

Jani Pastinen insinööriytyö: Konversiopinnoitteiden toiminta esikäsittelyinä

Korroosionestomaalauksen yhtenä tärkeimpänä osana pidetään esikäsittelyä. Yleisin käytetty esikäsittely maalattavalle kappaleelle on suihkupuhdistus. Maalattavan kappaleen muoto tai jonkin muu tekijä voi kuitenkin estää suihkupuhdistuksen käytön esikäsittelyinä. Näissä tapauksissa kappale voidaan esikäsitellä kemiallisesti eli konversiopinnoittamalla.

Rauta- ja sinkkifosfatoiteja on käytetty jo vuosien ajan teräspinnoille kemiallisina esikäsittelyinä. Niiden käytössä on kuitenkin haasteensa – kylvyt vaativat usein korkeita lämpötiloja toimiakseen ja kylvyistä syntyvät lietteet ovat ongelmajätettä. Näiden haasteiden takia on kehitetty uudenlaisia silaani- ja zirkoniuimpohjaisia käsittelyjä, joilla tulevaisuudessa pyritään korvaamaan fosfatoiteja.

Zirkoniuimpinnoitteilla voidaan korvata passivoiteja ja fosfatoiteja. Zirkoniuimpinnoitteet levitetään joko ruiskuttamalla tai kastamalla. Zirkoniuimpinnoitteet luovat amorfisen oksidikerroksen käsiteltävän kappaleen pintaan kun se on reagoinut käsiteltävän metallipinnan kanssa. Syntyvä oksidikerros on paksuudeltaan noin 50–100 nm. Zirkoniuimpinnoitteiden etuja fosfatoiteihin nähden ovat pienemmät kustannukset, prosessiajat ja lämpötilantarve. Lietteiden muodostus on vähäistä verrattuna fosfatoiteihin. Zirkoniuimpinnoitteet vaatii kuitenkin erittäin puhtaan pinnan toimiakseen, sen lisäksi ennen pinnoittamista tehtävät huuhtelut vaativat ioinivaihdettua vettä. Kuvassa 1 zirkoniuimpinnoitettuja koelevyjä.

Silaanipinnoitteilla voidaan korvata kromatoiteja, passivoiteja ja fosfatoiteja. Silaanipinnoitteilla voidaan tiivistää sinkkifosfatoiteja, zirkonium- ja oksidipinnoitteita. Silaanipinnoitteet levitetään huoneenlämpöisenä ruiskuttamalla tai kastamalla. Silaaninyhdisteet luovat vettä hylkivän kalvon käsiteltävän metallin pintaan. Pinnan paksuus on noin 50–100 nm. Silaanipinnoitteiden etuja fosfatoiteihin nähden ovat pienemmät kustannukset, prosessiajat ja lämpötilantarve. Silaanipinnoitteet tosin vaativat erittäin puhtaan pinnan toimiakseen sekä ionivaihdettua vettä huuhteluun. Kuvassa 2 silaanipinnoitettuja koelevyjä.

Zirkonium-silaanipinnoitteet ovat kahden reaktiopinnoitteen yhdistelmä. Käsiteltävälle kappaleelle luodaan amorfinen oksidikerros pinnoittamalla se ensin zirkoniuimpinnoitteella. Tämän jälkeen pinta tiivistetään silaanipinnoitteella. Zirkonium-silaanipinnoitteen edut ja haitat ovat samat kuin zirkonium- ja silaanipinnoitteilla.

Insinööriytyössä keskityttiin tutkimaan uudenlaisten konversiopinnoitteiden ky-

Taulukko 1 koestamattomien koelevyjen irtivetokokeiden tulosten keskiarvot.

Esikäsittely	Maaliyhdistelmä / vetolujuus Mpa / Ka. koestamattomat levyt					
	EPPUR C3-H 200 µm	EPPUR C4-H 280 µm	VO EP C3-M 160 µm	ESI C2-H 60 µm	PS C4-M 150 µm	ESI – PS C5-M 200 µm
Sa 2½	7,86	7,72	6,35	3,18	6,78	3,63
Zirkonium	8,37	8,66	3,56	2,43	6,51	3,31
Silaani	8,36	8,63	6,77	2,27	7,87	2,78
Zirkonium - silaani	7,62	8,61	6,04	2,7	5,92	2,23

Taulukko 2 suolasumukokeissa olleiden koelevyjen maalin irtoamisen ja korroosion etenemisen keskiarvot.

