, a da nam pružaju vjerodostojne informacije s obzirom na utjecaj ispitivanih čimbenike.

Navedena ispitivanja su provedena u skladu s obitelji norma EN ISO 3452 [1] [2] [3] [4] [5].

Ključne riječi: penetrantski sustav, radni etaloni, opetovana upotreba etalona, utjecajni čimbenici

SUMMARY

Problems of repeated use of reference blocks for verification of penetrant testing lies in the fact that there is no exact criteria prescribed to which level it is possible to tolerate a reduced work performance of reference blocks.

In practice it may happen that the reference blocks shows false indications or does not show, and that we are not even aware of, and resultant change the PT system which is correct or use the PT system that is not correct.

For these reasons, it is necessary, in continuity, it is recommended once a year, check the accuracy of reference blocks for checking the PT system to reduce to a minimum such situations.

Norme EN ISO 3542-2 [1] provides that should at least once a year, send a reference blocks to check accuracy by an independent laboratory, however during this period if not properly treated with established standards, may give poor quality results and prior to that deadline.

Experiential give some guidance how to deal with the reference blocks, however there are a number of factors and there is no universal rules.

This work will discuss the problems and the vagueness of the criteria for repeated use of reference blocks for checking the PT system and investigate the comparability of the results of the repeated use due to the influence factors (time of penetration and development, surface temperature of reference block, indications observing conditins and different methods of cleaning the surface of blocks before testing).

In the experimental part there are selected reference blocks subjected to various test conditions in different ranges of measurement values and were read the sharpness and contrast of indications and photographic were recorded. The results are compared in order to come to the conclusion how relevant and repeated use of reference blocks, and to provide us with credible information with regard to the impact of the studied factors.

The above tests were conducted in accordance with the family of norms EN ISO 3452 [1] [2] [3] [4] [5].

Key words: penetrant system, reference blocks, the repeated use of blocks, influential factors

1. SUSTAV ZA ISPITIVANJE PENETRANTIMA

Sustav za ispitivanje penetrantima je jedan od najstarijih i najčešće korištenih sustava u nerazornim metodama ispitivanja. Koristi se za ispitivanja običnih svjećica automobila do kritičnih zrakoplovnih komponenti motora. Propisno korišteni, može se postići izvrsna osjetljivost, mogu se detektirati, s velikom vjerojatnošću, pukotine od minimalno 0,5 μm širine i 20 μm dubine [6]. Omjer širine i dubine je 0,025 što navodi na zaključak da dubina pukotine mora biti toliko veća od širine kako bi penetrant mogao ući u pukotinu kapilarnim efektom te kako bi se zadržala dovoljna količina samog penetranta u pukotini i nakon odstranjivanja viška s površine ispitnog uzorka da bi razvijatelj imao što izvući na površinu ispitnog uzorka iz pukotine.

Sustav za ispitivanje penetrantima često se referira kao jedan od najjednostavnijih metoda nerazornih ispitivanja [7]. Općenito, jednostavan je za primjenu i u najnekritičnoj primjeni će proizvesti zadovoljavajuće rezultate kada se slijedi par osnovnih pravila. S druge strane, za nestandardne situacije potrebno je iskustvo i vještina ispitivača. Rezultati su vidljivi limitirano vrijeme pa klasifikacija ispitivača je često finalna. Nikada nema direktnog dokaza da je procedura izvedena zadovoljavajuće, a poprilično veliki broj čimbenika može utjecati na osjetljivost sustava u usporedbi s ostalim metodama nerazornih ispitivanja.

Sustav za ispitivanje penetrantima koristi kemikalije koje se mogu degradirati ili kontaminirati. Sustav traži mnoge operacije koje se moraju oprezno kontrolirati i u najviše slučajeva, ispitivanje leži na pažnji ispitivača na detalje. U svakom slučaju, čimbenici koji mogu utjecati na osjetljivost sustava za ispitivanje moraju biti poznati i adresirani.

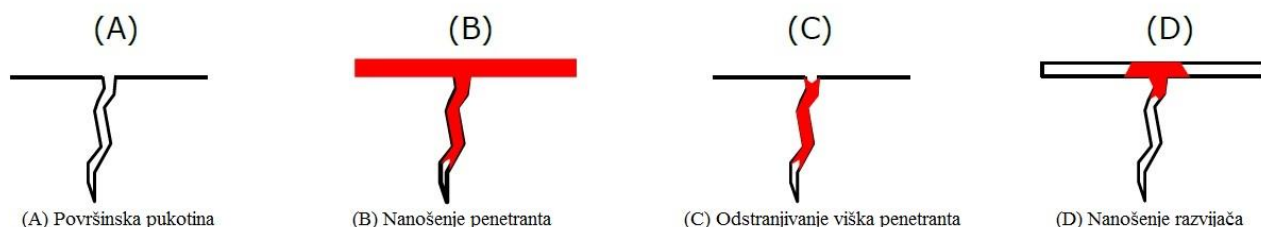
1.1. Postupak ispitivanja penetrantima

Ispitivanje penetrantima može se koristiti na gotovo svim materijalima ako se primjenjuju odgovarajući sustav PT-a i ako površina nije suviše porozna. Ispitivanje ne može dati informaciju o dubini pukotine, daje samo približnu informaciju o volumenu pukotine.

Prednost ove metode je u njoj jednostavnosti, indikacije se mogu prezentirati trećoj osobi bez iskustva u PT-u. Međutim, PT se može nazvati najjednostavnijom metodom gdje se gotovo sve može učiniti pogrešno.

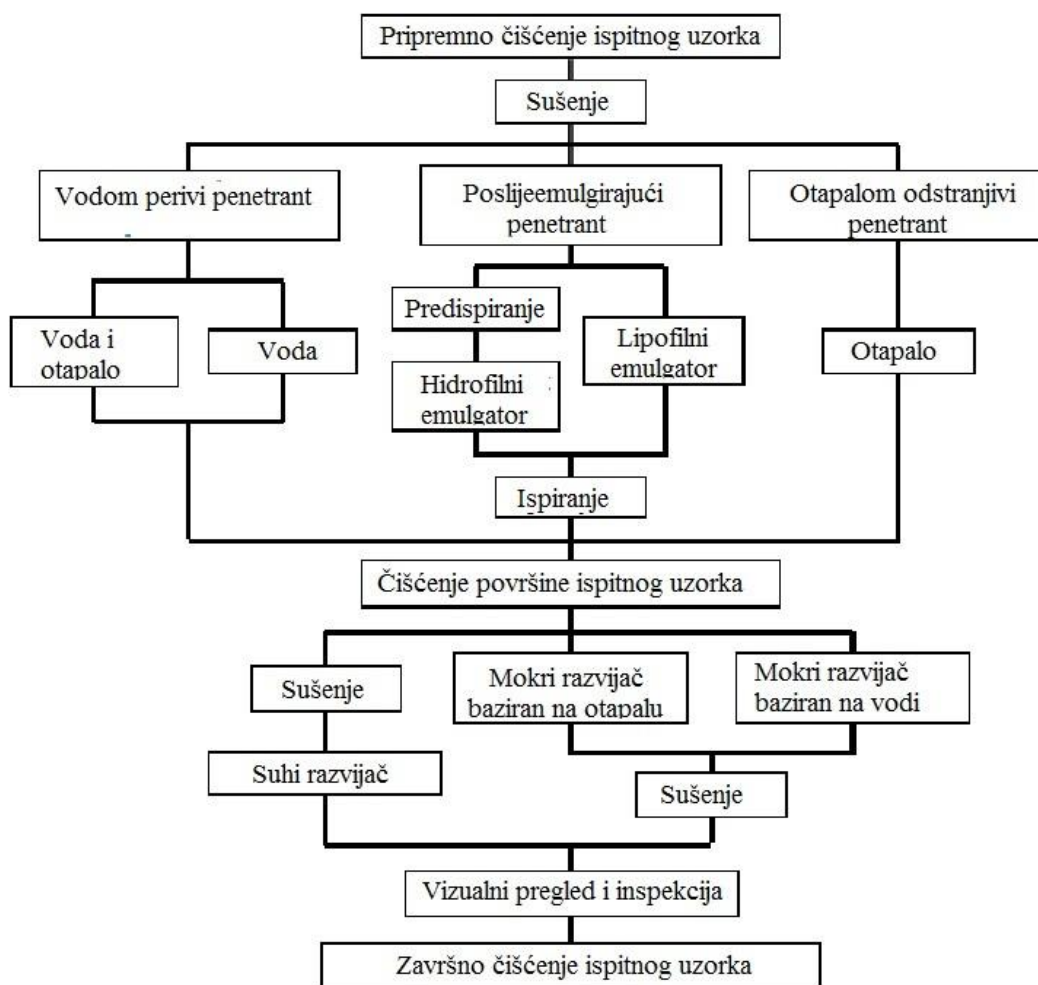
Generalna procedura je slijedeća [8]:

1. Oprezno mehaničko ili kemijsko pripremno čišćenje i odmašćivanje ispitne površine, sušenje ispitne površine
2. Nanošenje penetranta
3. Odstranjivanje viška penetranta i sušenje ispitne površine (ako je potrebno)
4. Nanošenje razvijaača
5. Vizualni pregled indikacija
6. Završno čišćenje ispitne površine



Slika 1. Osnovni princip ispitivanja penetrantima [8]

Nužno je da svaki korak bude kvalitetno izveden, prema relevantnim normama, kako bi se osigurala kvaliteta i vjerodostojnost rezultata te kako bi se ispitni uzorci mogli svaki put procesuirati u što je moguće, sličnijim uvjetima.



Slika 2. Procedura ispitivanja za različite metode PT-a [8]

2. UTJECAJNI ČIMBENICI NA OSJETLJIVOST PT SUSTAVA

2.1. Penetrant

Materijali za penetrante koji se danas koriste su mnogo sofisticiraniji od materijala koji su se koristili u samim počecima ispitivanja penetrantima. Kao i svi komercijalni proizvodi na tržištu, i današnji penetranti se proizvode prema željama kupaca odnosno s preciznim formulama za postizanje osjetljivosti prema željama kupaca. Dok vidljivi penetranti još uvijek imaju široku primjenu, fluorescentni penetranti se koriste kada je tražena visoka razina osjetljivosti. Kako bi ispitivanje dalo zadovoljavajuće rezultate, penetrant mora zadovoljiti nekoliko važnih karakteristika [9]:

- lako nanošenje na površinu ispitnog uzorka kako bi se dobio potpuni i jednaki sloj penetranta
- mora ispuniti površinske pukotine kapilarnim efektom
- mora ostati u pukotini, ali istovremeno se i lako očistiti s površine ispitnog uzorka
- mora ostati tekući kako bi mogao izaći na površinu ispitnog uzorka tijekom koraka razvijanja
- mora biti dobro vidljiv kako bi proizveo lako vidljive indikacije
- ne smije biti štetan za površine ispitnih uzoraka kao ni za samog ispitivača

Osjetljivost penetranta nije direktno vezana za specifičnu masu, temperaturu zapaljenja, sadržaj vode ili za minimalnu temperaturu tečenja penetranta [10]. Pokazalo se da sposobnost močenja površine, viskozitet, temperaturna stabilnost, tolerancija na vodu i mogućnost odstranjivanja penetranta ima značajan utjecaj na osjetljivost penetrantskog sustava [10].

Kategorizirane su razine osjetljivosti penetranta prema vrsti penetranta s obzirom na utjecajne čimbenike na osjetljivost. Postoje dvije vrste penetranta: fluorescentni i vidljivi (obojeni) penetranti. Razine osjetljivosti fluorescentnog penetranta su [2]:

- razina osjetljivosti 1 (normalna osjetljivost)
- razina osjetljivosti 2 (visoka osjetljivost)
- razina osjetljivosti 3 (ultra visoka osjetljivost za specijalnu upotrebu)

Razine osjetljivosti vidljivog penetranta su [2]:

- razina osjetljivosti 1 (normalna osjetljivost)
- razina osjetljivosti 2 (visoka osjetljivost)

2.1.1. Temperaturna stabilnost penetranta

Penetrantski materijal ima zadovoljavajuća svojstva u određenom temperaturnom intervalu (od 10°C do 50°C), međutim postoje posebne skupine penetrantskog sustava za uporabu na temperaturama iznad i ispod navedenog temperaturnog intervala.

Povišenjem temperature penetranta, penetrant se toplinski degradira ili toplinski „uvene“. Dolazi do slabljenja ili nestajanja indikacija zbog isparavanja ili sublimacije [11]. Pod sublimacijom se ovdje misli da kod upotrebe etalona na visokim temperaturama postoji velika mogućnost ostanka posušenog penetranta u pukotini pa opetovanom upotrebom na ekstremno visokim temperaturama može doći do direktnog isparavanja posušenog penetranta u pukotini. Međutim, u takvom slučaju nam je čak i poželjno da sublimira jer smo time očistili pukotinu od zaostalog penetranta.

Tendencija isparivanju na višim temperaturama je funkcija vrelišta i kemijske strukture penetranta [12]. Kada se koristi penetrant visokog vrelišta, zagrijavanje ispitnog uzorka poboljšava osjetljivost sustava, međutim, općenito, kada se ne koristi navedeni penetrant, viša temperatura reducira osjetljivost sustava [13]. Istraživanja pokazuju da indikacije današnjih penetranta počinju slabiti već na 65°C, djelomično rastavljanje kemijskih spojeva penetrantskih materijala počinje na temperaturi od 71°C, a kada se dosegne temperatura blizu 94°C, dolazi do potpune razgradnje kemijskih spojeva i isparavanja materijala penetranta [14].

Kod ispitivanja na niskim temperaturama, pripremno čišćenje treba prilagoditi odnosno očistiti ispitni uzorak od eventualnog leda i pokušati zagrijati površinu. U nekim slučajevima to nije moguće pa nije preporučljivo koristiti čistače na bazi vode kod ekstremno niskih temperatura. Preniske temperature vode do smrzavanja penetrantskog materijala ili do kritičnog reduciranja viskoziteta penetranta što onemogućuje močivost¹ površine ispitnog uzorka. Osobito pri niskim temperaturama, postoji velika opasnost od kondenzacije vode u pukotinama što onemogućuje ulazak penetranta u pukotinu.

