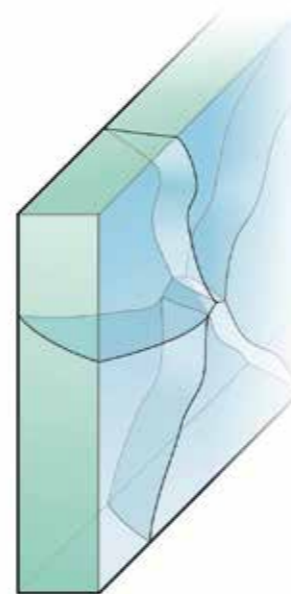


# RISKER MED VÄRME-BEHANDLAT GLAS

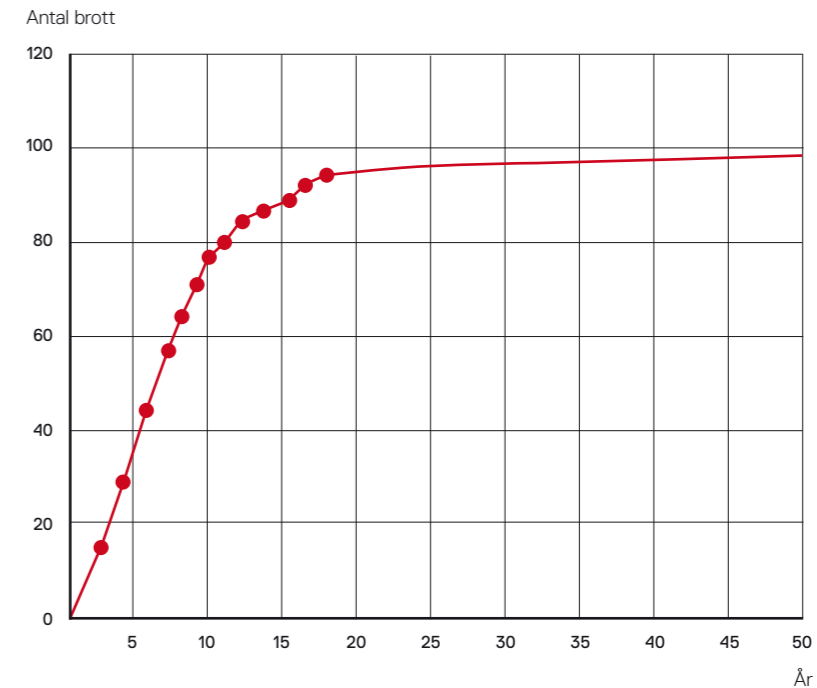
Text: Lars-Åke Almstedt



**Lars-Åke Almstedt**, senior rådgivare och specialist på inomhusklimat, hos ACC Glasrådgivare skriver här om riskerna med värmebehandlat glas. Lars-Åke kommer fortsättningsvis att medverka i tidningen GLAS med fler artiklar om angelägna produkter, konstruktioner, funktioner och företeelse i glasbranschen.



Sprickmönster i värmeförstärkt glas.



ACC har nu funnits cirka 30 år på marknaden och genomfört betydligt mer än 3 000 betalda uppdrag. Våra drygt 20 medarbetare som arbetar med glasade konstruktioner har genom åren fått en avsevärd kunskapsbank som samlats i en egen ACC-WIKI som till viss del även försökts delge branschen genom olika publicerade böcker och dokument. Nu senast som medförfattare till den nu uppdaterade versionen av boken *Bygga med glas – möjligheternas material*.

Tyvär har vi som konsulter, projektörer och besiktningsmän upplevt att värmebehandlade glas inte sällan väljs och installeras så att onödiga problem och risker uppstår. Detta kan ge stora problem och negativa konsekvenser för glasbranschen och dess material *glas* med så fina och unika egenskaper som betyder så mycket för vårt välbefinnande.

Denna artikel belyser problematiken och ge råd för säkrare glaskonstruktioner vad gäller värmebehandlade glas och därmed reducerar antal missnöjda fastighetsägare med flera.

## Värmebehandlat glas

Det finns tre skäl att värmebehandla glas:

1. Öka glasets hållfasthet
  2. Eliminera risk för värmesprickor, sk termiskt bräckage
  3. Göra glas personsäkert
- Värmebehandlat glas kan inte bearbetas till exempel tillskåras, borras eller göra urtag i, detta måste alltid utföras innan värmebehandling.

Man kan värmebehandla glas vanligtvis med tjocklek mellan 3–12 mm. För hårdat glas kan vissa även utföra 15 och 19 mm

glastjocklek. Ugnar för värmebehandling av glas i Sverige vad vi känner till klarar glasbredd på max 2,8 m och längd upp till 6 m. Utomlands finns ugnar som klarar ännu större format på glas, ca 3,2 x 7 m.

