

Hittebehandeld hout

Al in de jaren 70 heeft men ontdekt dat hout behandeld bij hoge temperatuur een belangrijk voordeel biedt, het krijgt nl. een hogere 'natuurlijke' duurzaamheid. Vandaag is het accent echter ook komen te liggen op het verbeteren van de vormstabiliteit, want daardoor wordt het zwel-krimpgedrag en de bijbehorende tendens tot vervorming door vochtwisselingen verbeterd. Een stand van zaken.

Tekst: Prof. Dr. ir. Joris Van Acker & Prof. Dr. ir. Marc Stevens, Laboratorium voor Houttechnologie (Universiteit Gent)

Wat is hittebehandeling?

Hout behandeld bij hoge temperatuur om een betere vormstabiliteit te bekomen is niet nieuw. Burmester publiceerde in 1973 al de basisprincipes van wat hij het FWD-proces (*Feuchte Wärme und Druck*) noemde. Het betreft eigenlijk een gecontroleerde pyrolyse van hout waarbij het wordt verhit (> 180 °C) in afwezigheid van zuurstof (O₂), zodat chemische wijzigingen optreden. Er worden hiervoor verschillende routes gevolgd, waarbij niet enkel het temperatuurtraject maar ook de atmosfeer waarin gewerkt wordt kan verschillen: stikstofgas, stoom,... Deze opties hebben vanzelfsprekend gevolgen voor de manier waarop het hout kan opgewarmd worden. Zo kan ook gebruikgemaakt worden van hete olie als medium.

Hout bestaat vooral uit cellulose (glucosepolymeer) en lignine (polyfenolpolymeer), maar ook gedeeltelijk uit hemicellulosen (polymeren van verschillende suikers). Hoge temperatuurbehandeling beoogt vooral op de hemicellulose in te werken en gedeeltelijk ook de lignine te herstructureren. Dergelijke omzettingen gebeuren bij dermate hoge temperaturen dat de aanwezigheid van zuurstof onherroepelijk aanleiding geeft tot oxidatie en zelfs tot zelfontbranding. Polymeren, zoals hemicellulosen en lignine, hebben een glastransitietemperatuur waarboven ze soepel en flexibel worden. Deze toestand, in combinatie met een reeks chemische omzettingen, geven aanleiding tot nieuwe chemische structuren en herpolymerisatie.

Waarom hittebehandeld hout?

Het hittebehandeld hout zal verschillen in eigenschappen naargelang de procesvoering, maar beoogt vooral de twee belangrijkste tekortkomingen van hout als biologisch materiaal te verbeteren. Eerst is er de biodegradeerbaarheid die kan aangepast worden in functie van de toepassing en de verwachte gebruiksduur. Hittebehandeld hout wordt daarom wel eens beschouwd als een nieuwe houtsoort met een 'natuurlijke' duurzaamheid vergelijkbaar met bijvoorbeeld tropische loofhoutsoorten. Veelal wordt de weerstand tegen houtrot als belangrijkste criterium gebruikt voor bovengrondse toepassingen in buitenklimaat. Bij gebruik in grondcontact bepalen ook zachtrotschimmels mee hoe lang een element functioneel blijft. Hoewel er meerdere positieve indicaties zijn voor hittebehandeld hout van een verhoogde weerstand tegenover deze aantastingen, lijkt dit naar de toekomst niet de primaire doelstelling te worden. Veelal wordt uitgekeken naar toepassingen waar ook een verbetering van dimensionele stabiliteit een belangrijke rol speelt. Door de chemisch-fysische wijzigingen van het hout wordt inderdaad een tweede tekortkoming van hout, namelijk zijn zwel-krimpgedrag en bijbehorende tendens tot vervorming tengevolge vochtsorptie verbeterd. Technologisch wordt deze verbetering veelal uitgedrukt door middel van een ASE-waarde. Deze ASE (*Anti Shrink/Swelling Efficiency*) drukt uit in welke mate het behandelde hout minder zwelt of krimpt dan het uitgangsmateriaal. Courant worden hier waarden in de buurt van 50 % gehaald.