¹ Močivost – fizikalna pojava uvjetovana smanjenjem površinske napetosti tekućine

2.1.2. Odstranjivost penetranta

Odstranjivanje viška penetranta s površine ispitnog uzorka, a da ga ne odstranimo iz pukotina je jedan od najdelikatnijih koraka sustava ispitivanja penetrantima. Kako detekcija indikacija ovisi o svjetlini (fluorescentni penetranti) ili kontrastu (vidljivi penetranti), važno je da se višak penetranta odstrani s površine ispitnog uzorka u potpunosti koliko je to moguće, kako bi se ograničio odziv pozadine. Da bi se to dogodilo, adhezijske sile penetranta ne smiju biti toliko jake da se ne mogu nadjačati metodama odstranjivanja koje se koriste. Istovremeno, tekućina penetranta i otopina za čišćenje se ne smiju izmiješati na način da razrijede penetrant u pukotini jer time smanjujemo svojstva penetrantskog materijala koja su potrebna za kvalitetno ispitivanje.

Odstranjivanje (ispiranje) viška penetranta se vrši ovisno o vrsti penetranta: vodom (vodom perivi penetrant), emulzijom pa vodom (poslijeemulgirajući penetrant) te otapalom (otapalom odstranjivi penetrant) [1]. Vodom perivi penetranti se odstranjuje direktno s površine običnom vodom i ne zahtjeva dodatne korake emulzifikacije. Metoda je jednostavna i brza, ali postoji opasnost od ispiranja penetranta iz samih pukotina i generiranja pogrešnih rezultata na taj način. Poslijeemulgirajući penetrant nije direktno periv vodom, pa je smanjena mogućnost suvišnog ispiranja iz pukotina. Prije samog ispiranja, penetrant na površini se tretira emulgatorom, čineći ga "topljivim" u vodi, nakon čega se ispire vodom. Razlikujemo hidrofilni i lipofilni emulgator. Hidrofilni (na bazi vode) se ponaša vrlo slično deterdžentu, reagira s penetrantom na bazi ulja na način da ga razgradi pa penetrant postane periv s vodom dok lipofilni emulgator (na bazi ulja) ulazi u strukturu penetranta, čineći ga perivim vodom [15]. Vrijeme emulzifikacije mora biti pažljivo kontrolirano kako emulgator ne bi djelovao i na penetrant u pukotinama. Tim tipovima penetranta je moguće otkriti manje pukotine, što ih čini osjetljivijima. Otapalom odstranjivi tip penetranta se odstranjuje otapalima (najčešće istim koja se koriste i za pripremno čišćenje površine). Ako se pravilno koristi ova metoda može biti vrlo učinkovita i osjetljiva, međutim nepravilnim korištenjem se vrlo lako penetrant ukloni iz pukotine pa se posljedično ne pojavljuju indikacije.

2.2. Razvijlač

Uloga razvijlača je da izvuče penetrant iz pukotina te da raširi penetrant na površinu ispitnog uzorka kako bi ga ispitivač lakše detektirao. Ovaj korak je, također, kritičan jer sloj razvijlača mora biti ujednačen, ali i tanak, uobičajno debljine manje od 100 μm [9].

Utjecajni čimbenici na kinetiku razvijlača su [16]:

- formirana indikacija je funkcija volumena pukotine i opsega ispunjene šupljine s penetrantom
- koeficijent površinske napetosti i viskozitet penetranta
- radijus ruba pukotine, propusnost i poroznost razvijlača
- debljina sloja razvijlača
- atmosferski tlak, kontaktni kut močenja penetranta na površini razvijlača

Zaključci prema istraživanjima su slijedeći [16]:

- što je veći volumen pukotine, to će biti veća indikacija
(veća količina penetranta je popunila pukotinu pa time i veća količina će i izaći na površinu ispitnog uzorka)
- dubina pukotine je vrlo važna
(u vrlo plitkim pukotinama penetrant se neće zadržati nakon poznatih metoda odstranjivanja viška penetranta)
- što je veći faktor ispunjenosti šupljine, to će biti veća indikacija
(više penetranta ispuni pukotinu pa shodno tome i više penetranta izađe na površinu ispitnog uzorka)
- tanki sloj razvijlača će brže proizvesti indikaciju i povećati osjetljivost unutar granica
(u slučaju manje pukotine, mala količina penetranta treba izaći na površinu ispitnog uzorka pa time tanki sloj razvijlača ne usporava izlazak penetranta)
- deblji sloj razvijlača reducira osjetljivost
(debljina sloja razvijlača može biti tolika da „zarobi“ penetrant u pukotini ili penetrant djelomično izađe na površinu ispitnog uzorka, ali ostane ispod sloja razvijlača pa u oba slučaja nema indikacije)
- sloj razvijlača tanji od nekoliko mikrometara reducira osjetljivost
(pretanki sloj razvijlača ne može kapilarnim efektom proizvesti indikaciju, odnosno većina penetranta ostane u pukotini)

2.3. Priprema ispitnog uzorka

Priprema ispitnog uzorka je vrlo važan korak u ispitivanju penetrantima. Dobra procedura čišćenja će odstraniti sve kontaminacije s površine ispitnog uzorka i neće ostaviti nikakve komponente koje bi mogle utjecati na proces ispitivanja. Važno je, također, da proces čišćenja ne izazove površinsku mikrostrukturnu deformaciju koja bi mogla prekriti ili zatvoriti pukotine na površini uzorka. U mnogim slučajevima, samo kemijsko čišćenje ne priprema odgovarajućepovršinu uzorka pa se moraju primijeniti i mehaničke metode čišćenja. Grublje mehaničke metode čišćenja kao što su sačmarenje i grubo brušenje, pokazalo se da mogu uzrokovati površinsku mikrostrukturnu deformaciju na nekim legurama što može imati vrlo štetni efekt na sustav ispitivanja penetrantima, u smislu da pukotine koje su otvorene prema površini mogu se djelomično ili kompletno prekriti. Jetkanje uzorka pokazalo je da se mogu vratiti nesavršenosti na razinu detekcije koja je postojala prije mehaničkog procesa čišćenja.

Brušenje, glodanje, tokarenje, ručno struganje, kugličarenje i lepanje prije samog ispitivanja, reduciraju osjetljivost penetrantskog sustava [17]. Međutim, svi navedeni postupci nisu zabranjeni, već pod oprezno kontroliranim uvjetima može se izbjeći površinska mikrostrukturna deformacija.

3. RADNI ETALONI ZA ISPITIVANJE SUSTAVA PENETRANTIMA

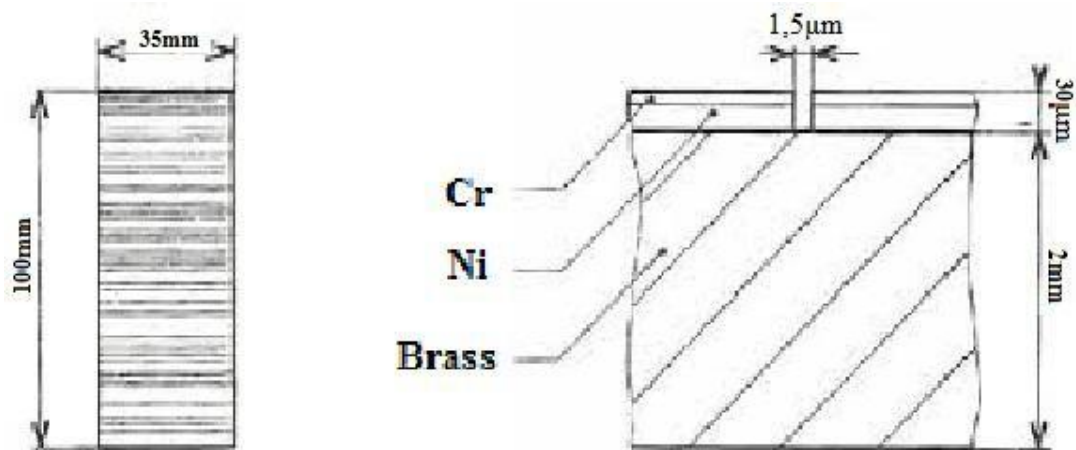
3.1. Tipovi radnih etalona

Norma EN ISO 3452-3 [5] propisuje dva tipa radnih etalona. Tip 1 se koristi za provjeru osjetljivosti penetrantskog sustava, a tip 2 za sposobnost odstranjivanja viška penetranta s površine ispitnog uzorka.

3.1.1. Radni etalon tipa 1

Etalon tipa 1 predstavlja četiri pločice prevučene s Ni-Cr prevlakom debljine 10 μm , 20 μm , 30 μm i 50 μm na osnovi od mjedi. Tipične dimenzije pločice su 35 mm x 100 mm x 2 mm. Pločice dolaze u parovima (uparene), odnosno po dvije pločice s približno jednakim pukotinama, kako bi se penetranti mogli paralelno ispitivati, odnosno da se omogući da približno jednaki etaloni prolaze kroz jednak proces ispitivanja, samo s različitim penetrantima koje se želi usporediti. Pukotine se izrađuju uzdužnim istežanjem pločice, nakon čega je svaka pločica uzdužno prerezana kako bi dobili par s približno jednakim pukotinama. Omjer širine i dubine pukotine treba biti približno 1:20. Sa svakim parom pločica dolazi certifikat i fotografija fluorescentnih penetrantskih indikacija pukotina napravljena pod UV osvjetljenjem s kojom se mogu uspoređivati rezultati ispitivanja.

Radni etaloni tipa 1 prema EN ISO 3452-3 [5] služe za ispitivanje osjetljivosti, odnosno klasifikaciju penetranata. Pločice s dubinom pukotina od 10 μm , 20 μm i 30 μm se koriste za ispitivanje fluorescentnih penetranata (s obzirom da su oni u pravilu osjetljiviji), a vidljivi penetranti se ispituju pločicama od 30 μm i 50 μm . Kriterij za klasificiranje penetranata prema osjetljivosti je mogućnost generiranja indikacija na pukotinama određene dimenzije.



Slika 3. Skica pločica za ispitivanje osjetljivosti penetrantskog sustava [5]

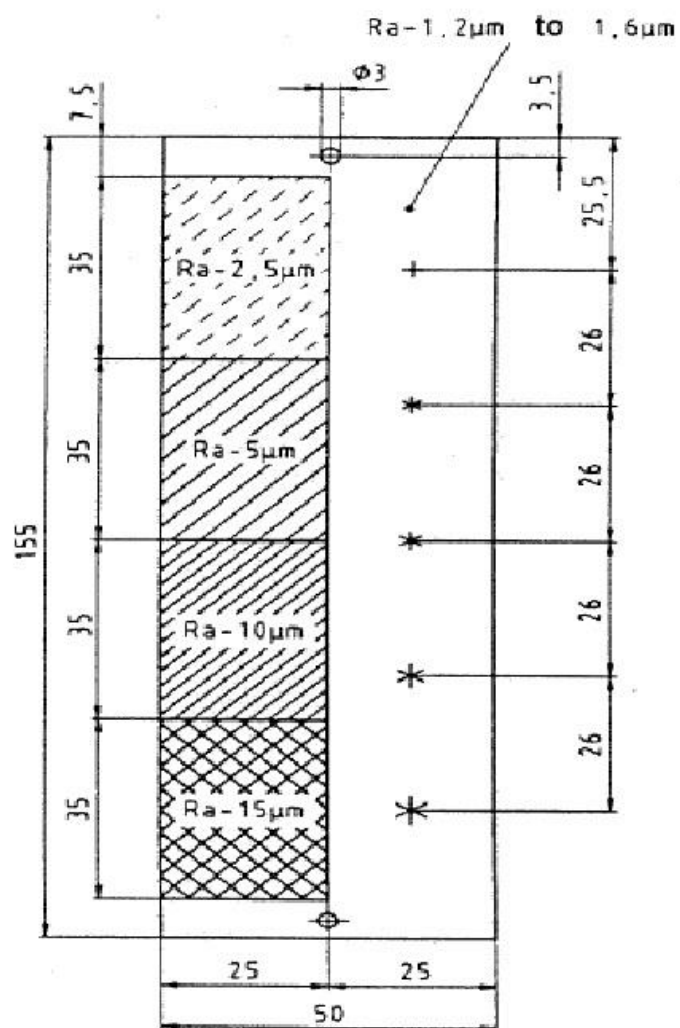


Slika 4. Radni etaloni tipa 1 [18]

3.1.2. Radni etalon tipa 2

Radni etalon tipa 2 prema EN ISO 3452-3 [5] koristi se za ispitivanje sposobnosti ispiranja penetranta s površine. Najčešće se koristi za provjeru penetranta koji su već korišteni, odnosno stajali u otvorenim spremnicima, kao i penetrantskih sustava (sprej doza) u radu. Sastoji se od jedne čelične ploče (EN 1.4432) kojoj je jedna polovica kemijski prevučena s Ni ($60 \mu\text{m} \pm 3 \mu\text{m}$) i tankim slojem Cr ($0,5 \mu\text{m} - 1,5 \mu\text{m}$) s $R_a = 1,2 \mu\text{m} - 1,6 \mu\text{m}$, a druga polovica je podijeljena na četiri područja s definiranom hrapavosti. Dimenzije pločice su $155 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 2,5 \text{ mm}$. Na prevučenoj strani se nalazi pet diskontinuiteta u obliku zvjezdica.

Za ispitivanje sposobnosti ispiranja se koristi polovica s područjima definirane hrapavosti (redom: $2,5 \mu\text{m}$, $5 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$ i $15 \mu\text{m}$). Ta područja se obrađuju elektroerozijom, a područje s najmanjom hrapavosti se pjeskari. Zvezdaste pukotine su napravljene utiskivanjem polukuglastog utiskivača na preši ili uređaju za mjerenje tvrdoće različitim silama (2 kN, 3,5 kN, 5 kN, 6,5 kN i 8 kN). Promjeri pukotina su redom: 3 mm, 3,5 mm, 4 mm, 4,5 mm i 5,5 mm. Pukotine služe za praćenje osjetljivosti, najčešće kontinuirano, u radu, ali nikako za određivanje klase penetranta ili usporedbu osjetljivosti različitih penetranta [5].



Slika 5. Skica pločice etalona tipa 2 [5]



Slika 6. Radni etalon tipa 2 [8]

3.2. Tehnički zahtjevi opetovane upotrebe radnih etalona

Radni etalon se koristi na jednaki način i pod istim uvjetima kao i uzorci koji se ispituju penetrantima odnosno prema normi EN 571-1 [3]. Znači, nema standarda koji provjerava odnosno propisuje koliko često se radni etalon bilo koje vrste smije koristiti, a da dalje daje kvalitetne rezultate. Norma ISO EN 3452-2 [1] propisuje samo da radni etalon treba jednom godišnje dati na provjeru neovisnom ovlaštenom laboratoriju ili proizvođaču radnog etalona. Iskustva govore da bez obzira koje se mjere poduzimaju, diskontinuiteti na etalonu će se zapuniti različitim penetrantskim materijalom. To se ne može izbjeći pa slijedno tome etalon je potrošni materijal koji prije ili kasnije treba zamijeniti. Preporuča se da se etalon treba promijeniti, ako se ne ustanovi prije loša kvaliteta, najmanje svakih pet godina [18].