## Två typer av värmebehandlat glas förekommer:

1. Hårdat glas betecknas ofta med "T" av tillverkare (Toughened eller Tempered).
2. Värmeförstärkt glas betecknas ofta med "HS" (Heat Strengthened).

Värmebehandlat glas skall alltid märkas beständigt enligt gällande standard för hårdat respektive värmeförstärkt glas.

Hårdat glas framställs genom att det värms upp i ugn tills det börjar mjukna vid ca 620°C och därefter kyls av snabbt med fläktar som blåser sekventiellt över ytan, som kyls till under 300°C.

Värmeförstärkt glas erhålls genom att glass uppvärms i ugn till något lägre temperatur än hårdat glas, ca 600°C, och därefter kyls av långsamt.

Detta innebär att process för värmeför-

stärkning av glas är mer komplicerad och tar längre tid än för härdning av glas.

Hårdat glas har varit helt dominerande på den nordiska marknaden i stort sett fram till nu, även om ACC försökt påverka marknaden mot värmeförstärkt glas genom föreskrifter i beskrivningar med genom åren allt starkare kravställning.

Tabell nedan visar jämförande egenskaper för monolitiskt ej värmebehandlat float, och värmebehandlat värmeförstärkt och hårdat floatglas.

## Kommentarer till tabell nedan:

### Hållfasthet

- Floatglas har ett karakteristiskt hållfasthetsvärde  $F_{b,k}$  ca 45 MPa enligt SS-EN 572-1.
- Värmeförstärkt glas har ett karakteristiskt hållfasthetsvärde  $F_{b,k}$  ca 70 MPa enligt SS-EN 1863-1.
- Hårdat glas har ett karakteristiskt hållfasthetsvärde  $F_{b,k}$  ca 120 MPa enligt SS-EN 12150-1.

## Jämförande egenskaper.

Egenskap	Float	Värmeförstärkt	Hårdat
Hållfasthet faktor	1	2	4
Värmesprickor	Ja (>40 K)	Nej (>100 K)	Nej (>200 K)
Personsäkert	Nej	Nej	Ja
Kan spontant granulera	Nej	Nej	Ja
Distorsion	Nej	Ja	Ja
Iridiens/Anisotropi	Nej	Ja	Ja
Brandskyddsglas	Nej	Nej	Ja

## Värmesprickor

Floatglas som inte värmebehandlas klarar en temperaturskillnad i glaset på ca 40 K förutsatt att glaset är vertikalt och är fyrsidigt infäst och har bra maskinellt bearbetade kanter. Beroende av montageåre vertikalt eller lutande samt om det inte är fyrsidigt infäst reduceras temperaturskillnad då till ca 28K. Vid större temperaturskillnader i en ruta spricker den i kanten.

Med värmeförstärkt och hårdat glas riskeras inga sk termiska bräckage på grund av klimat, installationer eller påverkan av solenergiställning, förutom eventuellt i extremfall.

Det förekommer tyvärr en hel del problem med värmesprickor, sk termiskt bräckage, som innebär stora kostnader vilka tenderar att öka med allt mer komplicerade och energieffektiva glaskonstruktioner.

ACC planerar att återkomma med en mer ingående artikel i ämnet termiskt bräckage i tidningen GLAS.

## Personsäkerhet

Ett personsäkert glas ska vid ofrivillig kontakt med en människa antingen inte gå sönder eller brista på sådant sätt så att risken för personskada minimeras.

Det hårdade glasets styrka och ingående spänningar gör att glaset granulerar i små fragment vid brott.

Detta innebär att glaset inte kan orsaka skärskador i samma omfattning som vanligt fönsterglas och betraktas därför som personsäkert. För att göra ett annat glas än hårdat personsäkert måste glaset lamineras. Ett laminerat glas klarar även genomfallsskydd, vilket inte ett hårdat monolitiskt glas gör.

## Spontangranulering

Ett hårdat glas kan spontangranulera utan yttre mekanisk påverkan, detta på grund av att det ibland finns små inneslutningar av nickelsulfider (NiS), som vid den snabba avkylningen i hårdprocessen kan förändra fas så detta kan orsaka att glaset spricker.

När ett termiskt hårdat glas spricker på grund av spontangranulering är risken överhängande att glaset inte faller ur sin ram som små granuler, utan som ett större glas-sjok av väl sammanhållna granuler. Sker detta på en viss höjd över mark eller golv kan det nerfallande glassjoket åstadkomma allvarlig skada på såväl personer som sak.

