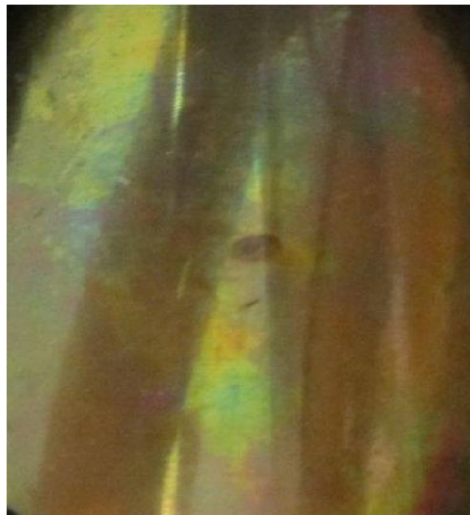




Office: Molengraaffsingel 12
2629 JD Delft (NL)
Post adres: Frans Halsstraat 5
1816 CM Alkmaar (NL)
Tel. +31 (0)15 744 01 38
Fax +31 (0)15 744 01 02
Internet www.ccube.nl
Registration NL34231544

WMV bv.
Lunac 2+ duplo
NBD 10300 (2010) Kwalificatie Test



Klant: WMV bv.
Contact: Mr. G. van der Sluis

Datum: September 26, 2011
Auteur: Guus Coolegem, M.Sc.
Referentie: CCubeR11-09211
Status: Final



Inhoud

1 Inleiding	2
2 Test Opzet	3
3 Resultaten	3
4 Interpretatie.....	6
5 Conclusie	8
6 Aanbeveling	8

1 Inleiding

Een testcilinder met een diameter van 51 mm is door WMV bv voorzien van een Lunac 2+ duplo deklaag. Deze laag bestaat uit een Kobalt-basis en een nikkel onderlaag.

C-Cube is een specialist in corrosie en coatingonderzoek, en is gevraagd om de test cilinder te beoordelen volgens de Rijkswaterstaat Eisen Technische Deklagen NBD 10300 (2010).

Dit rapport beschrijft de bevindingen, resultaten en beoordeling van de deklaag.



2 Test Opzet

Volgens de Eisen Technische Deklagen (NBD10300-2010) moeten toegepaste deklagen voldoen aan een Galvanostatische test. De integrale tekst van de Eisen is hieronder opgenomen.

5.2.2. Galvanostatische test

De galvanostatische test moet worden uitgevoerd op een koolstofstalen proefstuk voorzien van een ongesaalde deklaag. De diameter van het proefstuk moet groter zijn dan 50 mm. **Opmerking**

De galvanostatische test is een destructieve kwalificatietest die dient om te bepalen of de deklaag geschikt is voor de betreffende condities. Tijdens de test wordt de porositeit voor en na een gesimuleerde gebruikperiode gemeten.

Opmerking

Bij de EPQ-test wordt niet alleen de doorgaande porositeit, maar ook de stabiliteit van het corrosiegedrag van de deklaag gecontroleerd.

De test moet in de volgende stappen worden uitgevoerd:

1. Meet de porositeit van de deklaag met de EPQ-test volgens paragraaf 5.3.2, echter met 3,4% NaCl-oplossing in water gedurende minstens 100 uur.
2. Bepaal uit de polarisatiecurve uit de EPQ-test de corrosiestroomdichtheid i_{cor} volgens ASTM G59-97(2003) en de repassiveringsstroomdichtheid i_{repass} volgens ASTM G61-86 (2003).
3. Een nieuw oppervlak op hetzelfde proefstuk moet onder dezelfde condities als bij de EPQ-test gedurende 1000 uur galvanostatisch worden geëxposeerd bij een positieve stroomdichtheid van $i_{galvstat} = 10 \times i_{cor}$, maar maximaal de stroomdichtheid i_{repass} waarbij repassivering optreedt. Hierbij wordt ISO 17475 aangehouden.
4. Na de onder 3. genoemde expositie moet in dezelfde opstelling de EPQ-test worden uitgevoerd, echter gedurende 100 uur. De gemeten potentiaal, stroomdichtheid en het uiterlijk moeten voldoen aan de eisen zoals vermeld in paragraaf 5.3.2.

Uit: 5.3.2. Corrosiewerendheid

De gemeten potentiaal mag tijdens de gehele expositie **niet lager zijn dan -0.35mV versus verz. Ag/AgCl**. Bij een hogere potentiaal is een deklaag op een koolstofstalen ondergrond voldoende afsluitend, en bij een lagere potentiaal te weinig afsluitend. Voor deklagen met een aangetoonde passieve elektrochemische potentiaal van lager dan -350 mV vervalt dit potentiaal criterium.

