

## Svårigheterna med att se reduktion av järnoxid med vätgas på atomnivå

Jag har undersökt hur järnoxid omvandlas till järn med hjälp av vätgas. Detta gjordes i ett elektronmikroskop för att kunna följa hur atomstrukturen förändras under processens gång. I mikroskopet är dock trycket lågt och elektronstrålen tillför stora mängder energi. Jag undersökte dessa begränsningar med flera och visar i rapporten vad som krävs för lyckade studier i framtiden.

Forskningen idag tittar på olika metoder att lagra energi, bland annat genom att använda järnpulver. Metoden innebär att energin lagras i järnpulver och när den behövs låter man järnpulvret oxidera, det rostar och omvandlas till järnoxid, vilket skapar värmeenergi. När det finns ett överskott av energi kan järnoxiden återigen reduceras till järnpulver. Men för detta behöver man förstå hur järnoxid reduceras och omvandlas till järn.

I mitt examensarbete, "Reduction of iron oxide by hydrogen studied using environmental transmission electron microscopy" undersökte jag reaktionen där järnoxid bildar järn. Detta gjordes i en vätgasmiljö med varierande tryck mellan 0.1 Pa och 120 Pa (ca en miljondel och en tusendel av atmosfärstrycket) samt med temperaturer mellan 500 °C och 800 °C. Reaktionen kunde observeras vid höga tryck vid olika temperaturer, men inte vid lägre tryck. Jag såg även hur elektronstrålen och kontamineringspartiklar i provet påverkade processen. För att kunna utföra vidare studier krävs det att påverkan från elektronstrålen och effekten från kontamineringspartiklar minimeras.

I energilagringssystemer som använder järnpulver görs oxidationen enklast genom att utsätta järnet för syre, antingen i form av ren syrgas, vanlig luft eller vatten. Reduktionen har traditionellt gjorts med kolmonoxid, men då den reduktionen producerar koldioxid är det inte en lämplig väg att gå. Istället kan vätgas användas för att reducera järnoxiden, då produceras enbart vatten som restprodukt. Vätgas kan dock ha andra effekter på järnoxidprovet och för att kunna undersöka dessa effekter behöver vi veta hur provet beter sig under flera sådana reduktion/oxidation cykler. Detta kan bland annat göras genom att observera hur materialet och dess struktur förändras under reaktionens gång.

Då vanlig ljusmikroskopi är otillräcklig för att kunna se så små mikrostrukturella förändringar som vi är ute efter, använde jag istället ett så kallat transmissionselektronmikroskop (TEM). Detta fungerar genom att en elektronstråle passerar genom ett prov och interagerar med det. Från dessa interaktioner kan en bild skapas där mikrostrukturer i provet kan ses. Om man tillsätter olika gaser in i TEM:et, som vanligtvis fungerar i vakuum, så kan det skapas en reducerande eller oxiderande atmosfär vilket möjliggör den ovan nämnda cykeln. Det finns dock en del begränsningar med TEM. Trycket måste hållas lågt, provet måste placeras på en yta som kan i sig ha påverkan på provet, det finns kontamineringspartiklar från andra metaller, och elektronstrålen tillför energi in i systemet.

David Wahlqvist

04/06-2020, Lund