Esikäsittely	Maaliyhdistelmä / maalin irtoaminen, mm / korroosion eteneminen, mm / suolasumutestatuille levyille					
	EPPUR C3-H 200 µm	EPPUR C4-H 280 µm	VO EP C3-M 160 µm	ESI C2-H 60 µm	PS C4-M 150 µm	ESI – PS C5-M 200 µm
Sa 2½	0,07 / 0,07	0,10 / 0,10	0,07 / 0,06	0,00 / 0,00	0,22 / 0,19	0,79 / 0,39
Zirkonium	4,04 / 0,31	5,79 / 0,19	8,32 / 1,67	17,53 / 0,00	10,64 / 0,90	5,42 / 0,97
Silaani	4,13 / 0,22	5,03 / 0,67	5,83 / 1,38	5,17 / 0,00	32,97 / 0,35	6,53 / 0,86
Zirkonium - silaani	0,86 / 0,03	4,67 / 0,39	14,08 / 3,56	4,72 / 0,00	10,97 / 1,25	6,29 / 0,67

kyä toimia esikäsittelyinä kylmävalssatulle teräkselle korroosionestomaalauksessa. Konversiokäsittelyitä verrattiin suihkupuhdistukseen esikäsittelyinä erilaisten maaliyhdistelmien kanssa. Koelevyt olivat kooltaan 200 mm x 100 mm x 3 mm. Koelevyille oli tehty rasvapesut ennen toimitusta.

Tutkittavat konversiokäsittelyt olivat silaani-, zirkonium- ja zirkonium-silaanipinnoite. Konversiokäsittelyt levyt pinnoitettiin konversiokäsittelyvalmistajan ohjeiden mukaisesti ja levitykseen käytettiin sivuilmaruiskua. Suihkupuhdistetut verrokkilevyt suihkupuhdistettiin esikäsittelyasteeseen Sa 2½ hyvin huolellinen suihkupuhdistus ISO 8501-1, pintaprofiili karhea (G) ISO 8503-2. Puhallusmateriaalina käytettiin särmikistä teräsraketta.

Esikäsittelyiden kanssa käytettyjä maaliyhdistelmiä oli kuusi erilaista, jotka olivat erilaisiin korroosiovaikutusluokkiin. Korroosiovaikutusluokat ovat luokiteltu standardissa SFS-EN ISO 12944-2 ja maaliyhdistelmien merkinnät on esitetty standardissa SFS-EN ISO 12944-5. Käytetyt maaliyhdistelmät olivat Epoksi-polyuretaani -yhdistelmä C3-H / 200 µm ja C4-H / 280 µm, kaksikomponenttinen vesiohenteinen epoksimaali C3-M / 160 µm, kaksikomponenttinen etyyliisinkisilikaaattimaali C2-H / 60µm, kaksikomponenttinen polysiloksaanimaali C4-M / 150 µm, sinkkisilikaatti-polysiloksaani -yhdis-

telmä C5-M / 200 µm. Kaikki käytetyt maalit olivat märkämaaleja. Koelevyt maalattiin korkeapaineruiskulla. Jokainen maalaus tehtiin maalinvalmistajan ohjeita noudattaen. Maalausten jälkeen koelevyistä kirjattiin ylös kuivakalvonpaksuudet.

Vertailu suihkupuhdistettujen levyjen ja konversiopinnoitettujen levyjen välillä tehtiin erilaisten tutkimusmenetelmien avulla. Käytetyt tutkimusmenetelmät olivat kondensaatiotesti, suolasumukokeet ja irtivetokokeet. Maalauksen jälkeen ennen testien aloitusta kaikkia koelevyjä vakioitiin kahden viikon ajan ennen kokeiden aloitusta.