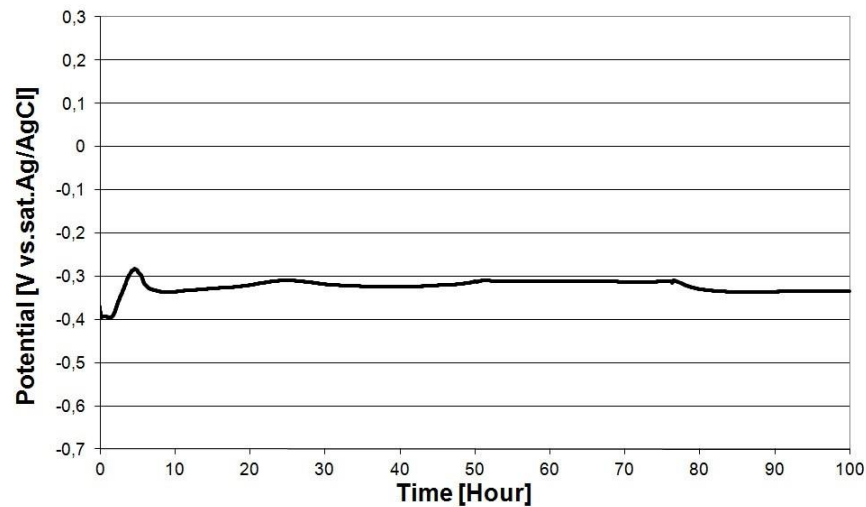
De polarisatiecurve na de minimaal 24 uur expositie wordt opgenomen volgens ISO 17475:2005. Hierbij wordt het oppervlak gepolariseerd vanaf niet meer dan 200mV onder de elektrochemische potentiaal, met een snelheid van maximaal 1mV/s, tot 0 V vs. verz. Ag/AgCl. De stroomdichtheid mag tijdens de gehele curve **niet hoger zijn dan $1\mu A/cm^2$** . Bij een hogere stroomdichtheid is de deklaag te actief.

Na het meten van de polarisatiecurve mag er - zonder schoonmaken - bij een vergroting van 10x geen zichtbare lokale corrosie zijn opgetreden. Dit moet in de rapportage met een foto worden bewezen.

Alle in het rapport vermelde potentialen zijn ten opzichte van verzadigd zilver/zilverchloride, uitgedrukt in Volt versus verz. Ag/AgCl.

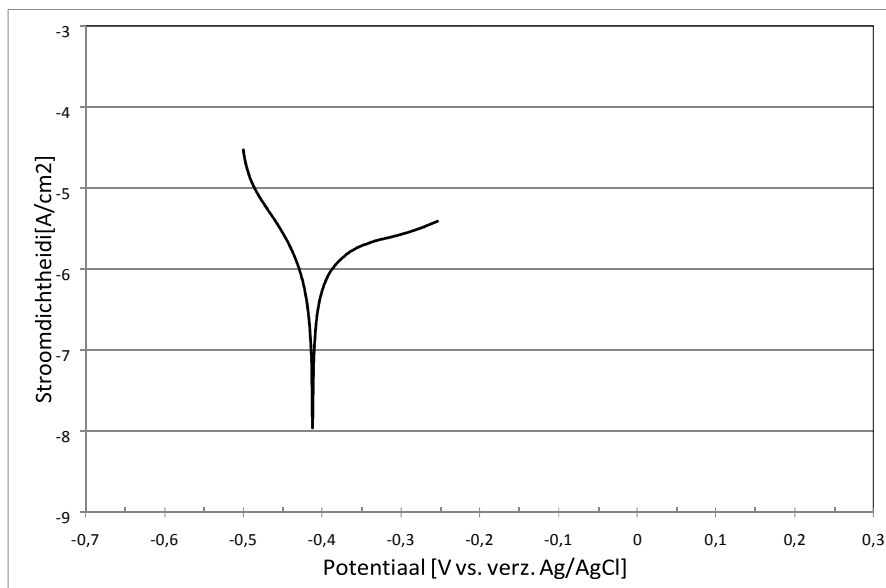
3 Resultaten

Met behulp van een apart aangeleverd sample van de losse deklaag is de eigen potentiaal van de deklaag bepaald. De waarden hiervoor varieerden tussen -0,38 tot -0,32 V. Voor het proefstuk is de potentiaal vanaf de start van de test in de 3,4% NaCl oplossing over 100 uur gemeten, zie Figuur 1.



