



Alla magnesiumoxid-skivor gråter inte

Det har visat sig att byggskivor tillverkade av så kallad Magnesiumoxid (MgO) inte består av ett och samma material, utan det är snarare en hel grupp av material som sinsemellan har olika egenskaper. Exempelvis grät "bara" två av nio MgO-skivor under ett test med höga fuktnivåer vid LTH.

Magnesiumoxidskivor (MgO-skivor) är ett samlingsnamn för en grupp oorganiska byggskivor med ett bindemedel som består av så kallat sorel cement. Under senvintern och våren 2015 uppdagades det att MgO-skivor kan börja gråta, det bildas då salthaltiga vätskedroppar på skivans yta. En undersökning på LTH [3] visade att detta inte sker för alla MgO-skivor, utan att bara för ett fåtal leverantörer har skivor som gråter.

Sorel cement

MgO-skivorna hålls ihop av magnesiumbaserat cement, även kallat Sorel cement,



Anders Sjöberg
tekn. dr. byggnadsmaterial
AFEM konsult AB

som är ett beprövat byggnadsmaterial med en tusenårig historia i både öst och i väst. Historiskt sett har magnesiumoxid använts för att göra olika typer av cement över i princip hela världen. Sorel cement har exempelvis använts av hantverkare i Tyskland, Frankrike, USA, Latinamerika, Indien, Kina och Nya Zeeland under de senaste århundrandena. Fram till början av 1930-talet var nästan alla "terrazzo"-golv i USA tillverkade med magnesiumoxid eller magnesiumoxiklorid. Även den kinesiska muren och många av stuporna i Indien uppfördes med sorel cement för snart 2000 år sedan och står fortfarande kvar idag.

De mest framstående egenskaperna hos sorel cement, i förhållande till normalt portlandcement (kalciumoxidcement) är snabbare härdningsförlopp och upp till

50 procent högre tryckhållfasthet. Sorel cement är liksom portlandcement ett hygroskopiskt material med ett öppet porsystem där fuktnivån påverkas av ånghalten i den omgivande luften.

Magnesiumoxidskivor

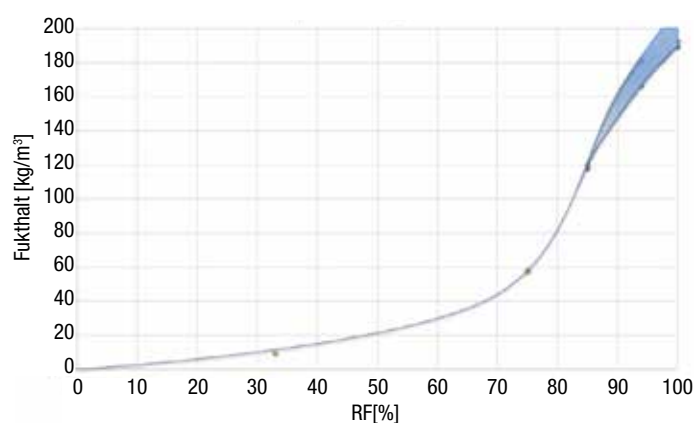
De första byggnaderna i Sverige med MgO-skivor är från åren 2004 till 2006 då det byggdes ett litet antal villor med så kallade ZIP-element. Det är ett slags sandwich-element med MgO-skivor monterade som väggytor på båda sidorna av en hård isoleringsskiva av PIR. I dag används Zip-element främst till olika typer av modulbyggnader, se *figur 1*, som kan länkas samman och uppföras som på stora bilden i början av artikeln.

De moderna magnesiumoxidskivorna har normalt en bindemedelshalt runt 80 % som till största delen består av magnesiumoxid och en något mindre andel av ytterligare en magnesiumförening, vanligast är magnesiumklorid eller magnesiumsulfat.