Radni etaloni se redovito koriste opetovano pa je kod njih čišćenje od ostataka prijašnjih ispitivanja od najveće važnosti. Naime, materijal za ispitivanje (penetrant i razvijatelj), ukoliko nije otklonjen nakon prethodnog ispitivanja, može ostati u pukotini. Penetranti prilikom procesa razvijanja iz pukotine izlaze, također, pomoću kapilarnog efekta pa je vrlo čest slučaj da u pukotinama ostane zaostalog penetranta odnosno da sav penetrant ne izađe na površinu. Ako se nakon toga etalon ne koristi dulje vrijeme, nastupit će hlapljenje hlapljivog dijela penetranta iz pukotine, a ostatak može stvoriti čvrsti sloj na dnu pukotine smanjujući volumen same pukotine. S novonanešenim penetrantom događa se jednaka stvar, dakle, još penetranta se taloži u pukotini već smanjenog volumena. Nakon nekoliko takvih ciklusa, smanjenje volumena pukotine može postati značajno, odražavajući se na rezultate ispitivanja odnosno na pojavljivanje indikacija.

Istraživanja pokazuju da opetovano korištenje, generalno, smanjuje veličinu i uočljivost indikacije ako se pripremno čišćenje i završno čišćenje etalona ne izvedu odgovarajuće. Također, učinkovitost penetrantskog sustava se smanjuje ako se etalon koristi za različite vrste penetrantskih sustava unatoč odgovarajućem čišćenju prije i nakon upotrebe etalona. Kada se koristi jednaki penetrantski sustav, nema ekstenzivnog gubitka u osjetljivosti ako se etalon zadovoljavajuće očisti prije i poslije ispitivanja [19]. Unatoč svom trudu oko odgovarajućeg završnog čišćenja i upotrebe etalona, iskustva govore da nešto penetranta uvijek ostane u pukotina pa iz toga proizlazi navedena preporuka o zamjeni etalona svakih pet godina. Kako bi se pratila njegova upotrebljivost preporuča se da se indikacije na etalonu fotografiraju u

boji i uspoređuju s prethodnim fotografijama te se na taj način utvrđuje postoji li razlika u indikacijama pukotina radnog etalona.

3.2.1. Metode čišćenja radnih etalona

Radni etaloni se mogu opetovano koristiti dulji period vremena ako se odgovarajuće tretiraju. Ovim radom će se pokušati doći do smjernica kako ga odgovarajuće koristiti s obzirom na odabrane utjecajne čimbenika od kojih je jedan i metoda čišćenja radnih etalona.

Radni etaloni bi trebali biti temeljito očišćeni odmah nakon korištenja. U nastavku će biti opisane dvije metode čišćenja koje se preporučaju prema pronađenoj literaturi. Nakon što se etaloni očiste preporučljivo je držati ih u kutiji u kojoj smo ih i kupili.

Metoda čišćenja prema preporuci većine proizvođača radnih etalona [19]:

- 1) Pripremiti dva spremnika potrebne veličine. U prvi spremnik uliti aceton ili alkohol, a u drugi vodu s malom količinom emulgatora ili neutralnog čistača.
- 2) Uroniti etalon s nanesenim slojem razvijaača u pripremljeni aceton 10 minuta.
- 3) Izvaditi etalon iz spremnika i oprati ga tekućom vodom dok se ne ukloni aceton
- 4) Staviti etalon u pripremljenu tekućinu u drugom spremniku i ostaviti ga unutra 10 minuta.
- 5) Izvaditi etalon iz spremnika i očistiti ga tekućom vodom. U slučaju da je ostalo razvijaača na površini etalona, očetkati površinu mekom četkom ispod tekuće vode. Osigurati da se četka u istom smjeru u kojem su i pukotine na površini etalona.
- 6) Potpuno osušiti etalon sušilom ili u pećnici na oko 70°C.
- 7) Ohladiti etalon na sobnu temperaturu nakon sušenja te ga staviti u ultrazvučnu kupku oko 10 minuta.
- 8) Izvaditi etalon iz kupke, ako je potrebno ponoviti korak broj sedam.
- 9) Sada bi etaloni trebali biti spremni za ponovnu upotrebu.

Metodu čišćenja opisanu u nastavku autori preporučuju kao povratak inicijalne čistoće površine etalona pa bi metoda trebala biti učinkovita za pripremno čišćenje etalona nakon ostanka osušenog penetranta u pukotinama [21]:

- 1) Nakon ispitivanja očetkati sloj razvijaača mekom čekinjastom četkom.
- 2) Potopiti etalon u izopropilni alkohol ili aceton najmanje 4 sata.

- 3) Izvaditi etalon iz navedene tekućine, sušiti ga najmanje 10 minuta (obratiti pozornost na činjenicu da brzoisparljive tekućine snižavaju temperaturu površine pa ako je atmosferska vlažnost blizu 80 % ili veća može doći do stvaranja vlage na površini etalona ili u pukotinama. Površina etalona mora biti apsolutno suha kada se kreće na korak broj četiri.
- 4) Nanijeti debeli sloj nevodenog mokrog razvijaa (NAWD²)
- 5) Staviti etalon sa slojem razvijaa u pećnicu na 70 do 80°C najmanje 10 minuta. Ovoj vrsti razvijaa toplina dodatno pomaže povući na površinu penetrant koji je zaostao u pukotini.
- 6) Ostavljajući naneseeni sloj razvijaa, pustiti etalon da se ohladi na sobnoj temperaturi te vizualno pregledati postojanje indikacija.
- 7) Ako su se indikacije pojavile vratiti se na korak broj jedan i ponavljati cijelu proceduru dok se u koraku broj šest više neće pojaviti vidljive indikacije.

U težim slučajevima, ako je etalon otporan na opetovane postupke čišćenja postoji mogućnost da se pojavila korozija u pukotini što dovodi do toga da etalon treba zamijeniti novim ili se je penetrant previše osušio u pukotinama zbog predugog perioda nečišćenja. U tom slučaju, treba pokušati metodom da se radni etalon stavi u ultrazvučnu kupku na 30 min u demineraliziranoj vodi, temeljito oprati demineraliziranom vodom i osušiti u pećnici na 70°C na 30 minuta te na kraju ga ohladiti na sobnoj temperaturi [20]. Ovu metodu čišćenja ćemo nazvati metoda čišćenja broj 1 i koristit će se za pripremno čišćenje na kraju ispitivanja kada će se napraviti referentno ispitivanje da bi se dobila fotografija kojom ćemo uspoređivati sva ostala fotografirana ispitivanja pa ćemo tu fotografiju prozvati referentnom fotografijom sa određenim ograničenjem s obzirom da se referentna fotografija može dobiti samo s potpuno novim i nekorištenim radnim etalom. S obzirom da nemamo referentnu fotografiju koja se dobije s kupljenim novim radnim etalonom, procjena je da bi tijekom ispitivanja opisan u nastavku s referentnim ispitivanjem na kraju mogao zadovoljiti kako bi se dobila fotografija za usporedbu s ostalim provedenim ispitivanjima jer ultrazvučna kupka je vrlo učinkovit proces temeljitog čišćenja radnog etalona. Međutim nije poželjno ni prečesto čistiti ultrazvučno jer se može oštetiti vanjski dio pukotina što opet dovodi do neželjenog procesa. Preporuka je da je dovoljno jednom mjesečno primijeniti ultrazvučnu kupku [20].

² NAWD (krat.) – eng. non aqueous wet developer

Kada se etalon čisti u otopinama, treba obratiti posebnu pozornost na mogućnost ostanka otopine u pukotinama što dovodi do drastično negativnog utjecaja na performanse penetranta odnosno do negativnog utjecaja na pripremljenost radnog etalona. Za sve otopine se preporuča da etalon ostane najmanje dva sata u procesu čišćenja kako bi se odgovarajuće očistio [21]. Čišćenje etalona u alkalnim deterdžentima se nikako ne preporuča jer vidljivo uništi etalon u devet mjeseci [19]. S obzirom da alkalni deterdženti imaju tendenciju začepiti pukotine ako se ne odstrane u potpunosti, kao završno čišćenje jednog ispitivanja će se upotrijebiti običan sapun i voda kako bi se simulirao ostanak sapuna u pukotinama, a slijedećim pripremnim čišćenjem pokušalo ipak odstraniti ostatke sapuna u pukotinama.

3.2.2. Vrijeme penetriranja

Vrijeme penetriranja može biti od 5 minuta do 60 minuta [2]. Minimalno i maksimalno vrijeme penetriranja propisuje proizvođač penetranta te se, nikako, ne smije prekoračiti određeni vremenski interval. U protivnome se može penetrant osušiti u pukotini u slučaju predugog vremena penetriranja ili se ne stigne postići maksimalni kapilarni efekt u slučaju prekratkog vremena penetriranja pa je veća opasnost da se pri uklanjanju viška penetranta ukloni i penetrant iz pukotine i ne dobije se kvalitetna slika indikacija.

3.2.3. Vrijeme razvijanja

Vrijeme razvijanja trebalo bi biti između 10 minuta i 30 minuta, međutim dulje vrijeme može se dogovoriti ovisno o proizvođaču razvijaa [2]. Vrijeme razvijanja počinje od onog trenutka kada je razvijaa primjenjen. Vrijeme razvijanja pod povišenom temperaturom se mora kontrolirati kod vodenog mokrog razvijaa kako se penetrant ne bi „skuhao“ u pukotini. Penetrant može ispariti ili sublimirati ili se može osušiti i tako spriječiti da pokaže indikaciju. Kako bi se to spriječilo preporuča se temperatura sušenja ne veća od 70°C [22].

Različite vrste penetranta ili iste vrste penetranta različitog proizvođača nije dozvoljeno koristiti ako nije provedeno prije temeljito čišćenje radnog etalona [23].

3.2.4. Temperatura površine radnog etalona

Površina radnog etalona bi trebala, općenito, biti između 10°C i 50°C [3]. Opasnost niskih temperatura leži u tome da bi voda mogla kondenzirati u pukotine na površini i spriječiti da penetrant uđe u pukotine. Opasnost visokih temperatura je u tome da površinska napetost materijala raste s temperaturom te brzina isparavanja raste s temperaturom i najopasnije da prekomjerno temperaturno izlaganje povećava pukotine.

Kod niskih temperatura se preporuča da je vrijeme penetriranja barem dvostruko duže nego kod jednakog testiranja, ali u temperaturnom rasponu od 10°C do 50°C [2]. Pogodan razvijlač za niske temperature je nevodeni razvijlač s time da sprej bočica mora biti minimalno na 10°C kako bi se postigao tanki ujednačeni sloj te vrijeme razvijanja bi se trebalo povećati za dva puta [2].

4. PLAN ISPITIVANJA RADNIH ETALONA S OBZIROM NA UTJECAJNE ČIMBENIKE

Proučavanjem istraživanja penetrantskog sustava koja su se provela zadnjih tridesetak godina, došlo se do zaključka da najutjecajniji faktori na osjetljivost i opetovanu upotrebu radnih etalona u realnim eksploatacijskim uvjetima su temperatura površine etalona, vrijeme penetriranja, vrijeme razvijanja i metode čišćenja. Uz navedene razloge, razlog odabira navedenih čimbenika kao promjenjive leži na tome što se te čimbenike najlakše kontrolira, a u realnim uvjetima često dolazi do ekstrema koji uvelike utječu na osjetljivost penetrantskog sustava, a posljedično i na ozbiljne previde u samom ispitivanju materijala. Kada se radni etalon opetovano koristi u različitim uvjetima ispitivanja, veća je vjerojatnost za lošijom kvalitetom samog etalona, a da toga nismo ni svjesni. Zato se ovim planom ispitivanja želi doći do smjernica kako i na koji način koristiti etalon, a da on što dulje zadrži svoju kvalitetu. Plan ispitivanja obuhvaća više ispitivanja penetrantskog sustava s tri ulazna čimbenika koja će se držati konstantnima i četiri utjecajna faktora koja će se mijenjati, ali na način da se poštuju relevantne norme i preporuke. U tablici 1 su prikazani čimbenici koji će biti obuhvaćeni ovim ispitivanjem.

Tablica 1. Utjecajni čimbenici koji se kontroliraju tijekom ispitivanja

| Konstantni čimbenici | | Promjenjivi čimbenici | |
|---|--|---|-------------|
| Penetrant | Vrsta penetranta | Vrijeme penetriranja | 5 minuta |
| | Način odstranjivanja viška penetranta (čistač) ¹ | | 15 minuta |
| Razvijač | Vrsta razvijača | Vrijeme razvijanja | 10 minuta |
| | | | 20 minuta |
| Etaloni | Dva etalona sa različitim pukotinama za ispitivanje osjetljivosti PT-a | Temperatura površine etalona ² | 4°C - 8°C |
| | | | 20°C - 25°C |
| | | | 65°C - 75°C |
| Uvjeti promatranja | | Osvjetljenost površine etalona ³ [lx] | 300 |
| | | | 800 |
| Pripremno čišćenje površine etalona | čistač za PT i suha krpica ⁴ | | |
| <u>Napomena:</u> | | | |
| ¹ Nakon trećeg seta ispitivanja, etaloni se prebrišu samo suhom krpicom kako bi penetrant ostao u pukotinama (bez čistača) | | | |
| ² Tijekom cijelog ispitivanja će se pokušati držati temperatura (približno) konstatnom | | | |
| ³ Vrijednost osvjetljenja površine etalona može iznositi ± 100 lx | | | |
| ⁴ Osim u zadnjem (šestom) setu ispitivanja kada će se koristiti metoda čišćenja broj 1 | | | |

Svako ispitivanje koje će se provoditi, dokumentirat će se fotografijom kako bi se indikacije mogle očitati i naknadno međusobno usporediti. Kako bi što kvalitetnije mogli očitati indikacije penetrantskog sustava na etalonu, napraviti će se referentno ispitivanje od strane ovlaštene osobe koja posjeduje certifikat za ispitivanje penetrantima razine 2. Referentna fotografija će poslužiti za usporedbu svakog naknadnog ispitivanja s promjenjivim čimbenikom sa navedenim ograničenjima i pretpostavkama. Uzet će se tri vrste usporedbe, uspoređivat će se jasnoća i boja indikacija, kontrast te razina odziva površine s obzirom na referentnu fotografiju koju ćemo proglasiti 100% -tnim vidljivim indikacijama.