Figuur 1: Potentiaalmeting van de Lunac 2+ laag, gedurende 100 uur.

De potentiaal na de 100 uur immersie is -0.33V. Hierna is de polarisatiecurve opgenomen, zie Figuur 2.

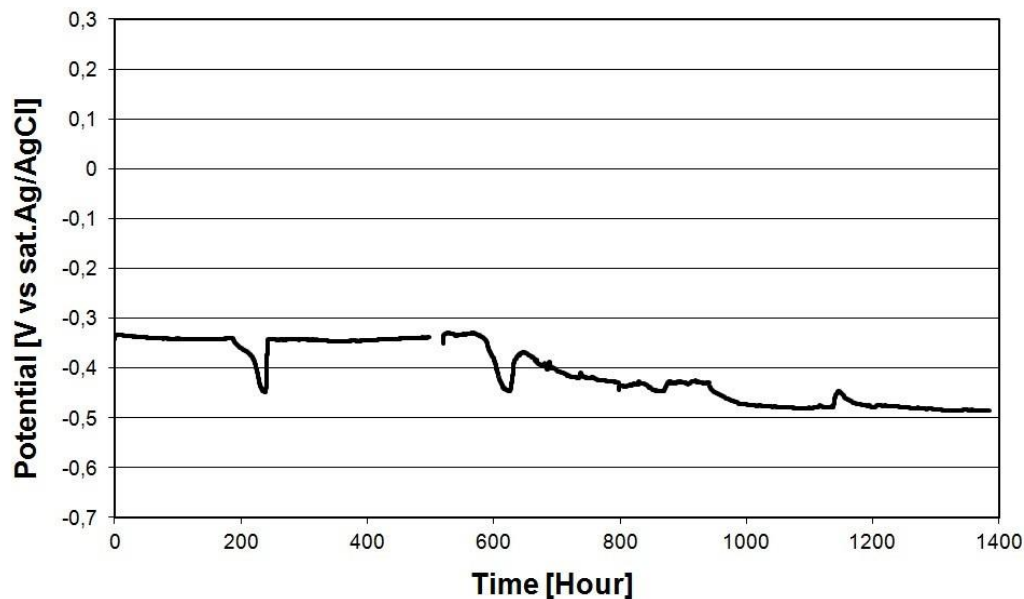


Figuur 2: Polarisatiecurve van de Lunac 2+ laag, bij 0,5mV/s.

Opvallend is dat de potentiaal van de polarisatiecurve gelijk ligt aan de potentiaal aan de start van de potentiaalmetingen. Dit geeft aan dat de oxidehuid die in de 100 uur is opgebouwd tijdens de negatieve polarisatie in het eerste deel van de polarisatiecurve (links van de V-vorm) lokaal afbreekt.

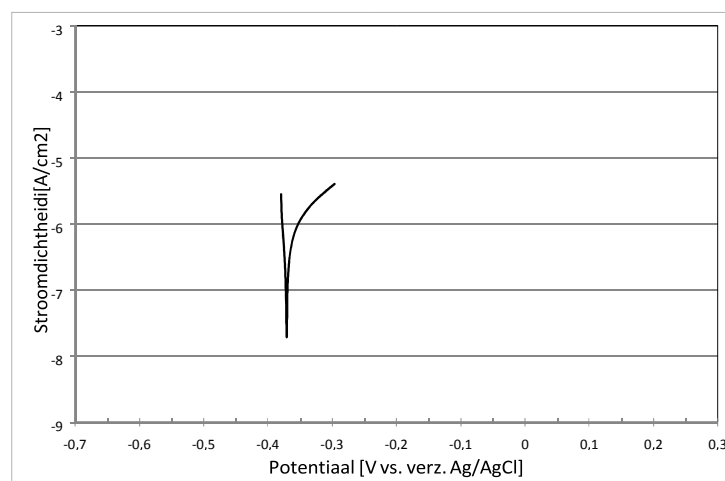
Uit de grafiek wordt door middel van polarisati weerstand, Tafelhelling en Modellering van de curve (ISO 17475) afgeleid dat de corrosiestroomdichtheid $i_{corr} = 0,5\mu A/cm^2$ is, met een corrosiesnelheid van 1-4 μm per jaar. De repassiveringspotentiaal i_{repass} kon niet worden bepaald in verband met het uniforme corrosiemechanisme.