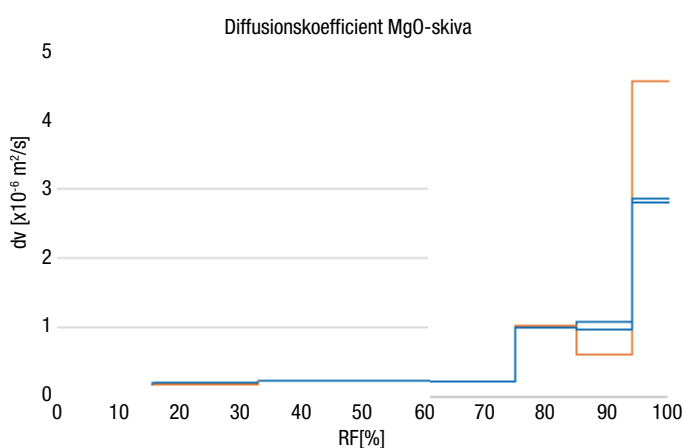
Förutom bindemedel innehåller MgO-skivor olika typer av fyllnadsmedel och tillsatsmedel. Några av de vanligaste



Figur 1: Byggnation av modul med ZIP-sandwichelement.



Figur 2: Jämviktsfukt-kurva vid absorption för en MOC-skiva, torrsvikt bestämd vid 35°C (ca 16%RF). Data från examensarbete av Talevska och Fakhro (2016).



Figur 3: Diffusionskoefficienten MOC-skiva i olika fuktintervall. Data från examensarbete av Talevska och Fakhro (2016).

fyllnadsmedel är kalciumkarbonat, perlit samt olika fraktionsstorlekar av träpulver. Även andra material kan användas, främst för att sänka tillverkningskostnaden och ge skivan önskade egenskaper.

Träfiber ger flexibilitet

Träfibrer är ett fyllmedel som förekommer i en mängd olika kvaliteter och prisnivåer. Det tillsätts främst för att öka flexibiliteten hos MgO-skivorna och sänka materialkostnaden. De dyrare kvaliteterna av träfibrer består av noggrant

kontrollerad finspån som separerats enligt "sorteringsgrader" och torkats till en förutbestämd fukthalt. Medan billigare kvaliteter av fyllmedlen har en större spridning av träfiberfraktioner och kan innehålla större spån. Det kan även förekomma leveranser utan föregående torkning och har då en högre och varierande fukthalt som försämrar förutsättningarna för tillverkning av riktigt bra MgO-skivor.

De flesta MgO-skivor har dessutom en förstärkning med glasfiber, ofta i form av ett glasfibernet som ligger i ytskiktet.

Delikvescens ger tårar

Under de senaste åren har det blivit känt att vissa MgO-skivor kan bilda vätskedroppar på ytan då omgivande luft har en hög fuktnivå [1]. Denna typ av skadefall har främst observerats i danska fasader [2] samt av skadeutredare utmed kusten i södra delen av Sverige. De gråtande MgO-skivor kallas ofta Crying board i den engelskspråkiga litteraturen och orsakas av ett fenomen som heter Delikvescens.

Delikvescens (av latin deliquescere, "flyta sönder") innebär att ett material eller ämne har en stark förmåga att ta upp stora mängder vatten från omgivningen och därefter flyter materialet sönder i det upptagna vattnet.

Fuktegenskaper

Vanligt koksalt (NaCl) är ett bra exempel på ett delikvescent material som löses upp och flyter sönder (till en saltlösning) då den omgivande luften är fuktigare än cirka 75 % RF.

När det gäller MgO-skivor så är det troligtvis inte själva skivan som flyter sönder, utan snarare salter som finns lagrade inne i skivans porsystem som suger åt sig fukt från luften och går i lösning. Det bildas då en mättad saltlösning som först fyller hela porsystemet i skivan och när skivan är mättad av fukt så tränger vätskan ut ur porerna och bildar droppar (tårar) på skivans yta.

Vid låga (torra) fuktnivåer fungerar fuktmekaniken på samma sätt som hos "vanliga" hygroskopiska material. Det vill säga att fukten i materialets porsystem strävar efter att ställa sig i jämvikt med ånghalten i omgivande luft. I figur 2 visas absorptionskurva och i figur 3 visas transportkoefficient för en MOC-skiva, utvärderade med från data från Talevska & Fakhro [3].

Typ I, Magnesiumoxid-kloridskivor (MOC)

Den första typen av Magnesiumskivor (typ I) som introducerades som byggskiva i Sverige, runt 2008, hade ett bindemedel som främst består av magnesiumoxid (MgO) och magnesiumklorid (MgCl₂). Detta bindemedel "upptäcktes i västvärlden" av Stanislaus Sorel år 1867 och kallas Magnesium Oxychlorid (MOC) cement i den engelskspråkiga litteraturen.