Uz sve navedene konstantne i promjenjive čimbenike koji su se obuhvatili, pokušat će se pod kontrolu staviti i kut fotografiranja. Napraviti će se stalak za fotoaparatus i označiti mjesto gdje će fotoaparatus stajati u odnosu etalona tijekom svakog dokumentiranja kako bi se minimalizirao utjecaj kuta fotografiranja etalona. Kako bi i utjecaj kuta upada svjetlosti na etalona bio što manji, svako dokumentiranje će se napraviti na približno jednakim mjestima s obzirom na osvjetljenje.

Za svaki sustav ispitivanja će se popuniti obrazac sa izvještajem ispitivanja pod nazivom Obrazac 1 na kojem će se biti pregledno vidljivi svi relevantni čimbenici te rezultat ispitivanja sa kratkim zaključkom koji se dobio provedbom ispitivanja. Primjer obrasca je na slici 3.

Ispitivanje će se provesti kroz dva dana kao šest seta ispitivanja s različitim parametrima kako bi se što bliže simuliralo opetovano ispitivanje etalona za penetrantski sustav u eksploatacijskim uvjetima s pokušajem simulacije ostanaka posušenog penetranta u pukotinama nakon trećeg seta ispitivanja odnosno nakon prvog dana ispitivanja. Kroz svaki set ispitivanja će se dobiti četiri rezultata ispitivanja s različitim parametrima ispitivanja.

Etalon koji će se koristiti nije nekorišten odnosno nije novi etalon pa nema mogućnosti referentnog ispitivanja, kao što je već rečeno. Međutim, završno ispitivanje bit će ispitivanje od strane ovlaštenog ispitivača i proglasit će se referentnim ispitivanjem pod pretpostavkom da je etalon ispravan odnosno da nije prijašnjim ispitivanjima oštećena njegova kvaliteta te da je temeljito očišćen u pripremnom čišćenju.

U cjelokupnom ispitivanju će se koristiti jednaka metoda pripremnog čišćenja kako bi se, što je više moguće, osigurali jednaki početni uvjeti svakog ispitivanja. Pripremono čišćenje će biti standardno čišćenje, odmaščivanje površine etalona.

| | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|
|  | | Zavod za kvalitetu Katedra za nerazorna ispitivanja SUSTAV ZA ISPITIVANJE PENETRANTIMA | | Obrazac 1 Obrazac je zaštićen autorskim pravima | |
| Fakultet strojarstva i brodogradnje | | <u>IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA</u> | | | |
| Naručilac: | | Naziv projekta: | | | |
| Izvršitelj: | | Ispitni uzorak: | | | |
| Referenca ispitivanja: | | | | | |
| Penetrantski sustav | | | | | |
| Vrsta penetranta: | | Proizvođač, god. proiz.: | | | |
| Vrsta razvijaa: | | Proizvođač, god. proiz.: | | | |
| PT odstranjivač: | | Proizvođač, god. proiz.: | | | |
| Tip etalona: | | Proizvođač.: | | | |
| Uvjeti ispitivanja | | | | | |
| Priprema čišćenja: | | | | | |
| Aplikacija penetranta: | | Vrijeme penetriranja: | | | |
| Aplikacija razvijaa: | | Vrijeme razvijanja: | | | |
| Temperatura površine uzorka: | | Mjerni uređaj: | | | |
| Osvjetljenost uzorka: | | Mjerni uređaj: | | | |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | | | | | |
| Dokumentiran zapis nakon ispitivanja: | | | | | |
| | | | | | |
| Zaključak ispitivanja: | | | | | |
| | | | | | |
| Datum: | | Ispitivač: | | Potpis: | |
| Obrazac 1 2014. | | | | | |

Slika 7. Obrazac 1

Tablica 2. Tijek plana ispitivanja

| PLAN ISPITIVANJA | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|---------------------------------|-----|-----|-----|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|--|
| PRVI DAN ISPITIVANJA | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1. set ispitivanja ² | | | | 2. set ispitivanja ³ | | | | 3. set ispitivanja ⁴ | | | | | |
| Pripremno čišćenje površine | Standardno čišćenje/odmaščivanje (čistač za PT) | | | | | | | | | | | | | |
| Vrijeme penetriranja [min] | 5 | | | | 5 | | | | 5 | | | | | |
| Vrijeme razvijanja [min] | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | | |
| Temperatura površine etalona ¹ | 4°C - 8°C | | | | 65°C - 75°C | | | | 20°C - 25°C | | | | | |
| Osvjetljenost površine [lx] | 300 | 800 | 300 | 800 | 300 | 800 | 300 | 800 | 300 | 800 | 300 | 800 | | |
| DRUGI DAN ISPITIVANJA | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4. set ispitivanja ⁵ | | | | 5. set ispitivanja | | | | 6. set ispitivanja | | | | | |
| Pripremno čišćenje površine | Standardno čišćenje/odmaščivanje (čistač za PT) | | | | | | | | Metoda čišćenja broj 3 ⁶ | | | | | |
| Vrijeme penetriranja [min] | 15 | | | | 15 | | | | 5 | | | | | |
| Vrijeme razvijanja [min] | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | | |
| Temperatura površine etalona ¹ | 4°C - 8°C | | | | 65°C - 75°C | | | | 20°C - 25°C | | | | | |
| Osvjetljenost površine [lx] | 300 | 800 | 300 | 800 | 300 | 800 | 300 | 800 | 300 | 800 | 300 | 800 | 500 | |
| Napomena: | | | | | | | | | | | | | | |
| 1)Temperaturu površine etalona treba držati (približno) konstatnom tijekom cijelog ispitivanja | | | | | | | | | | | | | | |
| 2)Nakon 1. seta ispitivanja odmah krenuti na 2. set ispitivanja | | | | | | | | | | | | | | |
| 3)Nakon 2. seta ispitivanja odmah krenuti na 3. set ispitivanja | | | | | | | | | | | | | | |
| 4)Nakon 3. seta ispitivanja samo suhom krpicom prebrisati etalone kako bi penetrant ostao u pukotinama, a time se pokušalo simulirati osušenost penetranta u pukotini | | | | | | | | | | | | | | |
| 5)Nakon 4. seta ispitivanja odmah krenuti na 5. set ispitivanja | | | | | | | | | | | | | | |
| 6)Metoda čišćenja broj 3 uključuje čišćenje etalona u ultrazvučnoj kupci (30 min) i sušenje površine etalona u pećnici (30 min) na 70°C | | | | | | | | | | | | | | |
| 7)Završno ispitivanje će biti referentno ispitivanje | | | | | | | | | | | | | | |

5. PROVEDBA I REZULTATI ISPITIVANJA RADNIH ETALONA S OBZIROM NA UTJECAJNE ČIMBENIKE

5.1. Oprema i penetrantski sustav koji se koristio u ispitivanju

U planu ispitivanja je sve detaljno razrađeno pa se i po tom postupku pristupilo ispitivanju. Za ispitivanje su korištena dva etalona za ispitivanje osjetljivosti penetrantskog sustava. Jedan etalon (etalon 1) je dimenzija 70 mm x 25 mm, dok je drugi kraći (etalon 2), dimenzija 50 mm x 25 mm. Etaloni nisu jednaki odnosno nemaju približno jednake veličine ni raspored pukotina što je vidljivo na slici 8 (etalon 1) i slici 9 (etalon 2). Fotografije su zabilježene nakon čišćenja površine etalona ultrazvučnom kupkom pri osvjetljenosti površine oko 1000 lx.



Slika 8. Etalon 2 koji se koristio za ispitivanje PT-a



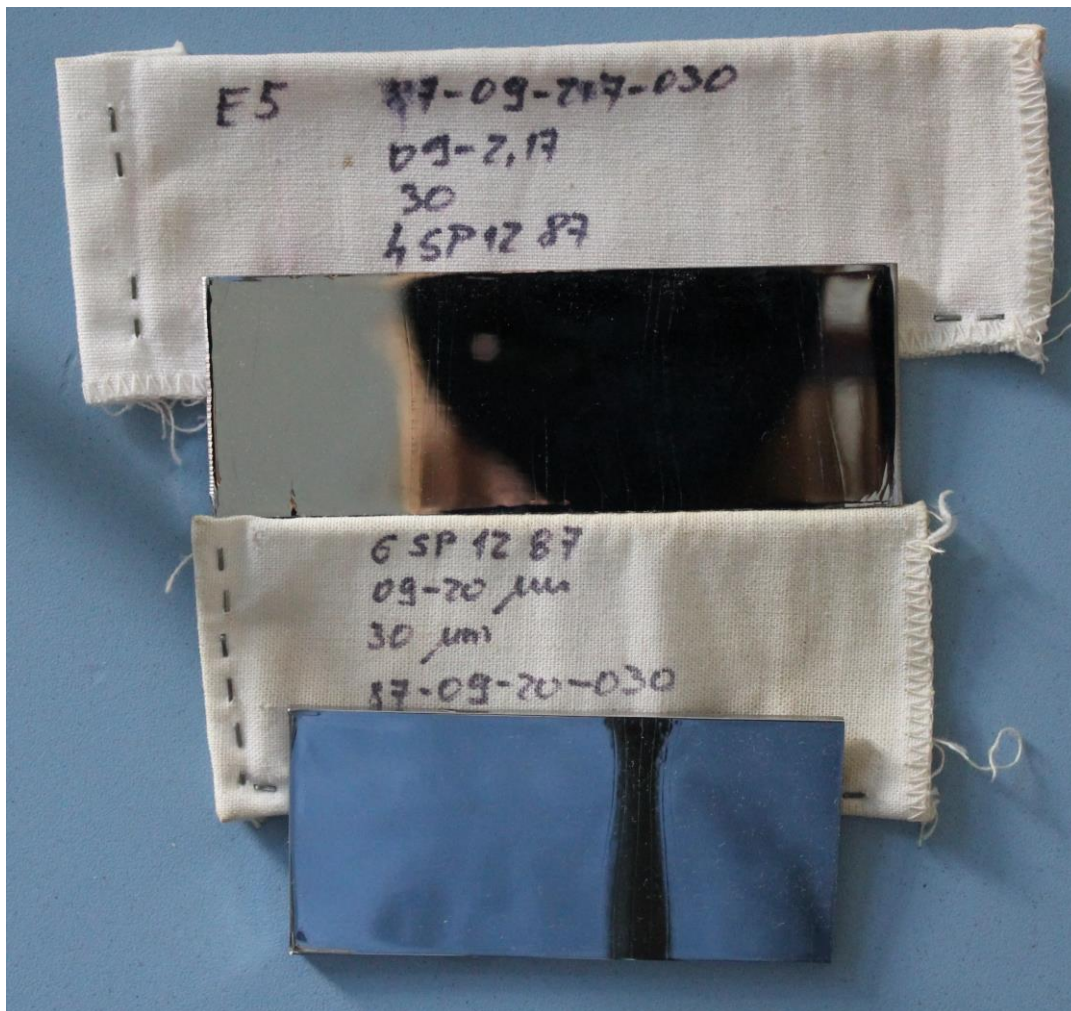
Slika 9. Etalon 1 koji se koristio za ispitivanje PT-a

Pri dokumentiranju pukotina, ali i indikacija, naišlo se na velike probleme refleksije svjetlosti na površini radnih etalona. Izrađen je stalak za fotoaparata kako bi se smanjio utjecaj kuta fotografiranja (slika 10).



Slika 10. Stalac s fotoaparatom

Slika 11 dočarava koliko su etaloni glatke površine, ali i pokazuje njihove serijske brojeve i osnovne značajke. Etalon 1 ima raspon pukotina od 0,9 μm do 2,17 μm dok etalon 2 ima i puno veće pukotine, od 9 do 20 μm . Debljina Ni-Cr prevlake je, kod oba, 30 μm .



Slika 11. Etaloni sa svojim serijskim brojevima i osnovnim značajkama

Za mjerenje osvjjetljenja površine korišten je luksmetar koji je stavljen odmah do etalona kako bi bila osigurano traženo osvjjetljenje u trenutku dokumentiranja indikacija ili izostanak istih (slika 12). S luksmetrom se naišlo na probleme s velikim „skakanjem“ iznosa luxa, a htjela se iskoristiti prirodna svijetlost, tako da iznosi luxa koji su planirani u planu ispitivanja imaju odstupanje ± 100 lx. S obzirom da se nema potvrde o umjeravanju luxmetra te da se ne zna kada je zadnji put umjeravan, nismo ni sigurni koliko točno i precizno mjeri.



Slika 12. Luksmetar

Temperatura površine etalona u ovom ispitivanju nam je ključna. Trebalo je održavati temperaturu površine etalona prema postavljenom planu ispitivanja u zadanim okvirima tijekom cijelog ispitivanja. Provjera temperature se osigurala s kontaktnim termometrom i infracrvenim termometrom. Koristilo se dva termometra jer i za njih se pojavio jednaki problem kao i za luxmetar, nema potvrda o umjeravanju ni saznanja kada su se zadnje umjeravali (slika 13).



Slika 13. Termometri

Penetrantski sustav koji je upotrijebljen, u svakom setu ispitivanja, jest vidljivi (obojeni, crveni) penetrant koji je nanošen kistom, razvijač (bijeli) u sprej dozi i čistač za PT, također, u

sprej dozi. Čistač za PT nije korišten jedino na kraju ispitivanja prvog dana (na kraju 3. seta ispitivanja) nego su etaloni prebrisani samo sa suhom krpicom jer se htjelo postići, s namjerom, da penetrant ostane u pukotinama i po mogućnosti barem djelomično posuši.

Isti čistač za PT koristio se i za odstranjivanje viška penetranta s površine etalona kao i za standardno pripremno čišćenje/odmaščivanje površine etalona.