Gebruikte technologie en behandelingsmethoden

Voor bepaalde procesvoeringen kan gebruik gemaakt worden van omgebouwde droogovenapparatuur. Sommige processen vereisen het gebruik van vacuümdruk-impregneerinstallaties die kunnen werken bij verhoogde temperatuur, vergelijkbaar met creosoteerinstallaties. Stoombehandelingen behoeven dan weer specifieke apparatuur. Naargelang het land waar de opschaling van de basisprocessen plaatsgreep werden verschillende uitvoeringen van hoge temperatuurbehandeling ontwikkeld.

ThermoWood®

In Finland hebben verschillende bedrijven zich wat kwaliteitsbeheersing en informatieverstrekking betreft verenigd onder het label ThermoWood®. De Finse producten verhandelt onder het merk ThermoWood® worden verkregen door een behandeling onder hoge temperatuur en door gebruik te maken van waterstoom in aangepaste droogovens. Het proces werd op punt gesteld door VTT in Espoo. Enkele voorbeelden van bedrijfsnamen die hittebehandeld hout uitvoeren zijn: Finforest, Stellac Wood, Stora Enso, UPM-Kymmene (meer details op de website van ThermoWood).

Plato®

In Nederland werd, uitgaande van bevindingen bij Shell, gewerkt aan een gefaseerde procesvoering, beter bekend onder de commerciële benaming Plato®. Het Nederlandse Plato®-proces bestaat uit verschillende fasen:

- een **hydro-thermolys**e: In de inleidende hydro-thermolys wordt het hout verhit tot 150°C-180°C in een verzadigde omgeving bij een verhoogde druk. Tijdens deze eerste stap vindt de selectieve conversie van twee belangrijke componenten in het hout plaats (hemicellulose en lignine) welke verder worden omgezet in de derde stap. Zo wordt hemicellulose omgezet in aldehydes en worden enige organische zuren gevormd. De cellulose blijft nagenoeg intact, wat cruciaal is voor de goede mechanische eigenschappen van het behandelde hout.
- een **droogfase** in conventionele industriële houtdrogers (condensatiedrogers);
- een **polymerisatiefase** (of curingfase): het hout wordt opnieuw verhit tot 170°C-190°C, maar onder droge omstandigheden. Tijdens deze fase treden de condensatie en vernettingsreacties op: de gevormde aldehydes reageren met geactiveerde lignine moleculen tot apolaire (waterafstotende) verbindingen en dit leidt tot een verdere vernetting van het lignine complex.
- een **conditioneringsfase** in conventionele industriële droogkamers tot gebruiksvochtgehalte.

Bois rétifé®

Ook in Frankrijk zijn al geruime tijd initiatieven tot opschaling lopende waarvan verschillende gebaseerd zijn op de bevindingen in 'L'école des mines de St-Etienne'. Deze processen worden uitgevoerd onder stikstofatmosfeer en veelal bij een iets hogere temperatuur dan het geval is in Finland. De behandeling verloopt bij temperaturen tussen 200 en 240°C en vindt plaats in een afgesloten omgeving, in afwezigheid van zuurstof. Een meer algemene benaming in Frankrijk is *Bois rétifé®* en bepaalde patenten worden er beheerd door het bedrijf NOW (*New Option Wood*). Een eenvoudige beschrijving van dit proces omvat volgende aspecten:

- bij de hittebehandeling gaan de hemicelluloses zich afscheiden en verdampen.
- door thermocondensatie fixeren ze zich op de lignine, waardoor zij nieuwe moleculaire verbindingen gaan vormen. De temperatuur moet streng in acht worden genomen om de mechanische eigenschappen van het hout niet te schaden.
- overigens bekomt men bijproducten, zoals azijnzuur, furfural, methanol en CO₂.

De term "geretificeerd" is een nieuwe term ontstaan door samentrekking van "retificatie" (herschikking van bepaalde moleculaire kettingen onder invloed van warmte) en van het Franse "torréfaction" (branden), en wordt stilaan de gebruikelijke benaming voor behandelingen van hout onder hoge temperatuur. Het merk "Bois rétifé®" is gedeponeerd, net als alle woorden die de stam

"RETI" gebruiken, voor zover zij betrekking hebben op een procédé op basis van hout. De namen RETIBOIS, RETITECH, RETIMAC, HTT staan voor bedrijven die volgens dit procédé werken.