Att uppskatta risken för spontangranulering är svår. En tumregel säger ett ett glas på mellan 4 och 8 ton glas kan spontangranulera. Om till exempel medelviktt på glas är 10 kilo innebär det 1 glas av 400 eller 800 glas kan befaras spontangranulera. Detta gäller glas som är utsatta för klimatlast. Invändiga glas som inte utsätts för klimatlast kan också spricka utan yttre mekanisk påverkan, dock okänt hur stor risken är, förmodligen avsevärt mindre än för yttre glas i klimatskal.

Man kan avsevärt reducera denna risk genom att utföra ett värmetest på glas efter härdning sk heatsoaktest (betecknad HST). Enligt standard SS-EN 14179-1 värms glaset till över 280°C under 2 timmar, men glasytan aldrig över 320°C varvid nicksulfider som finns inneslutna expanderar och glaset granulerar. Denna värmetest är inte hundra procentigt säker, fortfarande föreligger att 1 på 400 ton glas kan spontangranulera. Med ovanstående vikt på glasskiva 10 kg kan således förväntas att ett glas av 40 000

spontant granulerar. Således kvarstår en viss om än liten risk.

I Sverige finns inget krav på att hårdat yttre glas som monteras på en viss höjd över ståplan skall värmetestas, varför värmetest här sällan förekommer. I andra europeiska länder förekommer det krav på värmetest av hårdat glas som installeras på en viss höjd över ståplan varför heatsoaktest där är vanligt förekommande.

Vad gäller tidsperioden, efter att glas hårdats, som spontangranulering sker finns det studier (Boer-Reed 2002) som säger att 80 procent av skadorna uppstår inom sju år efter termisk härdning, men att det kan förekomma så sent som upp till 20 år efter produktion, se diagram ovan.

ACC har varit anlitade för skadeutredning i ett antal fall av spontangranuleringar, där glas har fallit ner från höjd. Vi kan intyga att skadorna blivit omfattande då glas har kommit i stora sjok av granuler som splittas i en betydande mängd granuler först efter nedslag.

Vi avstår givetvis att nämna exempel från skadeutredningar i Sverige där glas i fasader spontangranulerat och orsakat stora problem och kostnader för berörda.

I stället väljer vi att ge exempel från en byggnad i London som drabbats av detta. En hög byggnad där det yttre glaset var ett hårdat och förmodligen även värmetestat solskyddsglas. I den cirka 100 m höga byggnaden på 125 Old Broad Street (se bild på nästa sida), som byggdes om och tillbyggdes med bland annat nya fasader skedde en spontangranulering av glas som föll ner i gatan. Glaset föll från 15:e våningen, bara 4 månader efter byggnaden blev färdigställd och inflyttad 2009. Glasnedfallet blev flitigt >





125 Old Broad Street i London.

> omtalat i media. Glaset byttes ut med förvisning om att det sannolikt inte skulle hända igen. Men 2012 föll ett nytt glas ner, vilket återigen kunde fått katastrofala följder, men ingen person skadades som tur var då heller.

Fastighetsägaren krävde nu att fasad-entreprenören skulle byta ut samtliga isolerrutor med yttre hårdat glas. Entreprenören utförde installation av nya isolerrutor med yttre värmeförstärkt glas till en mycket stor kostnad för denne.

Entreprenören har sedan dess infört en internorder att aldrig installera hårdat yttre glas i fasader. Hur fastigheten nu ser ut framgår av bild nedan.

#### RÅD FRÅN ACC

- *Installera aldrig termiskt hårdat glas som yttre glas i fasader förutom om glaset är i samma plan som ståplan eller max upp till 4 m ovan mark eller golv.*
- *Använd då istället floatglas, värmeförstärkt glas eller laminerat glas beroende av funktionskrav.*

#### Distorsion

Med distorsion menas förvrängning av bild då man ser genom glas när ett glas inte är helt plant. Då det varma mjuka glaset vilar på rullar i passagen genom glasugnen skapas en större eller mindre vågighet, rullvågor (rollerways) i glasytan. Värmebehandlat glas kan också bli böjt med en radie eller ha kantskador/tångmärken.

För värmebehandlat glas är det inte möjligt att erhålla ett lika plant glas som ej värmebehandlat glas. Hur stor skillnaden blir beror på utrustning, glastjockleksdimensionerna och sidoförhållandet hos glaset; Förvrängning benämnd "pilhöjd" kan därför uppträda. Det finns två typer av pilhöjd:

1. Total pilhöjd
2. Lokal pilhöjd

Total pilhöjd mäts på ett vertikalt glas. Deformationen mäts längs kanterna och längs diagonalerna hos glaset och anges som det maximala avståndet mellan en rak metallinjal eller motsvarande och glasets konkava yta. Enligt båda standarder för värmebehandlade glas tillåts total pilhöjd 0,003 mm/mm för floatglas från normal ugn med processas.