Op basis van de polarisatiecurve wordt de stroomdichtheid voor de galvanostatische test bepaald op $i_{galvstat} = 5\mu A/cm^2$. Gedurende meer dan 1000 uur, 1400 uur is deze stroom aangehouden, zie Figuur 3.



Figuur 3: Galvanostatische test, gedurende 1400 uur op $5\mu\text{A}/\text{cm}^2$.

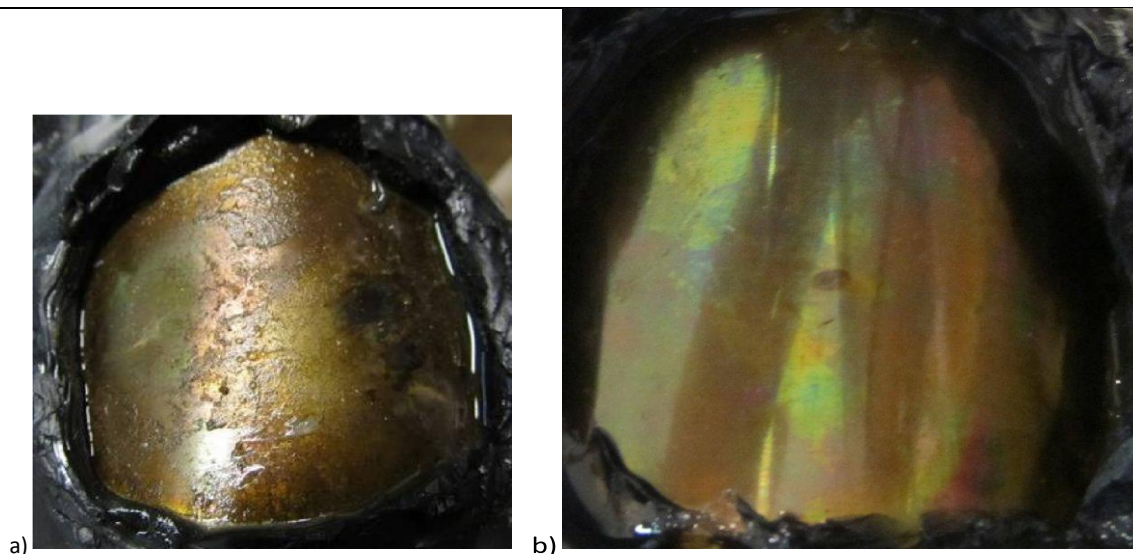
Uit de vorm van de grafiek van de galvanostatische test is af te leiden dat de deklaag tijdens de test activeert. Na de test is de potentiaal gemeten: $-0,34\text{V}$ vs. verz. Ag/AgCl. Aangezien deze zeer stabiel is, is hiervan geen grafiek opgenomen in dit rapport. Na de potentiaalmeting van 100 uur is de polarisatiecurve opgenomen, zie Figuur 4.



Figuur 4: Polarisatiecurve na de galvanostatische test.

De potentiaal in de polarisatiecurve is $-0,36\text{V}$, iets lager dan in de potentiaalmeting. De corrosiestroomdichtheid in de curve is $0,6\mu\text{A}/\text{cm}^2$, de corrosiesnelheid is vrijwel gelijk met de corrosiesnelheid voor de test; $1,5\text{-}4,5\mu\text{m}/\text{jaar}$. Het corrosiemechanisme is uniforme corrosie, wat te zien is aan de stijgende positieve tak.

In Figuur 5 zijn de foto's van het oppervlak opgenomen.



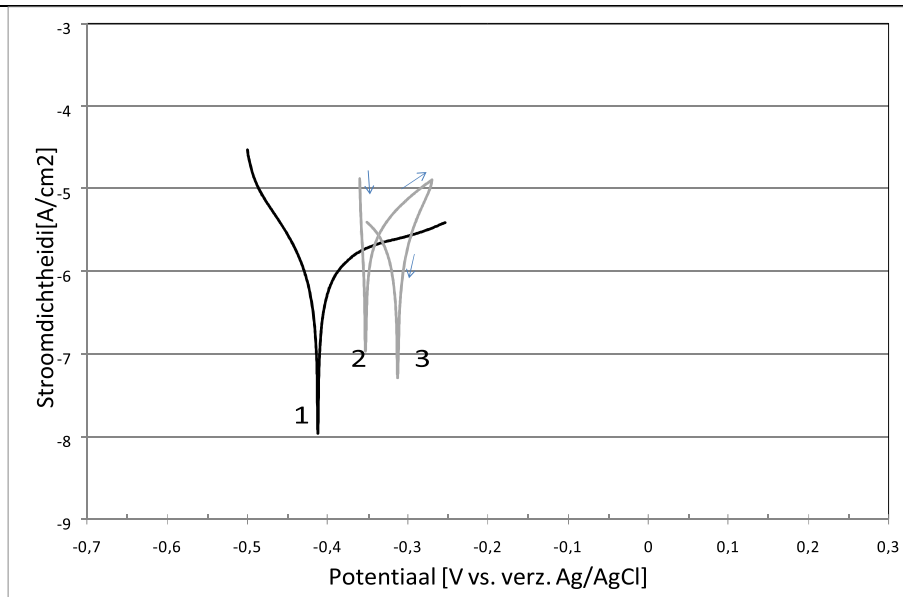
Figuur 5: Het oppervlak na de testen, voor (a) en na (b) het verwijderen van vuil met behulp van een papieren doek.