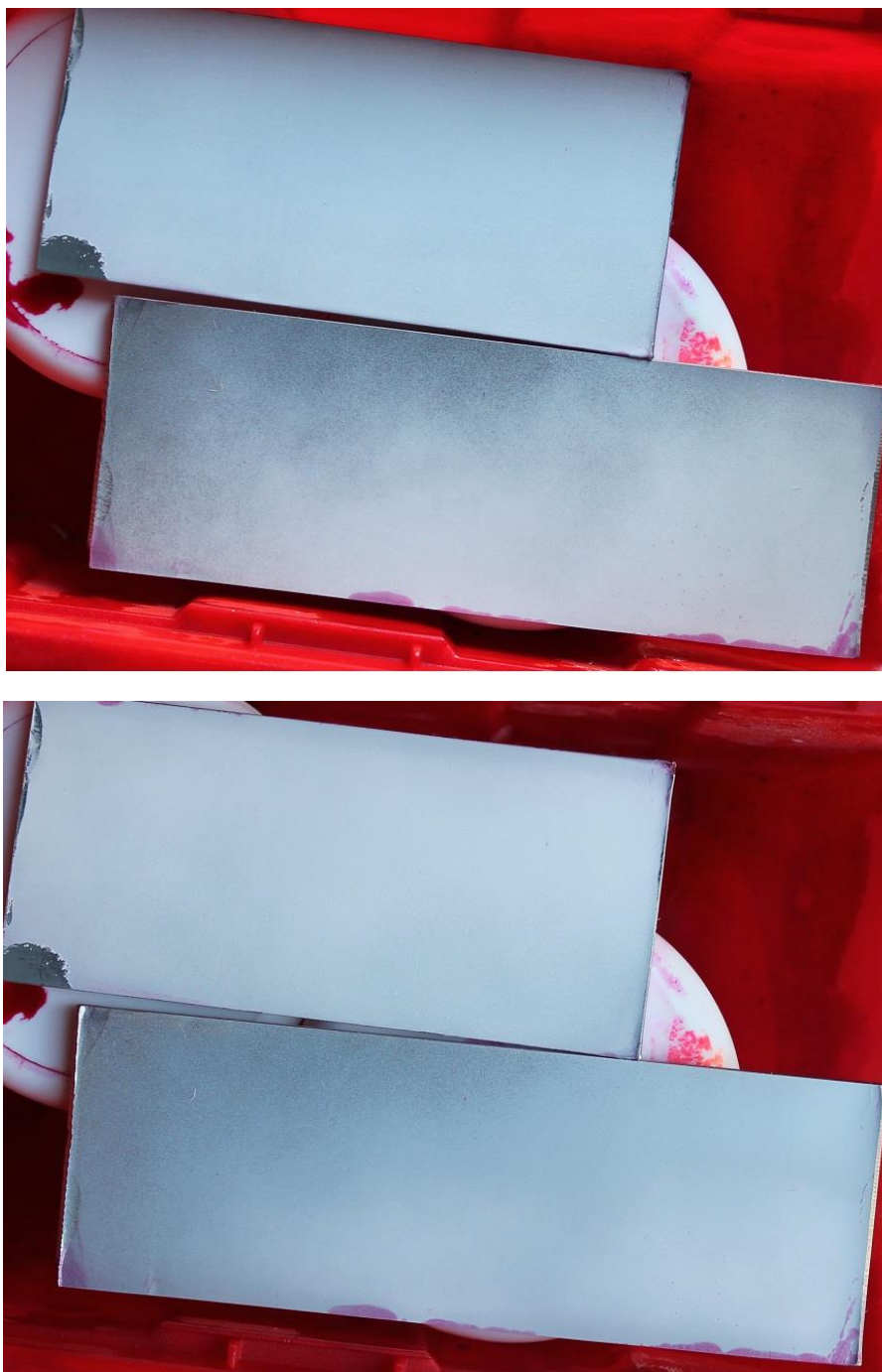
5.2. Rezultati ispitivanja

Ispitalo se u dva dana, dva ciklusa pa će i rezultati tako biti prikazani. Prvo će se prikazati sve dokumentirane indikacije ili dokumentiran manjak indikacija sa popratnim objašnjenjem, komentaram i zaključkom. Nakon toga će se već biti moguće doći do smjernica kako opetovano koristiti radne etalone s obzirom na utjecajne čimbenike, a da im ne narušimo kvalitetu, što je i svrha ovog rada.

U prilogu ovog rada se nalaze popunjeni obrasci sa svim relevantnim podacima ispitivanja, dokumentiranim zapisima uspoređenim s referentnim ispitivanjem te kratak zaključak (ukupno 24 ispitivanja i referentno ispitivanje).

5.2.1. Prvi dan ispitivanja

Prvi set ispitivanja je bio na niskim temperaturama. Norma [3], kao što je već rečeno, ne dozvoljava ispitivanje penetrantima na temperaturama ispod 10°C, ali s obzirom da se u realnim uvjetima mora na terenu ispitivati i na nižim temperaturama od navedene, odabrana temperatura površine etalona za ispitivanje je između 6°C i 8°C. Tu su nastali prvi problemi jer s obzirom da nismo imali na raspolaganju zamrzivač, a temperatura zraka je bila oko 30°C, samo u hladnjaku etaloni se nisu mogli rashladiti na traženu temperaturu. Zato se u hladnjak stavilo puno leda kako bi ga se prisilno rashladilo, etaloni su stavljeni na led, a između plastična folija kako bi se spriječilo da ne uđe voda u pukotine jer bi mogla kasnije za vrijeme penetriranja, zapriječiti ulazak penetranta u pukotinu. Prvi dan ispitivanja smo odredili 5 minutno vrijeme penetriranja (T_{pen}), 10 i 20 minuta vrijeme razvijanja (T_{raz}) te osvijetljenosti površine etalona s 300 i 800 lx (E). Dobivene indikacije su na slici 14, 15, 17, 18, 19 i 20.



Slika 14. „Indikacije“ na površinama etalona
(gornja slika: $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=10$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=7^{\circ}\text{C}$
donja slika : $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=10$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=7^{\circ}\text{C}$)



Slika 15. „Indikacije“ na površinama etalona
(gornja slika: $T_{pen}=5 \text{ min}$, $T_{raz}=20 \text{ min}$, $E=300 \text{ lx}$, $\vartheta=7^{\circ}\text{C}$
donja slika : $T_{pen}=5 \text{ min}$, $T_{raz}=20 \text{ min}$, $E=800 \text{ lx}$, $\vartheta=7^{\circ}\text{C}$)

Na nižoj temperaturi gotovo da se nisu dobile indikacije odnosno na kraćem vremenu razvijanja, uopće se nisu dobile dok kod dvostruko dužeg razvijanja su se dobile indikacije toliko male da se nisu ni mogle dokumentirati što upućuje da bi vjerojatno promakle i ljudskom oku ili bi se označile kao odziv površine, a ne kao pukotina. Očigledno je da se razvijlač teško suši što mu onemogućava da izvuče penetrant na površinu ako je penetrant

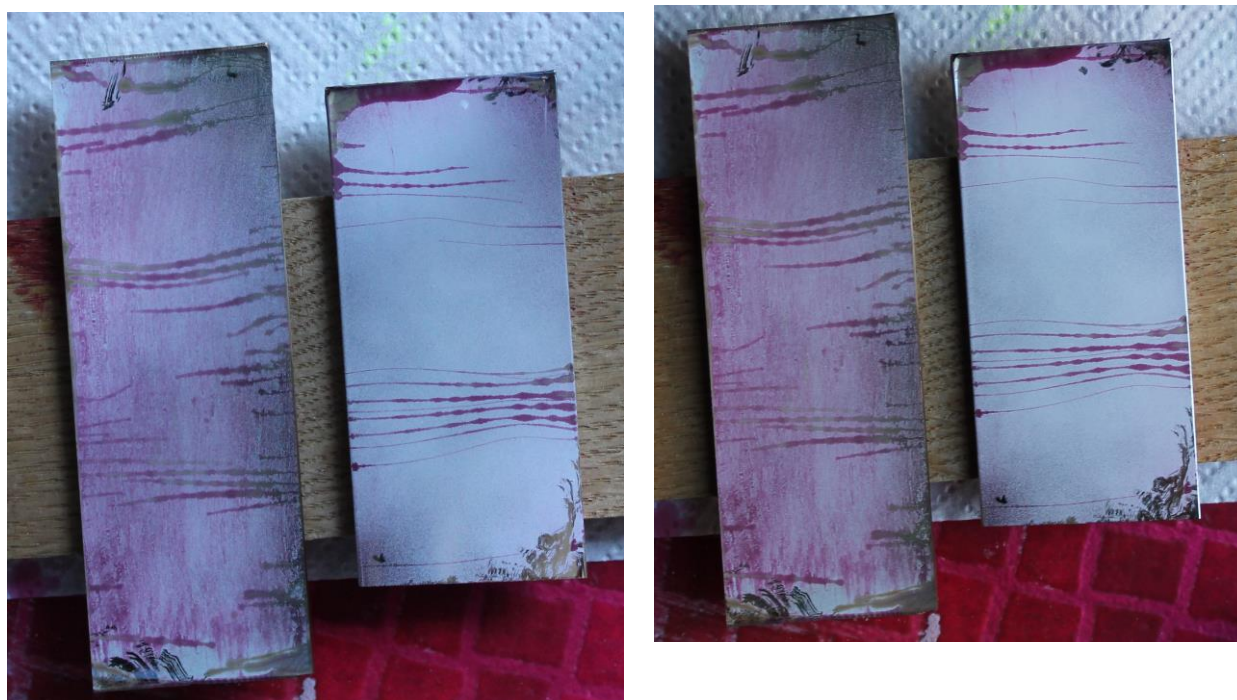
uopće uspio ući u pukotine. Postoji velika vjerojatnost da se kondenzat vode „uvukao“ u pukotine koliko god se ta pojava pokušala spriječiti. Močivost površine je bila vrlo loša, penetrant se jedva razlio po površini etalona što upućuje da je penetrant postao viskozniji što opet utječe na vrijeme penetriranja i razvijanja jer, općenito, što je veći viskozitet penetranta to je potrebno veće minimalno vrijeme penetriranja i razvijanja. Čak nakon duljeg vremena penetriranja razvijач se ne šuši već se povlači pa ni ekstremno dugo vrijeme razvijanja ne bi dovelo do ništa kvalitetnijeg rezultata.

Na drugom setu ispitivanja etaloni su se zagrijavali na temperaturu iznad dozvoljene za ispitivanje (50°C). Radni etaloni su zagrijani na indukcijskoj ploči na temperaturu između 75°C do 85°C . U ovom dijelu ispitivanja je bilo teško održavati temperaturu na zadanoj vrijednosti jer je prvenstveno teško rukovati s vrućim etalonima, a etaloni su se samo sve više zagrijavali. Nanošenjem penetranta, na etalonu 1 on je brzo ishlapio (2 do 3 min.) sa površine etalona, ali na etalonu 2 nije, međutim bilo je vidljivo isparavanje i na drugom etalonu (slika 16).



Slika 16. Ispareni penetrant na etalonu 1

S obzirom da na etalonu 2 nije trenutno ispario penetrant dolazi se do zaključka da na etalonu 1 nije dobro kontrolirana temperatura pa je etalon 1 bio na puno višoj temperaturi nego što se kontinuirano mjerilo.



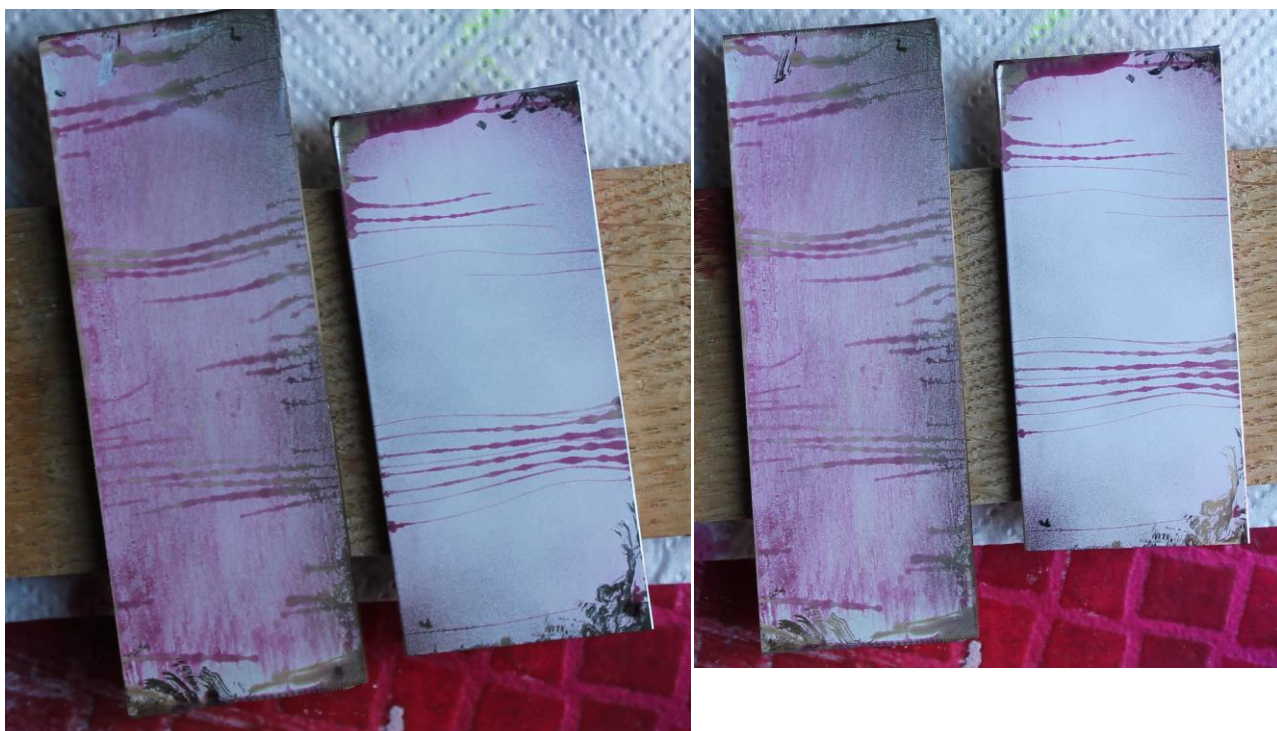
Slika 17. Indikacije na površinama etalona

(lijeva slika: $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=10$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=80^{\circ}\text{C}$

desna slika : $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=10$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=80^{\circ}\text{C}$)

Indikacije su se pojavile, trenutno, kako je nanijet razvijatelj što upućuje da na višim temperaturama treba manje minimalno vrijeme penetriranja (ako ne ishlapi sav penetrant) i manje minimalno vrijeme razvijanja jer je i moćivost površine odlična. Ipak su se i na etalonu 1 pojavile indikacije, ali s puno jačim odzivima površine etalona nego kod etalona 2. Znači, na etalonu 1 nije sav penetrant ishlapio kako se pretpostavilo nego je dio popunio pukotine, međutim na površini se ipak penetrant malo „zapekao“.