Lokal pilhöjd kan förekomma över ganska korta avstånd längs kanterna. Lokal pilhöjd mäts på en begränsad längd av 300 mm genom att använda till exempel, en rak metallinjal parallellt med glaskanten 25 mm in på glaset. Enligt standard för värmebehandlade glas tillåts en lokal pilhöjd 0,5 mm/300 mm. I standarder för värmebehandlade glas finns tydliga figurer hur mätning av pilhöjd går till. Även kantskador är kvantifierade vad gäller storlek och placering i de två standarderna för värmebehandlade glas SS-EN 12150-1 och SS-EN 1863-1.

Acceptabla avvikelser i planhet är lika stora för såväl hårdade glas som värmeförstärkt glas, men vid process för värmeförstärkt glas är det sällan man kommer i närheten av föreskrivna maxvärden enligt standard.

Denna vågighet i glas yta kan ge en förvrängning av bild som ökar vid ökad betraktningvinkel mot glas. För ett mer reflekterande glas är vågigheten mer framträdande. Den största förvrängning av bild fås i laminerat värmebehandlat glas tack vare lins-effekt mellan två inte helt parallella ytor.

ACCs uppfattning är att standarden är för snäll mot tillverkare av värmebehandlade glas och vi förstärker därför kraven på plan-

het sedan en längre tid, till ungefär 50 procent förbättring av glas planhet i förfrågningsunderlag liksom även för acceptabel kantskador.

Även flera internationella tillverkare ställer interna förstärkta planhetskrav på levererade glas i nivå med ACC. För värmeförstärkt glas kan man förstärka kraven ytterligare. I USA, där värmeförstärkt glas är vanligt förekommande som yttre glas i fasader, ställs planhetskrav inte sällan i nivå 50 procent högre krav än ACCs redovisade kravnivå ovan.

Flera stora glastillverkare i USA påpekar också distorsionsrisk för värmebehandlade laminerade glas till kunder och rekommenderar fullskaleprov som skall godkännas av kund innan tillverkning av alla glas sker.

#### RÅD FRÅN ACC

- *Ställ högre krav på planhet för värmebehandlade glas än gällande standard.*
- *Det kan också vara en god idé att specificera krav på hur djupa rullvågor får vara exempelvis max 0,1 mm för ett 6 mm glas.*
- *Undvik värmebehandlade lamellglas, och om det är oundvikligt göra fullskaleprov på glas för godkännande och använd glaset som referensglas.*

#### Iridiens/Anisotropi

Ojämn värmeförlopp under värmeförloppet samt små temperaturskillnader i glaset under kylförloppet resulterar i en variation av spänning och densitet i olika skikt i glaset. Skillnaden är inte stor men leder till olika ljusbrytning i glaset. Detta ger upphov till en visuell effekt benämnd "iridiens" eller "anisotropi" ibland benämnd även "leopardfläckar". Den visuella effekten framträder som ett färgskimmer med förnimelse



En visuell effekt i glaset benämnd "iridiens" eller "anisotropi" ibland även kallad "leopardfläckar".

av mörkt färgade band eller vägsträck i glaset vid infall av polariserat ljus, framför allt i sjö- och havsnära miljöer, ofta 2-3 timmar före solnedgång. Enligt standard SS-EN 12150-1 för termiskt hårdat glas är iridiens i hårdat glas en fysikalisk effekt och kan inte klassas som ett visuellt fel.

Det finns utrustning som kvantitativt kan mäta förekomst av iridiens i hårdat glas. Samtidigt finns kunskapen hur en hårdprocess skall styras för att minska förekomsten av iridiens.

Detta var ett ämne som diskuterades på Glass Processing Days i Finland 2017.

Denna visuella effekt kan av besiktningssman inte betraktas som en defekt som skall åtgärdas av leverantör/entreprenör om inte annat är specificerat i beställning eller förfrågningsunderlag.

Iridiens förekommer oftare vid tjockare glas, från 8 mm och för belagda glas.

Nu får vi hoppas att text om acceptans av iridiens i framtiden tas bort ur standard SS-EN12150-1 och ersätts av en ny standard om iridiens för termiskt hårdat glas.

#### RÅD FRÅN ACC

- *Minimera hårdat glas i fasader.*
- *Var särskilt försiktiga med hårdat glas i kustområden.*
- *Specificera krav beträffande iridiens.*
- *Om Ni beställer hårdat glas köp då av tillverkare med tekniskt kunniga medarbetare som har erkänt stabil hårdprocess.*

annonsplats