Het oppervlak van de deklaag ziet er stabiel uit, met in het midden van het testgebied een klein gebied met een andere kleur. Er is geen sprake van visueel waarneembare aantasting van het oppervlak, ook niet op dit gebied.

4 Interpretatie

De eigen potentiaal van de Lunac 2+ duplo deklaag ligt rond het criterium van de EPQ test. De Lunac 2+ duplo deklaag beschermt zich door middel van een zichtbare oxidehuid. Deze oxidehuid heeft een constante verversingsnelheid die een corrosiesnelheid van 1-4 μm /jaar suggereert. Hierbij is aangenomen dat het gehele oppervlak metallisch is, en bijdraagt tot de corrosie. De aanwezigheid van keramische deeltjes in de coating kan hierop van invloed zijn, afhankelijk van de verdeling. Een meting van de werkelijke afname tijdens de testen zou hierover meer inzicht kunnen geven.

Bij positieve polarisatie wordt de corrosiesnelheid eerst vergroot, waarna deze weer afneemt doordat er zich een nieuwe dikkere oxidehuid opbouwt. Dit is zichtbaar uit het opnemen van meerdere polarisatiecurven achter elkaar, zie Figuur 6.



Figuur 6: Meerdere achter elkaar genomen polarisatiecurven, waarbij de corrosiesnelheid evenredig is met de hoogte van de V-vorm in de grafiek. De tweede curve, die genomen is direkt na de eerste, ligt hoger, en bij het teruggaan daalt de ligging van de V-vorm (=evenredig met corrosiesnelheid) weer.

In het ontwerp van de deklaag is rekening gehouden met de verversing van de oxidehuid, ofwel de corrosiesnelheid van de laag, door middel van voldoende laagdikte voor een bepaalde levensduur. Onder de toplaag is een nikkellaag aangebracht. Deze zorgt voor corrosiebescherming waar de toplaag niet meer aanwezig is.

In Tabel 1 is een overzicht van de resultaten gegeven, bij het bepalen van de conclusie is rekening gehouden met de bovenstaande interpretatie

Tabel 1: Overzicht van de resultaten van de NBD 10300 (2010) Kwalificatie Test op de Lunac 2+ duplo deklaag

Onderdeel	Resultaat Lunac 2+ duplo	Conclusie
Criterium Potentiaal >-0,35V	-0,39 tot -0,31 [eigen potentiaal -0,38 tot-0,32]	Acceptabel
Potentiaal >-0,35V	>0,35	Acceptabel
Stroomdichtheid <1µA/cm² tot 0mV	0,6µA/cm², 1µA/cm² bij -0,35V uniforme corrosie 1-4µm/jaar	Acceptabel, ivm passieve onderlaag
<u>Visueel geen corrosie</u>	Verkleuring	Acceptabel
	Resultaat Lunac 2+ duplo	Conclusie

EPQ

Galvanostatische
test

5 Conclusie

De Lunac 2+ duplo deklaag voldoet aan de normen gesteld in de NBD10300 (2010), met de aanvulling:

- De toplaag heeft een corrosiesnelheid van 1-4 μ m per jaar, hier is in het ontwerp van de laag rekening gehouden door een voldoende laagdikte van de toplaag en een onderlaag van nikkel.

6 Aanbeveling

Er is sprake van een dynamisch evenwicht in dikte en dichtheid van de oxidehuid. In de praktijk is het ontwerp van de constructie van groot belang voor de levensduur van de coating. In geval van koppeling met een roestvaststaal onder water wordt de corrosiesnelheid groter, en in het geval van koppeling met koolstofstaal zal de corrosiesnelheid worden beperkt. Aanbevolen wordt om hiermee in het ontwerp rekening te houden.