Verder werden in Frankrijk (CIRAD, Montpellier), maar ook in Duitsland (BFH, Hamburg & Menz-Holz) al enkele opschalingen gerealiseerd waarbij het hout opgewarmd wordt in olie. In Canada en Oostenrijk zijn er ook initiatieven, maar het is niet steeds duidelijk of hier echt opschaling binnen de bedrijven wordt beoogd of eerder de verkoop van technologie. Ten slotte zijn er nog enkele nieuwe procesontwikkelingen in onderzoek, onder andere in de opschalingsfase, waaronder sommige wellicht binnen afzienbare tijd tot industriële productie zullen overgaan.

Welke houtsoorten ?

Alle houtsoorten komen in principe in aanmerking voor hittebehandeling. De chemische en anatomische verschillen tussen loofhout en naaldhout maken de procesvoeringen wel verschillend. Verder is het vanzelfsprekend dat fouten in het uitgangsmateriaal, zoals kwasten, tot uiting zullen komen in het eindproduct. Het hout moet in de eerste fase droog zijn of in elk geval voorgedroogd worden. Een versterking van initiële fouten, evenals het risico tot optreden van droogfouten, vereisen een processturing in functie van de gewenste eindkwaliteit en toepassing. Naaldhoutsoorten en lichte loofhoutsoorten, zoals populier en esp, die hiervoor meestal minder problematisch zijn, krijgen de voorkeur. Snelgroeïende en makkelijk te drogen naaldhoutsoorten, zoals radiata pine, zijn aanzienlijk eenvoudiger te behandelen dan bijvoorbeeld ringporige loofhoutsoorten. Maar zelfs indien er gewerkt wordt met uniform materiaal – één houtsoort/één dimensie – zal de variabiliteit in volumegewicht (densiteit), foutfrequentie, algemene houtkwaliteit en het houtvochtgehalte aanleiding geven tot mogelijks belangrijke verschillen in eindkwaliteit tussen individuele balken of planken.

Processturing

De meeste producenten van hittebehandeld hout beweren perfecte controle te hebben over hun proces en in staat te zijn eindproducten af te leveren met gerichte eigenschappen. Het feit dat regelmatig gewezen wordt op bepaalde tekortkomingen in die zin, maakt nogmaals duidelijk dat een goede processturing van uitermate groot belang is. Het houtvochtgehalte bij aanvang en het droogproces vormen een eerste basis. Verder is het vanzelfsprekend dat de bereikte temperatuur, evenals de manier van opwarmen en afkoelen, hun belang hebben. Niet in het minst moet rekening gehouden worden met de interactie met het houtvochtgehalte en met krimp en vervorming van het hout, maar ook met de dimensie van het te behandelen materiaal. Vooral bij grotere dimensies zullen buiten- en binnenkant de hoogste temperatuur bereiken op een ander moment en voor een verschillend tijdsinterval. Waar bij conventionele droogprocessen veel aandacht uitgaat naar de uniformiteit van de behandeling, o.m. door stabiele luchtstroom met specifieke temperatuur en luchtvochtigheid, mag verondersteld worden dat dit nog belangrijker wordt wanneer aanzienlijk hogere procestemperaturen worden bereikt. De uniformiteit van het proces in de installatie is inherent aan het kritische temperatuurverloop. Verschillen in de globale procesparameters worden beschouwd als de instrumenten om materiaal te produceren met verschillende eigenschappen. Zo wordt in Finland een onderscheid gemaakt tussen de klasse Thermo-S, welke staat voor stabiliteit en de klasse Thermo-D gericht op biologische duurzaamheid (zie *Tabel onderaan*).