Kondensaatiotesti tehtiin standardin SFS-EN ISO 6270-1 mukaisesti. Maaliyhdistelmän korroosionkestävyysluokittelu määritti kondensaatiotestien pituudet. Koelevyissä ei havaittu minkäänlaisia muutoksia kondensaatiotestien jälkeen silmämääräisesti arvioituna. Kondensaatiotestatuille koelevyillä suoritettiin myös irtivetokokeet.

Koelevyille suoritettiin suolasumukokeet standardin SFS-EN ISO 9227 mukaisesti. Jokaiseen koelevyyn tehtiin 100 mm pitkä ja 2 mm leveä viilto keskelle koelevyjä. Maaliyhdistelmän korroosionkestävyysluokitus määritteli suolasumukokeen pituuden. Suolasumukokeiden jälkeen levyille tehtiin silmämääräinen arviointi, sekä irtoava maali poistettiin veitsen avulla. Koelevyistä saatuja tuloksia arvioitiin standardin SFS-EN ISO

4628-8 mukaisesti. Taulukossa 2 on esitetty suolasumukokeissa olleiden koelevyjen maalin irtoaminen ja korroosion eteneminen rinnakkaisnäytteiden keskiarvona.

Saadut tulokset osoittivat, että maalin irtoaminen oli selkeästi laajempaa konversiokäsittelyillä levyillä. Konversiokäsittelyistä koelevyistä zirkonium-silaniipinnoitetuilla levyillä maalin irtoaminen oli selkeästi pienintä, tästä esimerkki kuvassa 3. Korroosion eteneminen oli myös suurempaa lähes kaikissa konversiokäsittelyissä levyissä verrattuna suihkupuhdistettuihin koelevyihin. Korroosion eteneminen oli kuitenkin lähes kaikissa konversiokäsittelyissä koelevyissä hyväksyttävällä tasolla.

Irtivetokokeet tehtiin vakioituille koelevyille sekä kondensaatiotestatuille koelevyille. Irtivetokokeet tehtiin standardin SFS-EN ISO 4624 mukaisesti. Irtivetokokeissa saaduissa tuloksissa keskityttiin erityisesti alustan ja pohjamaalin väliin murtumiin. Näihin murtumiin keskittymällä voitiin selvittää oliko käytetty konversiopinnoite antanut tarvittavan tartunnan maaliyhdistelmälle. Irtivetokokeista havaittiin, että osa uudenlaisista konversiopinnoitteista kykeni täyttämään standardin vaatimukset. Irtivetokokeissa murtolujuuksien erot konversiopinnoitetujen koelevyjen ja suihkupuhdistettujen koelevyjen välillä olivat kaiken kaikkiaan melko pieniä. Tosin kaikki suihkupuhdistetut koelevyt kykenivät täyttämään standardin vaatimukset toisin kuin konversiopinnoitetut koelevyt. Kondensaatiotestit heikensivät konversiopinnoitetuissa koelevyissä polysiloksaanimaalin tarttuvuutta, jonka takia maali ei kyennyt täyttämään hyväksymisrajoja. Taulukossa 1 on esitetty koestamattomien koelevyjen irtivetokokeiden tulosten keskiarvoja.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia uudenlaisten konversiopinnoitteiden toimivuutta esikäsittelymenetelmänä kylmävalssatulla teräksellä, kun niitä verrataan suihkupuhdistamalla esikäsiteltyyn kylmävalssattuun teräkseen.

Konversiopinnoitteilla ei päästä aina samaan suorituskykyyn kuin suihkupuhdistuksella. Tämä voidaan päätellä tutkimustulosten pohjalta. Konversiopinnoitteet pystyivät tutkimustulosten mukaan täyttämään standardien vaatimukset osittain irtivetokokeissa ja kondensaatiotesteissä.

Voimakkaissa korroosio-olosuhteissa suihkupuhdistus antaa kylmävalssatulle teräkselle paljon paremman maalin kiinnipyyvytyden ja korroosiosuojaukskyvyn kuin uudenlaiset konversiopinnoitteet.