Nakon duljeg vremena razvijanja pigment penetranta se sve više gubi, razvijatelj ishlapljuje tako da je zaključak da pri visokim temperaturama treba minimalno vrijeme penetriranja i razvijanja jer kasnije se indikacije povlače kako i razvijatelj i penetrant hlape.



Slika 18. Indikacije na površinama etalona

(lijeva slika: $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=20$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=80^{\circ}\text{C}$

desna slika : $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=20$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=80^{\circ}\text{C}$)

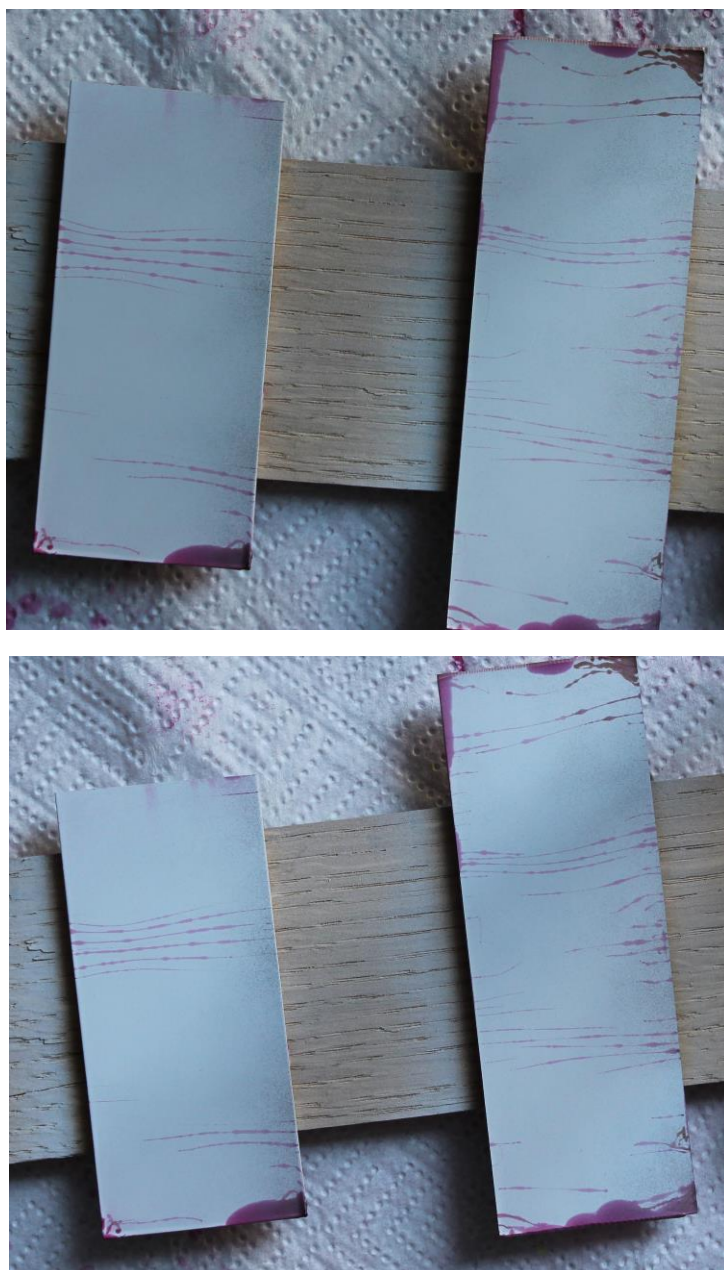
Treći set ispitivanja i zadnje u prvom danu ispitivanja provodilo se na sobnoj temperaturi s jednakim promjenjivim čimbenicima kao i kod prethodna dva seta ispitivanja. Ovaj set ispitivanja se provodio prema svim preporukama poštujući sve uvjete koji su traženi od strane norme [3]. Indikacije su se razvije već nakon minute, a razvijlaš i penetrant odlično reagiraju.

Slika 19 prikazuje ispitivanje na sobnoj temperaturi i na njoj se najbolje vidi razlika u osvjetljenju površine etalona i koliko je bitno osigurati povoljne uvjete promatranja jer na previše osvijetljenoj površini dio indikacija nije vidljivo, oštrina je lošija (donja slika 19) dok kod premale osvijetljenosti nema potrebnog kontrasta pa su ljuskom oku teže uočljive indikacije (gornja slika 19).

Duljim vremenom razvijanja dobije se bolji kontrast jer se razvijlaš u potpunosti posušio, ali lošiju oštrinu jer pigment penetranta slabi sa duljim stajanjem na površini etalona (slika 20).

Nakon ovog ispitivanja etalone smo prebrisali samo sa suhom krpicom i ostavili do idućeg jutra na sobnoj temperaturi koja je bila povišena (oko 30°C) da bi se penetrant djelomično

posušio u pukotinama. S obzirom da nam je penetrant tako brzo ishlapio na visokoj temperaturi, nismo išli na povišenu temperaturu za sušenje penetranta u pukotinama da nam ne ishlapi. U tom trenutku još nismo znali da nismo dobro kontrolirali temperaturu površine etalona (bila je puno veća nego je tražena) pa da je zato ishlapio. To smo zaključili tek kada smo na drugom ciklusu ispitivanja (drugi dan) ponavljali ispitivanja na povišenim temperaturama samo sa duljim vremenom penetriranja.



Slika 19. Indikacije na površinama etalona
(gornja slika: $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=10$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=21^{\circ}\text{C}$
donja slika : $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=10$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=21^{\circ}\text{C}$)



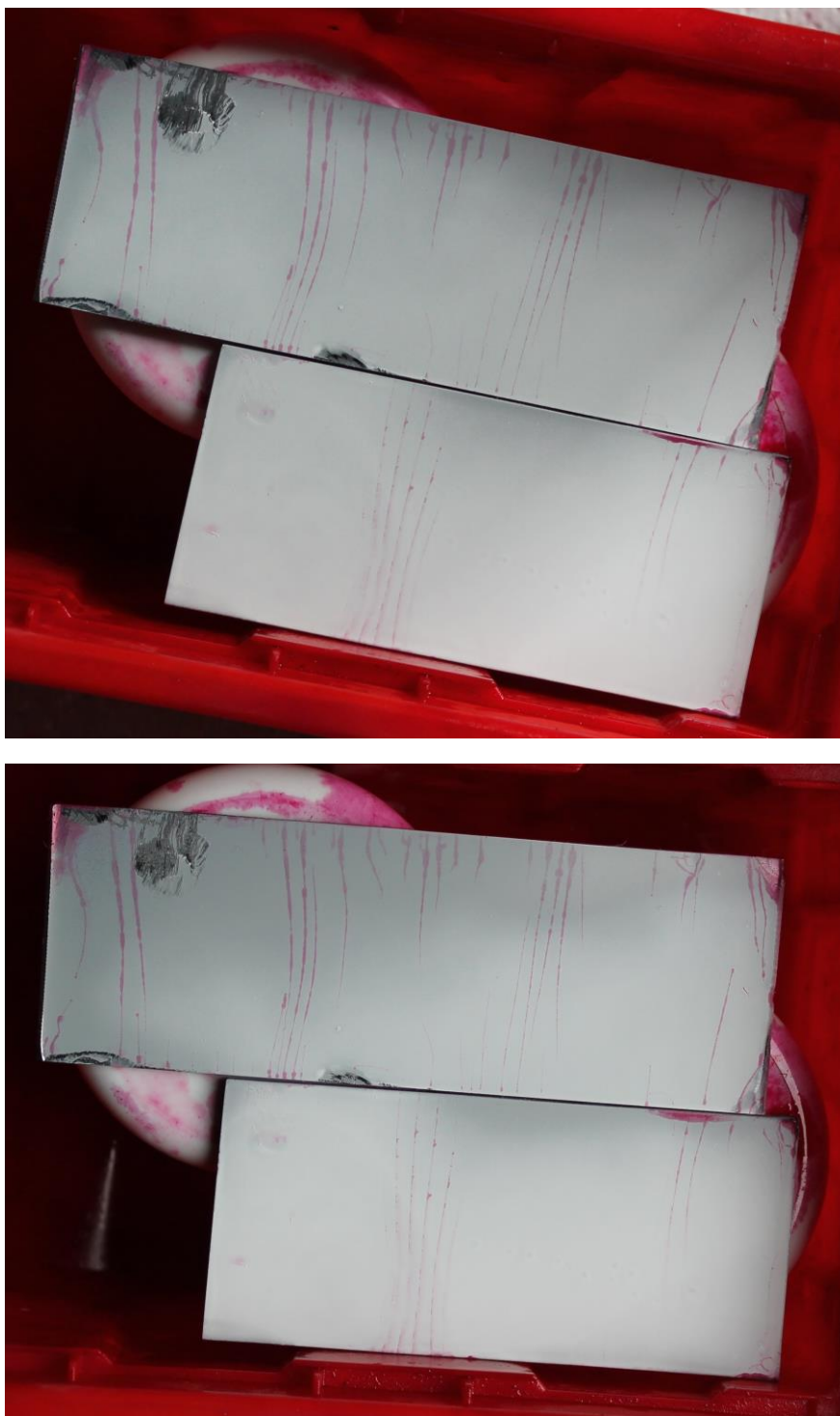
Slika 20. Indikacije na površinama etalona
(gornja slika: $T_{\text{pen}}=5$ min, $T_{\text{raz}}=20$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=21^{\circ}\text{C}$
donja slika : $T_{\text{pen}}=5$ min, $T_{\text{raz}}=20$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=21^{\circ}\text{C}$)

5.2.2. *Drugi dan ispitivanja*

U drugom ciklusu ispitivanja smo povećali vrijeme penetriranja na 15 minuta, a ostale promjenjive čimbenike smo ostavili jednake. Na kraju prvog ciklusa ispitivanja, kako je već objašnjeno, nismo završno čistili penetrant, štoviše, željeli smo da nam se penetrant posuši u pukotinama.

Prvo ispitivanje u drugom ciklusu ispitivanja je na niskim temperaturama, etalone smo ohladili na jednak način kao i dan prije. Slika 21 prikazuje indikacije koje su nastale. Nismo uspjeli u simulaciji posušenog penetranta, međutim s duljim vremenom penetriranja smo uspjeli izvući penetrant iz pukotine za razliku od dana prije kadase nisu pojavile nikakve indikacije ni prilikom kraćeg ni prilikom duljeg vremena razvijanja. Međutim, postoji i mogućnost da zbog pokušaja sušenja penetranta, neposušeni penetrant ostao u pukotini od prethodnog ciklusa ispitivanja, a ne da je novonaneseni penetrant većeg viskoziteta popunio volumen pukotine. Zaključno tome, dulje vrijeme penetriranja, s obzirom na navedenu mogućnost, ne bi imalo značajnog utjecaja. Na dokumentiranom zapisu ovog ispitivanja, također, se vidi velik utjecaj osvjetljenja površine etalona.

Na ovako niskim temperaturama razvijlač se teško prima na podlogu pa dulje vrijeme razvijanja nam pogoduje. Međutim, na niskim temperaturama penetrant ne propagira prema površini, a razvijlač se teško suši pa nema što izvući na površinu. Sukladno tome, nema značajne razlike između duljeg i kraćeg vremena razvijanja, ali je značajna razlika između prethodnog ispitivanja na niskim temperaturama i ovog sada u drugom ciklusu ispitivanja.



Slika 21. Indikacije na površinama etalona
(gornja slika: $T_{\text{pen}}=15$ min, $T_{\text{raz}}=10$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=7^{\circ}\text{C}$
donja slika : $T_{\text{pen}}=15$ min, $T_{\text{raz}}=10$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=7^{\circ}\text{C}$)



Slika 22. Indikacije na površinama etalona
(gornja slika: $T_{\text{pen}}=15$ min, $T_{\text{raz}}=20$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=7^{\circ}\text{C}$
donja slika : $T_{\text{pen}}=15$ min, $T_{\text{raz}}=20$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=7^{\circ}\text{C}$)

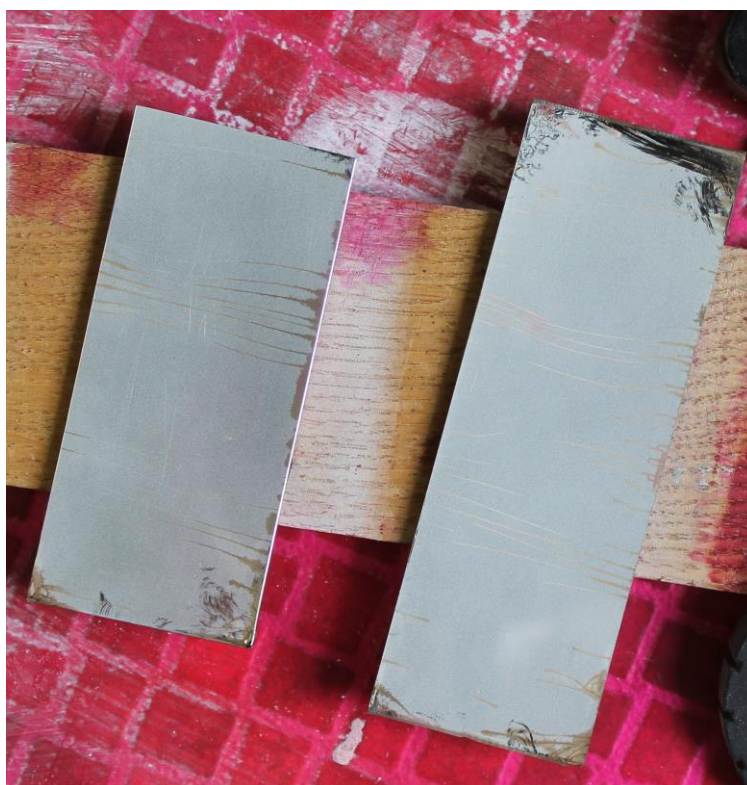
Etalone smo nakon ovog ispitivanja ohladili na sobnu temperaturu te počeli zagrijavati za slijedeće ispitivanje. Zagrijali smo ih na 75°C do 85°C na jednak način kao i prethodni dan, međutim s većim oprezom pošto nam je dan ranije cijeli penetrant ishlapio. Temperaturu površine etalona češće smo mjerili i to s oba termometra da možemo biti sigurniji. Ovaj put penetrant nije u potpunosti ishlapio, ali je i temperatura zraka bila značajno niža (oko 17°C s obzirom na 30°C dan ranije). Pretpostavljamo da, uz našu neopreznu kontrolu temperature površine etalona i temperatura zraka pridonijela da je temperatura površine etalona tako naglo narasla da nam je ishlapio tako brzo penetrant, jer je lakše kontrolirati temperaturu kada je vani hladnije u ovakvim uvjetima na koji smo mi dali raditi.

