

From: Peter Szakalos  
Sent: 26 September 2008 16:05  
To: Strömberg, Bo  
Cc: Jonsson, Josefin; [Jinsong.Liu@ssm.se](mailto:Jinsong.Liu@ssm.se);  
[bjorn.dverstorp@ssm.se](mailto:bjorn.dverstorp@ssm.se); [anders.wiebert@ssm.se](mailto:anders.wiebert@ssm.se);  
[grinder@algonet.se](mailto:grinder@algonet.se)  
Subject: RE: Fakturering

Hej

Det var tråkigt att höra att de rätta förutsättningarna inte gäller för en fråga som är av avgörande betydelse för KBS-3 modellen. Timo Saario har valt att endast beakta vår ESL-publikation från 2007 och inte dom övriga artiklarna samt det av oss presenterade och bifogade materialet. Rent allmänt kan sägas att om man dividerar ett positivt tal med noll fås oändligheten som en kvot. Om man tror att korrosionshastigheten i sammahanget är noll i rent syrgasfritt vatten men att korrosionshastigheten i själva verket är större än noll är felet oändligt stort.

Till sakfrågan. Er ursprungsfråga var:

"Vi vill följa upp den av er påpekade skillnaden i beräknade korrosionshastigheter med en faktor 10 000. Vi anser att detta är särskilt angeläget med tanke på att skillnaden är anmärkningsvärt stor. BRITE utesluter inte att de kan ha räknat fel men i våra kontakter har framgått att de inte spontant funnit några särskilda skäl att modifiera sina beräkningar. Vi önskar därför att ni inkommer till myndigheten med en skriftlig motivering av eran slutsats där ni steg för steg härleder den av er påpekade skillnaden på en faktor 10 000. Ni bör redogöra för och motivera eventuella förenklade antaganden etc. som behövs för att uppskatta en korrosionshastighet från era experiment. Vi anser att en sådan redogörelse kan bidra till att bringa större klarhet kring denna fråga."

Vårt svar kan delas upp i två huvudfaktorer enligt nedan:

A) Vi berättade för Timo Saario att korrosionshastigheten är mycket låg de första månaderna vilket beror på att koppar initialt bildar en någorlunda skyddande oxidfilm i

närvaro av löst syre i vattnet. När syret löst i vattnet tar slut börjar en långsam omvandling av oxidfilmen till en porös komplex korrosionsprodukt som innehåller höga vätehalter och hydroxider. Vid rumstemperatur kan det ta årtal att nå maximal korrosionshastighet vilket bl.a avgörs av hur tjock kopparn är eftersom metallen och korrosionsprodukten väteladdas olika snabbt beroende på tjocklek (Max korr. hast. uppnås med maximalt väteladdad metall samt korrosions produkt=mycket hydroxid). D.v.s. en tjock kopparplåt kommer att korrodera långsamt jämfört med våra folier på 0.1 mm under den "initiala" period det tar att väteladda t.ex. 5 cm tjock koppar, vilket kan ta 5-10 år! Det som är beskrivet här gör att det försök som Timo Saario gjort att beräkna korrosionshastigheten blir underskattad med en faktor 100-1000 (D.v.s. p.g.a ändringar av korrosionsprodukten med tiden).

B) Vårt huvudförsök är inte designat för att bestämma korrosionshastigheten utan enkom för att bevisa att koppar korroderar under långsam vätgasutveckling, dvs att koppar överhuvudtaget reagerar med vattenmolekyler. Varteftersom vätgastrycket närmar sig jämviktstrycket så avtar korrosionshastigheten. För övrigt utgör det vätgastryck som är uppmätt ovanför palladiummembranet bara 1-20% av den totala väteavgivningen p.g.a. kopparkorrosion (Varierar med försöksparametrar som exponeringstid, temperatur, mängd Cu, design av palladiummembran etc). Huvuddelen av vätet återfinns i kopparmetallen samt korrosionsprodukten, dvs en kontinuerlig väteladdning sker pga anoxisk korrosion. Näst största mängden väte återfinns i palladiummembranet. Dessutom så sker det alltid ett visst väteläckage även om UHV-utrustning används. Då Timo Saario avsiktligt har valt, trots våra varningar, att endast utgå från det uppmätta vätgastrycket ovanför palladiummembranet så ökas Timos felberäkning med en faktor i intervallet 10-100, m.a.o den uppmätta väteavgivningshastigheten är alls ej lika med korrosionshastigheten.

Felfaktorerna är direkt multiplikativa (felen ger alla en underskattning av korrosionshastigheten) och ger ett "snitt" på ca 10000x. Den sanna korrosionshastigheten fås bara fram vid FYSISKA MÄTNINGAR baserat på

långtidsförsök, vilket vi gjort i vår senaste publikation (International Corrosion Congress 2008), där vi uppmätt ca 5 mikrometer per år vid rumstemperatur. Timos försök att beräkna korrosionshastigheten visar återigen en felfaktor på 10000 jämfört med uppmätta värden. Tilläggas bör att vid förhöjda temperaturer kan korrosionshastigheten uppgå till ca 20 mikrometer per år. Våra metallografiska undersökningar visar dessutom att lokalkorrosion (gropfrätning samt korngränsangrepp) uppstår vid långtidsexponering redan i rent vatten. Vi anser att olika former av kopparkorrosion är kritiska för KBS-3 modellen men av ännu större dignitet är det väteupptag som sker p.g.a. anoxisk korrosion som i sin tur kan ge upphov till vätesjuka och väteförsprödning. Det är väl värt att påpeka att SKB är medveten om det farliga med väteförsprödning och har därför satt som krav att vätehalten i kopparn måste undestiga 0.3 wppm.

Mvh Peter och Gunnar

Peter Szakálos  
KTH, division of Corrosion Science, DKV 51, SE-10044  
Stockholm  
[www.corrosionscience.se](http://www.corrosionscience.se)  
and  
Szakálos Materials Science AB  
Fridhemsgatan 29b, SE-11240 Stockholm  
Mobile: +46707537946