MOC-cement är ett icke-hydrauliskt bindemedel med delikvescenta egenskaper som kan börja gråta vid cirka 85-90 % RF enligt [4]. Det är främst inblandningen av magnesiumklorid (MgCl₂) som antas bidra med de delikvescenta egenskaper. Det är okänt varför bara vissa av MOC-skivorna gråter, och varför de inte gör det

förrän vid en så hög fuktnivåer som cirka 85-90 % RF, fastän $MgCl_2$ i sin rena form är ett salt som delikvescerar redan vid 33 % RF.

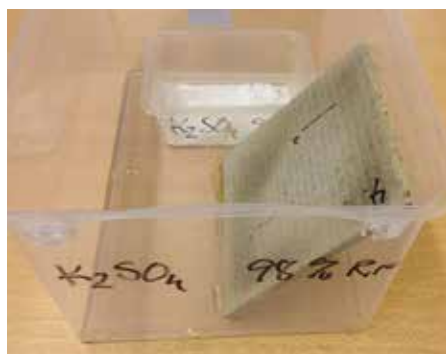
Det är också okänt om delikvescens uppstår på grund av ett överskott av "tillverkningsrester", alltså salter som finns i skivans porsystem, som går i lösning eller om det är själva materialet i skivan som gör det. Det tycks däremot stå klart att den nya "generationen" av MOC-skivor inte delikvescerar, ens efter flera veckor i 100 % RF.

Det är dock oklart om det är receptet hos dessa nya skivor som ändras så att materialet blivit stabilare, eller om det är tillverkningsprocessen som förbättrats så att tillverkningsresterna, salterna i porsystemet har försvunnit. Det kan naturligtvis vara en kombination av båda dessa skäl, eller kanske en helt annan anledning som författaren inte har kunskap om i dagsläget. Oavsett vilket det är, så är rådet att alltid avkräva leverantören skriftliga garantier och redovisning av produkternas egenskaper. Det är även relativt enkelt att själv testa om MgO -skivor gråter genom att förvara provbitar av skivan i en klimatbox med 100 % RF en vecka i rumstemperatur, se figur 4.

Typ II, Magnesiumoxid-sulfatskivor (MOS)

På senare tid har även en ny, förbättrad typ av Magnesiumskivor (typ II) importerats till Sverige. Dessa skivor innehåller ett bindemedel som främst består av magnesiumoxid (MgO) och magnesiumsulfat ($MgSO_4$). Detta nya förbättrade sorelimentet "upptäcktes i västvärlden" av Olmer och Delyon 1934 och kallas Magnesium Oxysulfates (MOS) cement i den engelskspråkiga litteraturen.

MOS-skivor har betydligt bättre egenskaper inom många områden. Exempelvis är de fukttåligare och kan av allt att döma inte gråta, ens vid höga fuktnivåer eftersom de innehåller magnesiumsulfat



Figur 4: saltklimatbox med 98 % RF. Om istället vanligt vatten hålls i matlådan som står i klimatboxen uppnås ca 100 % RF i klimatboxen några timmar efter att locket stängs.

Tabell 1: Egenskaper för föreningar av magnesium som ingår i MgO -skivor, Åhs och Sjöberg (2017).

IUPAC name	Magnesiumoxid	Magnesiumklorid	Magnesiumsulfat
Chemical formula	MgO	$MgCl_2$	$MgSO_4$
pH (vattenlösning)	8,0 - 10,3	5,5 - 6,6	5,0 - 7,5
Hygroskopiskt	Ja	Ja	Ja
Delikvescens	Nej	33 % RF	93 % RF
Korrosion	-	Stor korrosiv påverkan	Korrosiv påverkan



Figur 5: Modern kinesisk fabrik som tillverkar MgO -skivor på löpande band.

($MgSO_4$) istället för magnesiumklorid ($MgCl_2$). Magnesiumsulfat är ett salt som i sin rena form delikvescerar först vid 93 % RH, se tabell 1. Det är rimligt att det kan ske en höjning av jämviktsnivån för delikvescens av $MgSO_4$ då den ingår i soreliment, på motsvarande sätt som för $MgCl_2$, där höjningen är 50 %-enheter RF, från 33 till 85-90 % RF. I så fall skulle delikvescens av MOS-skivor inte ens vara möjlig vid 100 % RF.