Indikacije su se pojavile trenutno kada smo nanijeli razvijlač kao i prethodni put, jasno vidljive, pa smo to i očekivali (slika 23).

Nakon duljeg razvijanja (20 minuta) penetrant gubi pigment, indikacije su još vidljive, ali kontrast, oštrina su minimalne (slika 24). To se događa jer penetrant ishlapljuje iz pukotina, polagano pa što dulje razvijamo to sve manje penetranta ima za izvući na površinu.



Slika 23. Indikacije na površinama etalona
(gornja slika: $T_{\text{pen}}=15$ min, $T_{\text{raz}}=10$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=80^{\circ}\text{C}$
donja slika : $T_{\text{pen}}=15$ min, $T_{\text{raz}}=10$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=80^{\circ}\text{C}$)



Slika 24. Indikacije na površinama etalona
(gornja slika: $T_{pen}=15$ min, $T_{raz}=20$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=80^{\circ}C$
donja slika : $T_{pen}=15$ min, $T_{raz}=20$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=80^{\circ}C$)

Zadnje ispitivanje uključuje drugačije pripremno čišćenje, čišćenje u ultrazvučnoj kupci 30 minuta u demineraliziranoj vodi, oprani demineraliziranom vodom i stavljeni u pećnicu na oko 70 °C na 30 minuta (slika 25).

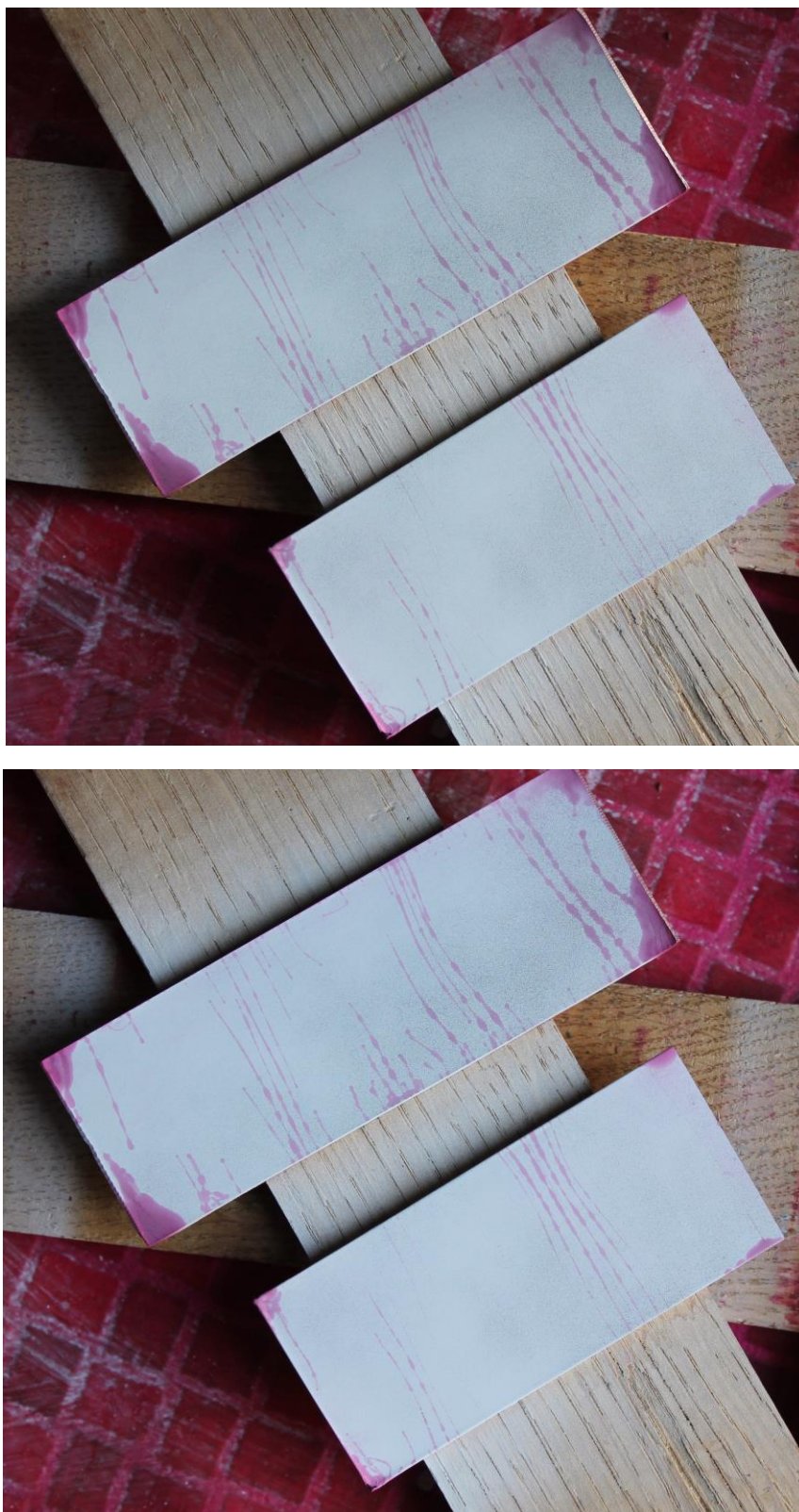


Slika 25. Ultrazvučna kupka

Vrijeme penetriranja smo opet skratili na 5 minuta, a vrijeme razvijanja smo ostavili u jednakim vremenskim trajanjima. Prema rezultatima koje smo dobili ultrazvučna kupka nije ništa posebno bolje očistila etalone od običnog čistaća PT-a. (slika 26 i 27). Čak ni dulje vrijeme razvijanja nema utjecaja, indikacije su jasno vidljive, kontrastne kao i kod prošlog ispitivanja na sobnoj temperaturi.



Slika 26. Indikacije na površinama etalona
(gornja slika: $T_{\text{pen}}=5$ min, $T_{\text{raz}}=10$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=20^{\circ}\text{C}$
donja slika : $T_{\text{pen}}=5$ min, $T_{\text{raz}}=10$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=20^{\circ}\text{C}$)



Slika 27. Indikacije na površinama etalona
(gornja slika: $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=20$ min, $E=300$ lx, $\vartheta=20^{\circ}\text{C}$
donja slika : $T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=20$ min, $E=800$ lx, $\vartheta=20^{\circ}\text{C}$)

5.2.2.1. Referentno ispitivanje

Referentno ispitivanje provodimo jer ne posjedujemo referentnu fotografiju koja uobičajeno dolazi sa kupljenim parom etalona. Referentna fotografija se, u biti, može napraviti samo na potpuno novom etalonu, ali s obzirom da ga mi nemamo, zadnje ispitivanje ćemo proglasiti referentnim kako bi lakše uspoređivali sva ostala ispitivanja penetrantima. Rezultat koji smo dobili je prikazan na slici 28.



Slika 28. Referentno ispitivanje

Za referentno ispitivanje smo odabrali 5 minuta vrijeme penetriranja, 20 minuta vrijeme razvijanja, a za odstranjivanje viška penetranta smo koristili uobičajeni čistač PT-a. Osvjetljenost površine bila je 500 lx, a pripremno čišćenje standardno čišćenje, odmašćivanje.

6. ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA ISPITIVANJA

6.1. Temperatura površine etalona

Temperatura površine etalona se pokazala kao jedan od najutjecajnijih čimbenika kroz ovo ispitivanje. Namjera je bila vidjeti kako se penetrantski sustav ponaša na nešto nižim temperatura nego što je dozvoljeno relevantnim normama jer potreba za ispitivanje površinskih pukotina, diskontinuiteta ne pita za vremenske uvjete pa postoje i situacije u kojima ne možemo zagrijati ispitnu površinu prije ispitivanja, što je uvijek poželjno ako je moguće. Jednako tako i za više temperature, nije se išlo u ekstreme nego nešto malo više od dozvoljene granice jer je u eksploatacijskim uvjetima moguće da se površina etalona zagrije na nešto više temperature tijekom ispitivanja (npr. direktna izloženost površine etalona sunčevoj energiji tijekom ispitivanja) ili prije ispitivanja ako se npr. etaloni neodgovarajuće skladište ili transportiraju na način da ih se izlaže visokim temperaturama.



Slika 29. Usporedba indikacija na etalonima na niskoj temperaturi površine i na sobnoj temperaturi površine etalona sa različitim vremenom penetriranja

Na prethodnoj slici (slici 29) očigledna je razlika u manjku indikacija između fotografije etalona koji imaju temperaturu površine od 6 do 8°C (desno) i etalona na sobnoj temperaturi (dolje). Na oba prikazana ispitivanja je vrijeme penetriranja i vrijeme razvijanja jednako ($T_{pen}=5$ min, $T_{raz}=10$ min). Međutim, kada se vrijeme penetriranja utrostručilo ($T_{pen}=15$ min), indikacije su se pojavile, doduše ne toliko jasno vidljive kao kod sobne temperature, ali je to bio veliki korak naspram dana ranije kada uopće nije bilo indikacija sa kraćim vremenom penetriranja. Bez obzira što smo dobili indikacije drugi dan ispitivanja na niskoj temperaturi, ne možemo zaključiti da je to sigurno samo od dužeg vremena penetriranja jer smo na kraju prethodnog ispitivanja imali namjeru posušiti penetrant u pukotinama tako da ga ostavimo u volumenu pukotine preko noći. Međutim, u toj namjeri nismo uspjeli pa je puno veća vjerojatnost da se taj zaostali penetrant od prethodnog ispitivanja se izvukao na površinu.

U svakom slučaju, niske temperature smanjuju moćivost površine, stvara se kondenzat koji ulazi u pukotine pa penetrant u većini slučajeva nema kamo te razvijatelj se sporo suši, štoviše neki dijelovi površine se uopće nisi sušili, a ako se razvijatelj ne posuši, nema razvijanja. Preporuka, na temelju tumačenja rezultata provedenog ispitivanja, je da se svakako izbjegnu niske temperature površine etalona pa makar ga zagrijali malo sa trenjem prilikom pripremnog čišćenja ili temperaturom samog penetranta, a vrijeme penetriranja i vrijeme razvijanja treba povećati bar dvostruko nego što bi odredili za normalne uvjete rada.

Na višim temperaturama površine etalona također nastaju veliki problemi jer penetrant brzo hlapi, ali ako smo toga svjesni znamo da moramo odrediti kratko vrijeme penetriranja i kratko vrijeme razvijanja. Za brze rezultate je vrlo pogodna povišena temperatura površine etalona, ali tu se mora strogo kontrolirati temperatura tijekom cijelog ispitivanja jer ako se prođe granica od oko 90 do 100°C, samo u kratkom trenutku, penetrant odmah ishlapi sa površine etalona, ali i iz većine pukotina što je vidljivo na slici 30 (desno).

Vrijeme penetriranja i vrijeme razvijanja moraju biti što kraći, svega par minuta za svako, jer u protivnom će penetrant ishlapati, a razvijatelj neće imati što razviti. Na slici su prikazane slike indikacija nakon 5 minuta penetriranja i 10 minuta razvijanja (desno), jednakim vremenom razvijanja i 15 minutnim vremenom penetriranja (lijevo) te referentno ispitivanje pri 5 minutnom penetriranju i 20 minutnom razvijanju (dolje).



Slika 30. Usporedba indikacija na etalonima na visokoj temperaturi površine i na sobnoj temperaturi površine etalona sa različitim vremenom penetriranja

6.2. Vrijeme penetriranja i vrijeme razvijanja

Vrijeme penetriranja utječe na oštrinu indikacija, ali na sobnoj temperaturi površine etalona zanemarivo, ako se držimo minimalnih i maksimalnih zahtjeva. Međutim, kada imamo nisku ili visoku temperaturu površine etalona, tada vrijeme razvijanja dolazi do izražaja. Kada je u pitanju niža temperatura površine etalona od 10°C, tada bi trebalo vrijeme penetriranja i vrijeme razvijanja biti dvostruko dulje nego na temperaturi površine u dopuštenom intervalu prema normi [3]. Kada pričamo o povišenim temperaturama, nikako ne bi smjeli preći temperaturu od oko 90°C jer tada ni vrijeme penetriranja ni vrijeme razvijanja nema ulogu, penetrant trenutno ishlapi, eventualno nešto penetranta ostane u pukotinama većeg volumena, međutim smatram da je to prerizično i da je prevelika vjerojatnost da iz većine pukotina će penetrant ishlapati. Ali u temperaturnom intervalu do rečene temperature, još možemo si dozvoliti ispitivanje jer se indikacije pojavljuju unutar minute, ali mora se brzo reagirati jer sa vremenom na takvim temperaturama, penetrant gubi pigment i indikacije će postati nekontrasne i izgubit će svoju oštrinu.

Kada je površina etalona na nižim temperaturama močivost je vrlo loša (viskozitet penetranta se povećava) pa nam treba dulje vrijeme i penetriranja i razvijanja dok na višim temperaturama, površinska napetost je takva da se površina odlično moći, ali zato i penetrant vidljivo hladi pa je potrebno brzo reagirati i vrijeme penetriranja i vrijeme razvijanja svesti na minimum. U svakom slučaju, treba biti vrlo oprezan sa vremenima razvijanja i penetriranja izvan dopuštenog intervala ispitivanja, bez obzira što penetrant ima dosta veliki sigurnosni faktor po tom pitanju.

Kada smo u temperaturnom intervalu od 10°C do 50°C, tada nema velikih opasnosti od predugog razvijanja ili penetriranja jer je vrlo teško posušiti penetrant u pukotini, samo se treba pridržavati uputstva proizvođača.

6.3. Metoda pripremnog čišćenja

U ovom ispitivanju se koristilo standardno pripremno čišćenje i odmašćivanje površine etalona sa čistačem za PT. To je neutralni čistač koji se radi od zapaljive tekućine pa ga se ne smije nanositi direktno na etalon kada radimo na povišenim temperaturama, ali nanijeti na krpicu pa prebrisati površinu etalona je moguće bez opasnosti. Ovakvo pripremno čišćenje je vrlo učinkovito, a jeftino rješenje, što se i pokazalo ovim radom.