Korroosion eteneminen konversiopinnoitetuissa koelevyissä oli lähes kaikissa maaliyhdistelmissä suurempaa kuin suihkupuhdistetuissa koelevyissä. Kuitenkin lähes kaikissa konversiokäsittelyissä koelevyissä korroosion eteneminen oli hyväksyttävällä tasolla.

Konversiopinnoitetujen koelevyjen laajempaa maalien irtoamista suolasumutesien jälkeen voinee selittää se, että maalien korroosionestopigmentit eivät päässeet toimimaan oikealla tavalla teräksen kanssa, koska käytetty konversiopinnoite eristi maalin teräksestä. Tästä johtuen korroosio kykeni etenemään konversiopinnoitteen alla ja maalikalvon tartunta teräkseen heikkeni. Konversiopinnoitetujen koelevyjen laajempi maalin irtoilu vaatisi lisätutkimuksia.

Opinnäytetyö olisi voinut antaa paremman kuvan konversiopinnoitteiden toimivuudesta esikäsittelymenetelmänä, jos yhtenä testattavana sarjana olisi käytetty koelevyjä, jotka olisivat olleet vain pestyjä. Näin olisi saatu selkeä käsitys siitä, paransivatko konversiopinnoitteet maalien tarttuvuutta ja korroosiosuojaukskykyä kylmävalssatuilla teräslevyillä.

Lähteet

Kyyrä, J. 2019. Uudenlaisten konversiopinnoitteiden toimivuus esikäsiteltyinä. Metropolia ammattikorkeakoulu, materiaali ja pintakäsittelytekniikka. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201905088228>

SFS-EN ISO 12944-6:2018. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojaamaaliyhdistelmillä. Osa 6: Menetelmät laboratorion suorituskyvyn testaamiseksi. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 12944-5:2018. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojaamaaliyhdistelmillä. Osa 5: Suojamaaliyhdistelmät. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 12944-9:2018. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojaamaaliyhdistelmillä. Osa 9: Suojamaali-

yhdistelmät ja laboratorion suorituskyvyn testimenetelmät offshore- ja vastaavissa rakenteissa. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 4628-8. Maalit ja lakat. Pinnoitteiden huononemisen arviointi. Yleisten vaurioiden esiintymisen voimakkuuden, määrän ja koon merkintä. Osa 8: Viiltoa tai muuta pinnoitteeseen tehtyä vauriota ympäröivän irtoamisen ja korroosion arviointi. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

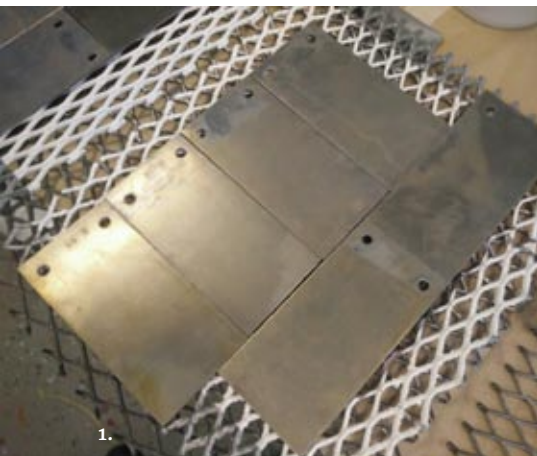
SFS-EN ISO 4624:2016. Maalit ja lakat. Tarttuvuuden arviointi vetokokeella. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 12944-2:2008. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojaamaaliyhdistelmillä. Osa 2: Ympäristöolosuhteiden luokittelu Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 6270-1:2018:en Paints and varnishes. Determination of resistance to humidity. Part 1: Condensation (single-sided exposure) (ISO 6270-1:2017): Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN ISO 9227:2022:en Corrosion tests in artificial atmospheres. Salt spray tests (ISO 9227:2022): Suomen Standardoimisliitto SFS.

*TRY Pintakäsittelyn asiantuntijaryhmän puolesta
Jani Pastinen, Neste Oyj*



1.



2.



3.