Tillverkning

Det finns många fabriker som tillverkar MgO -skivor i Kina och i andra asiatiska länder. De största och modernaste anläggningarna har linor av maskiner och fysiska arbetsmiljöer som ligger i nivå med europeisk standard, se figur 5. I dessa fabriker är processtyrningen automatiserad och egenkontrollen utförs fortlöpande och dokumenteras. De här fabriker har goda möjligheter att leverera produkter med jämn kvalitet och dokumenterade egenskaper.

I andra änden av skalan finns små fabriker där i princip allt arbete sker manuellt. Blandningen av materialet sker ofta med enkel utrustning i öppna lokaler utan utsug och med endast den naturliga ventilation

som vinden skapar genom öppningar i väggarna, se figur 6. Erfarenhet och känsla kan vara dominerande faktorer vid arbetet med blandningen. Det förekommer sällan någon direkt kontroll av mängder så innehållet i skivorna och dess egenskaper kan variera kraftigt hos dessa tillverkare. De här fabriker har billiga produkter och tillhandahåller ofta kvalitétcertifikat som delvis är skrivna på kinesiska med "många stämplor".

Seriösa importörer av MgO -skivor är medvetna om de här förhållandena och låter kontrollanter från en tredje part övervaka produktionen och kontrollera egenskaperna innan skivorna skeppas till Europa och Nordamerika. Ofta kommer kontrollanterna från en annan ort för att säkerställa att de kan agera oberoende utan kopplingar till fabriken eller dess personal.

Fuktmätningar

När det visade sig att MgO -skivor tar åt sig vatten på ett onormalt sätt så uppstod samtidigt bekymmer med att mäta fuktnivån i MOC-skivor. Normala fuktkvotmätningsmetoder för trä, med två stift, visade orimligt höga resultat då dessa används på MOC-skivor. Även vid



Figur 6: Kinesisk fabrik där arbetarna tillverkar MgO-skivor manuellt.

mätningar på träregelstommar förekom ibland orimligt höga värden, speciellt då fuktkvotmätares stift trycktes in i områden på träet som missfärgats av utfällningar från MOC-skivor.

Detta kan förklaras med att både MOC-skivor och träet som påverkats av tårarna har ett saltinnehåll som leder strömmen (sänker resistansen) mellan givarens stift. Den låga resistansen tolkas av instrumentet som om mätningen utförts i ett mycket fuktigt trävirke och utslaget på displayen blir följdakligen mycket högt.

Gravimetrisk metod är därför det bästa och säkraste sättet att mäta fuktnivån i både MgO-skivor och i trä som varit i kontakt med av MgO-skivor. Denna mätning utförs genom att ta provbitar ur skivan eller träkonstruktionen som förpackas i dubbla plastpåsar under transporten. På labbet vägs provet, torkas, vägs igen och därefter beräknas fuktkvoten. Metoden är mycket vanlig och beskrivs av många, exempelvis Talevska & Fakhro [3].

Det är i dagsläget osäkert ifall missfärgningar av tårar på träregelstommen skall klassas som en skada eller inte. Det beror sannolikt på i vilket klimat dessa missfärgningar kommer att hamna i framtiden. Ett varmt och torrt läge innanför en ny välisolerad fasad utgör sannolikt en gynnsam situation med låg risk för följdskador, under förutsättning att fasaden utförs kapillärbrytande och dränerande vill säga.

Korrosion av infästningar

Studierna från Danmark av Rode med flera [2] har fokuserat på risken för att infästningar av metall skall korrodera i kontakt med fuktiga MgO-skivor. En fuktig MOC-skiva kan bedömas utgöra en mycket korrosiv miljö medan en MOS-skiva inte alls utgör samma risk, se *tabell 1*.

Åhs och Sjöberg (2017) beskriver olika metoder för att avgöra typen av MgO-skiva.