Ultrazvučna kupka u demineraliziranoj vodi koju smo koristili, s naknadnim sušenjem etalona na 70°C u pećnici nije pokazala nikakve bolje rezultate od standardnog pripremnog čišćenja. Međutim, da smo uspjeli posušiti penetrant u pukotini vjerojatno bi bila učinkovitija nego sam čistač za PT. Longitudinalni valovi u demineraliziranoj vodi izazivaju djelomično nastajanje i nestajanje mjehuriće pare zbog učestalosti promjene tlaka. Kada nastanu mjehurići, oni udaraju u površinu etalona i ubrzavaju otapanje masnoća i uklanjanje mehaničkih oštećenja ili čak posušenog penetranta. Ultrazvučna kupka i pospješuje izlaženje nečistoća iz šupljina pukotina kao što su korozijski produkti, metalna začepjenja, abrazivne čestice i itd. Sukladno tome, kada se koristi ultrazvučno čišćenje površine etalona, treba nakon kupke pristupiti i standardnom čišćenju površine etalona kako bi odstranili produkte koje je ultrazvuk eventualno izvukao na površinu iz pukotina.

6.4. Opetovana upotreba radnih etalona

U smislu opetovane upotrebe, preporuča se da se etaloni svakako promjene svakih pet godina bez obzira na njihovu kvalitetu, međutim, ova ispitivanja su napravljena i sa starijim etalonima i nije ih još potrebno zamijeniti, u zadovoljavajućoj su kvaliteti. Tako da, ako su etaloni u zadovoljavajućoj kvaliteti, nikako ne bih predložila da se moraju zamijeniti, već da ih se možda češće provjerava, ne jednom godišnje, nego dva puta. Napravi se ispitivanje na njima s poznatim penetrantskim sustavom i dokumentira pa uspoređuje sa referentnom fotografijom.

Opetovana upotreba s obzirom na utjecajne čimbenike koji su se ispitivali u ovom radu, zaključila bih da se, svakako, izbjegavaju ekstremne situacije s temperaturom površine etalona, pridržavati se relevantnih normi, uputstva proizvođača te da neće biti problema s opetovanom upotrebom. Svakako, radne etalone treba imati svaki NDT ispitivač i smatram da je to dugoročno isplativa investicija jer radne etalone nije jednostavno i lako uništiti već stvarno se mogu dugoročno i opetovano koristiti, a da su i dalje zadovoljavajuće kvalitete.

7. ZAKLJUČAK

Sustav provjere penetrantskog sustava se procjenjuje provedbom usporedbenog ispitivanja penetrantskog materijala u upotrebi i potpunog novog i nekorištenog penetrantskog materijala pod jednakim uvjetima i parametrima PT ispitivanja. Za navedenu provjeru koriste se radni etaloni različitih tipova. Iz tog razloga, opetovana upotreba radnih etalona je vrlo bitna jer je važno da radni etalon daje vjerodostojne rezultate kako nas ne bi neispravnost etalona navela na pogrešne zaključke. U ispitivanju se uspoređuje uzorak indikacija, njegova boja i razina odziva površine. Dobra je ideja, kako je u radu i napravljeno, da se fotografira svako ispitivanje na radnom etalonu kako bi se moglo trajno dokumentirati i arhivirati te pratiti kvaliteta etalona kroz duži period godina uspoređujući napravljene fotografije s referentnom fotografijom. Kako bi bili sigurni da etalon daje vjerodostojne rezultate, obavezno se mora očistiti odmah nakon upotrebe, ali i prije upotrebe bez obzira na temeljitost čišćenja poslije prethodnog ispitivanja.

Na skladištenje radnih etalona također treba obratiti pozornost da se tijekom neupotrebe ne ošteti površina etalona ili da se ne pohranjuje na mjestima velikih promjena temperature.

Ispitivanje penetrantima ima mnogo utjecajnih čimbenika na koje treba obratiti pozornost, a u radu su razmatrani čimbenici za koje se smatralo da u eksploatacijskim uvjetima najčešće dovode do problema u samim ispitivanjima. Kako se provjera PT-a izvodi na lici mjesta, neposredno prije samog ispitivanja uzoraka, važno je da kada se provjerava PT sustav radnim etalonima da se osiguraju jednaki uvjeti ispitivanja na radnim etalonima i ispitivanja na uzorcima.

Radom se došlo do smjernica kako koristiti radne etalone s obzirom na promatrane utjecajne čimbenike te kada i kako provjeravati i samu kvalitetu i vjerodostojnost radnih etalona.

U svakom slučaju, uvijek se treba slijediti preporuke proizvođača i propisanih normi za određeno ispitivanje penetrantskog sustava, ali i samog ispitivanja penetrantima.

LITERATURA

- [1] EN ISO 3452-2:2000 Non-destructive testing: Penetrant testig – Part 2: Testing of penetrant materials
- [2] ISO 3452-6:2008 Non-destructive testing: Penetrant testing at temperatures lower than 10⁰C
- [3] EN 571-1:1977 Non-destructive testing: Penetrant testig, General principles
- [4] ISO 3452-6:2008 Non-destructive testing: Penetrant testing at temperatures higher than 50⁰C
- [5] EN ISO 3542-3:1998 Non-destructive testing: Penetrant testig - Part 3: Reference test blocks
- [6] J. A. Wein, T.C. Kessler: „Development of Process Control Procedure for Ultrahigh-Sensitivity Fluorescent Penetrant Inspection Systems“, *Materials Evaluation*, Vol. 48, br. 8, kolovoz 1991., str. 991-994
- [7] R.J. Lord: „Assessment of Penetrant and Eddy Current Methods for the Detection of Small Cracks“, *Materials Evaluation*, Vol. 51, br. 10, listopad 1993., str. 1090-1094
- [8] Stadthaus, M. I dr.: „Theoretical Principles of Liquid Penetrant Testing“, DVS, 1999.
- [9] B. Gram: „Mechanisms Contributing to Fluorescence and Visibility of Penetrants“, *Proceedings of the Fifth International Conference on Nondestructive Testing*, svibanj 1967., str. 225-233
- [10] E.O. Lomerson: „Statistical Method for Evaluating Penetrant Sensitivity and Reproducibility“, *Materials Evaluation*, ožujak 1969., str. 67-70
- [11] <https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/PenetrantTest/QualityProcess/DryingQC.htm>
- [12] F.A. Muller, F.F. Fantozzi: “Advance in Improving the Heat-Fade Resistance of Fluorescent Penetrants”, *Materials Evaluation*, srpanj 1987., str. 848-850
- [13] A.G. Sherwin, W.O. Holden: “Heat Assisted Fluorescent Penetrant Inspection”, *Materials Evaluation*, listopad 1979., str. 52-56, 61
- [14] J.S. Burucki: “Analysis of Methods of Measuring the Performance and Crack Detection Capability of Liquid Penetrant Inspection Systems”, *Proceeding of the Eighth World Conference on Nondestructive Testing*, Cannes, Francuska, 1976.

- [15] S. Kuzmanović: “Metode ispitivanja bez razaranja”, osnovni kurs nivoa 3 (Basic) – Sektor WS, Institut za materijale i kvalitet, Sarajevo, siječanj, 2010.
- [16] P.P. Prokhorenko, N.P. Migoun, N. Adler: “Sensitivity of Penetrant Inspection in Absorption of the Penetrant by Sorption Developer From Plane Parallel Cracks”, Defektoskopiya-The Soviet Journal of Nondestructive Testing, Vol.21, br. 7, 1985., str. 68-79
- [17] R. McMaster, ostali: Nondestructive Testing Handbook, Vol. 2, Liquid Penetrant Tests”, American Society for Nondestructive Testing, 1982., str. 283-319
- [18] <http://www.tiede.de/eindringpruefung11> , 08.07.2014.
- [19] <http://www.bycotest.se/index.php?page=reference-test-blocks-for-pt>, 02.07.2014.
- [20] R.E. Klein: “An Evaluation of the Effectiveness of Penetrants”, Nondestructive Testing, rujan-listopad 1958. Str. 421-429
- [21] <http://www.ressuage-magnetoscopie-penetranttesting-magnetictesting-dpc.info/site/en/dpc-news/2009/105-dpcnews-010-nettoyage-en-ressuage> , 02.07.2014.
- [22] M.Stadthaus, G.-R. Jaenisch: “New Potencial of Penetrant Testig”, Federal Institut for Materials Rescarch and Testig, Berlin, 2006.
- [23] R.E. Klein: “An Evolution of the Efectiveness of Penetrants”, Nondestructive Testing, 1958.
- [24] E. De Graaf, P. De Rijk: “Comparison Between Reliability, Sensitivity and Accuracy of Nondestructive Inspection Methods”, 13th Symposium on nondestructive evaluation Proceedings, San Antonio, TX, objavljeno od NTIAC, Southwest Research Institute, San Antonio, TX, travanj 1981., str. 311-322

PRILOZI

- I. Izvještaj sa svakog pojedinog ispitivanja

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|---------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 6°C - 8°C | Mjerni uređaj: | kontakni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija



Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije nisu uopće vidljive.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|---------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 6°C - 8°C | Mjerni uređaj: | kontakni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija



Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije se uopće nisu vidljive.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|------------------------|---------------------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 | | |

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaa: | Bijeli razvijaa u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|---------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaa: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 6°C - 8°C | Mjerni uređaj: | kontakni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija



Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije uopće nisu vidljive, a razvijaa se "povlači".

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|------------------------|---------------------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 | | |

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|---------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 6°C - 8°C | Mjerni uređaj: | kontakni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija



Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije uopće nisu vidljive, a razvijaač se "povlači".

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 75°C - 85°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije vidljive, ali većina penetranta je isparila.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 75°C - 85°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije vidljive, ali većina penetranta je isparila.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 75°C - 85°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Penetran gubi pigment, indikacije sve slabije vidljive.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaa: | Bijeli razvijaa u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaa: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 75°C - 85°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Penetran gubi pigment, indikacije sve slabije vidljive.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 21°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije zadovoljavajuće, ali osvjetljenje je preslabo.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 21°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije zadovoljavajuće, ali previše sjena u pogledu osvjetljenja.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

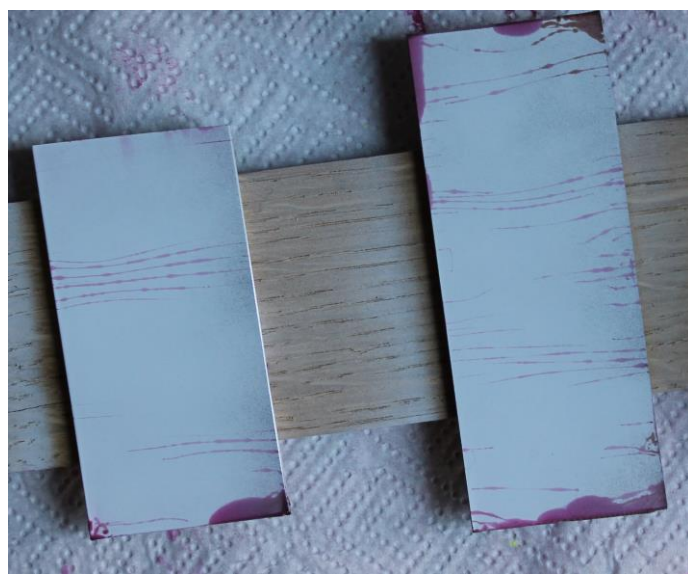
| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 21°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije zadovoljavajuće, premalo osvjetljenje.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaa: | Bijeli razvijaa u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaa: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 21°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije zadovoljavajuće.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 15 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 6°C - 8°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije slabo vidljive, ali i slabo osvijetljenje.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 15 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 6°C - 8°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije slabo vidljive bez obzira na zadovoljavajuće osvjetljenje.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 15 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 6°C - 8°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije slabo vidljive.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaa: | Bijeli razvijaa u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 15 min |
| Aplikacija razvijaa: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 6°C - 8°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije slabo vidljive, previše sjena kod dokumentiranja fotografijom.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 15 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 75°C - 85°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije trenutne nakon nanošenja razvijaača, osvjetljenje vrlo loše.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaa: | Bijeli razvijaa u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 15 min |
| Aplikacija razvijaa: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 75°C - 85°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije trenutne nakon nanošenja razvijaa.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaa: | Bijeli razvijaa u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 15 min |
| Aplikacija razvijaa: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 75°C - 85°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije slabo vidljive, penetrant isparava ili gubi pigment.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaa: | Bijeli razvijaa u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 15 min |
| Aplikacija razvijaa: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 75°C - 85°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije slabo vidljive, penetrant isparava ili gubi pigment.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | ultrazvučna kupka | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 20°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije zadovoljavajuće, slabo osvijetljenje.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaa: | Bijeli razvijaa u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaa: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 10 min |
| Temperatura površine uzorka: | 20°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija



Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije zadovoljavajuće.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaača: | Bijeli razvijaač u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaača: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 20°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 300 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije zadovoljavajuće.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|

IZVJEŠTAJ PROVEDBE ISPITIVANJA SUSTAVA PENETRANATA

| | | | |
|-------------|----------------|-----------------|------------------------------|
| Naručilac: | Damir Markučić | Naziv projekta: | Ispitivanja za diplomski rad |
| Izvršitelj: | Sandra Jantol | Ispitni uzorak: | Etalon |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Referenca ispitivanja: | Obitelj normi EN ISO 3452 |
|------------------------|---------------------------|

Penetranski sustav

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Vrsta penetranta: | Vidljivi (obojeni) penetrant | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| Vrsta razvijaa: | Bijeli razvijaa u sprej dozi | Proizvođač..god. proiz.: | 2003. |
| PT odstranjivač: | Neutralni čistač | Proizvođač..god. proiz.: | |
| Tip etalona: | Etalon tipa 1 | Proizvođač.: | FSB |

Uvjeti ispitivanja

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| Pripremno čišćenje: | standardno čišćenje/odmašćivanje | | |
| Aplikacija penetranta: | kistom | Vrijeme penetriranja: | 5 min |
| Aplikacija razvijaa: | sprej doza | Vrijeme razvijanja: | 20 min |
| Temperatura površine uzorka: | 20°C | Mjerni uređaj: | kontaktni termometar |
| Osvjetljenost uzorka: | 800 lx | Mjerni uređaj: | lux metar |
| Kratki opis uvjeta površine uzorka: | Površina etalona ima malih vidljivih oštećenja, vjerojatno od čišćenja, ali generalno gledano, površina izgleda zadovoljavajuće kvalitete. | | |

Dokumentiran zapis nakon ispitivanja i referentna fotografija


Referentna fotografija

Fotografija dobivena ispitivanjem

Zaključak ispitivanja:

Indikacije zadovoljavajuće.

| | | | | | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|
| Datum: | 08.07.2014. | Ispitivač: | Tomislav Kezele, Sandra Jantol | Potpis: | |
|--------|-------------|------------|--------------------------------|---------|--|