Risken för korrosion av infästningar kan bedömas utgöra är en större risk vid så kallade "designfasader" som är vanliga i Danmark och många gånger består av fasadskivor eller andra fasadelement som monterats med skruvade infästningar genom MOC-skivor. Det är idag osäkert i vilken utsträckning dessa fasader kommer att kräva byte av infästningsdetaljer, ökad tillsyn och underhåll etc. För normala villafasader har det ännu inte rapporterats några korrosionsproblem med infästningar av vindskyddsskivor etc.

Klarat alla tester

Hur kommer det sig då att ett byggmaterial som avviker så tydligt från normen, som gråtande MgO-skivor gör, har kunnat säljas på den svenska marknaden under 5-10 år innan någon upptäcker det och slår larm? Det har sannolikt inte berott på bristande undersökningar och tester av skivorna, åtminstone inte av alla MgO-skivor.

Vid en närmare granskning har det visat sig att många av MOC-skivorna har passerat rigorösa testprogram hos de största skandinaviska instituten för provning av byggmaterial. Under tecknad har läst igenom ett stort antal provningsprotokoll där olika typer av MOC-skivor har testats enligt gällande normer för att bestämma värdet på de egenskaper som efterfrågats av myndigheter, byggnormer och kunderna på marknaden.

Den samlade bilden är att skivorna fungerar bra enligt i stort sett samtliga tester. Inte ens då de utsattes för det allra högsta fuktnivåerna, långt över 90 % RF, dokumenterades några tecken på tårar eller delikvessens. Sannolikt beror det på

att tjänstemännen på instituten inte letade efter detta då skivorna testade för olika fuktegenskaper och mögelbeständighet etc. De kände helt enkelt inte till fenomenet i fråga, att ett byggnadsmaterial kunde bete sig på det här sättet.

I det här läget kan man tänka att beprövade lösningar har många värdefulla fördelar gentemot nya oprövade lösningar. Det stämmer, visst är det så, och en av de största fördelarna med beprövade lösningar kan faktiskt vara att det finns beprövade utredningsmodeller och inte minst beprövade åtgärdsmetoder när det uppstår beprövade fel och skador. Exempelvis kan nämnas att ventilerad spaltbildande matta och möjligtvis även spärrskikt laminat är två beprövade åtgärder när golvljimmets har förtvålats, vilket är en beprövad skada hos den beprövade konstruktionslösningen med direktlimmad plastmatta på avjämnad betong.

När det gäller nya lösningar och material är det ofta svårare att applicera beprövad kunskap. Det räcker inte alltid med att "bara" ta hänsyn till det man vet att man inte vet. Man behöver sannolikt inta en mer proaktiv inställning och vara öppen för det man inte vet att man inte vet. Om man applicerar det på erfarenheten med MgO-skivor så kan man säga att instituten tog fram de viktiga egenskaper etc. som man visste att man inte visste. Att vissa MgO-skivor även hade en benägenhet att kunna gråta visste man dock inte att man inte visste.

Det handlar kanske om att nyfiket fråga sig "vad kan detta vara tecken på?", när man ser något nytt som inte går att förklara i en handvändning. Det klassiska citatet "Stay hungry, stay foolish" kan sammanfatta den öppenhet och nyfikenhet som kanske behövs för att tidigt våga se och kunna förstå vad som är på gång att hända nästa gång det okända inträffar. ■

Referenser

- [1] BYG-ERFA. *Fugtsugende vindspærreplader*. Erfarenhetsblad (21) 150505; 2015. Fonden Byg-Erfa, Köpenhamn, Danmark.
- [2] Rode C., Bunch-Nielsen T., Kielsgaard Hansen K., Grell B. Konferensbidrag 2017. *Moisture damage with magnesium oxide boards in Danish facade structures*. 11 th Nordic Symposium on Buildig Physics, NSB2017, 11-14 June 2017, Trondheim, Norway.
- [3] Talevska A. & Fakhro O. Examensarbete 2016, *Fuktegenskaper hos magnesiumoxidskivor*, LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg. Avdelning Byggnadsmaterial, Institutionen för Bygg- och miljöteknologi. Lunds Tekniska Högskola, Lund.
- [4] Åhs M., Sjöberg A. *Magnesiumoxidskivor*. Rapport TVBM-3184. Avdelning Byggnadsmaterial, Institutionen för Bygg- och miljöteknologi. Lunds Tekniska Högskola, Lund.