Kwaliteitscontrole

Het eindproduct van een hittebehandeling is niet uniform. Houten producten zijn echter nooit uniform en de houtsector is normaliter vertrouwd met onzekerheden en variabiliteit in kwaliteit. Bij chemisch verduurzaamd hout wordt variabiliteit gecompenseerd door voldoende hoge productdosering en de eenvoud en betrouwbaarheid van procescontrole, en niet in het minst door eenvoudige chemische analyse van het eindproduct. Allerlei normeringen en technische voorschriften laten toe de kwaliteit te beheersen. Voor thermisch behandeld hout is de controle van het eindproduct moeilijk. Chemische analyses ter controle van de juiste procesvoering zijn zeer moeilijk te realiseren. Pogingen om via detectie van radicalen eigenschappen te achterhalen hebben tot nu toe enkel een academische betekenis. De bruine verkleuring lijkt een prima parameter en wordt in verschillende Finse bedrijven gebruikt om het materiaal te sorteren in kwaliteitsklassen. Het is echter onmogelijk dit criterium te veralgemenen aangezien het best mogelijk is om donkerbruin hout te produceren zonder gebruik te maken van een gecontroleerd hittebehandelingsproces. De beste optie kan er in bestaan de gewijzigde fysische eigenschappen van het hout te controleren. Dat kan via de bepaling van een evenwichtsvochtgehalte, of via een eenvoudige zwel-krimpbeproeving. Dergelijke testmethodes zijn echter nog niet getoetst aan alle processen en onderlinge vergelijking van de toepasbaarheid in functie van de uiteindelijke kwaliteit is nog niet aan de orde.

Uiteindelijk kan op dit ogenblik enkel een grondige procescontrole de basis vormen voor een kwaliteitsgarantie. De eenvoudige stelling dat het eindproduct 'een nieuwe houtsoort' is, zal niet voldoende zijn wanneer hoge kwaliteit van het eindproduct wordt verwacht door de eindgebruiker.

Kwaliteit van het eindproduct

Hittebehandeld hout wordt in vele gevallen aangeboden omwille van zijn verhoogde biologische duurzaamheid. Deze hogere weerstand tegen houtrot wordt niet bekomen door toevoeging van biociden, zoals bij chemische houtverduurzaming maar door wijzigingen in chemisch-fysische opbouw van het hout. Houtrotschimmels zijn niet langer in staat het hittebehandeld hout als voedingsbron te gebruiken. Hier kan al opgemerkt worden dat schimmels die het hout zelf niet als nutriënt gebruiken veelal niet geremd worden in hun ontwikkeling. Ondermeer blauwschimmels en oppervlakteschimmels lijken geen hinder te ondervinden van de behandeling en kunnen zich verder sterk ontwikkelen. Zij veroorzaken echter nooit structurele schade en hebben duidelijk behoefte aan hogere vochtomstandigheden.

De verbeterde relatie tot vocht is een tweede belangrijke kwaliteitsparameter voor hittebehandeld hout. Door hoge temperatuurbehandeling wijzigt het hout in zijn vochtsorptiegedrag. Niet alleen het evenwichtsvochtgehalte wijzigt maar vooral de lagere zwel-krimp (hogere dimensionale stabiliteit) zijn een groot voordeel. Dit is vanzelfsprekend een verbetering welke toelaat bestaande vormstabiele toepassingen, zoals buitenschrijnwerk en parket, beter aan te kunnen, maar is verder ook indirect verantwoordelijk voor een betere algemene performantie. Zo zal het houtoppervlak minder zwellen en krimpen in functie van weersomstandigheden en daardoor kan een verhoogde verweringsweerstand van afwerkingsystemen, zoals verven en lazuren, worden verkregen.

Vooraf in Scandinavië wordt veel aandacht besteed aan de donkerder kleur van het hittebehandeld hout. In deze landen is er geen traditie van donkere (tropische) houtsoorten en wordt het licht tot donkerbruine hittebehandelde hout als een welkom extra materiaal beschouwd, vooral geschikt voor de esthetisch gevoelige interieurbouw.

Chemisch-mechanische eigenschappen

Algemeen wordt gesteld dat een beperkt tot significant verlies aan sterkte mogelijk is in functie van het geselecteerde proces en daaraan verbonden kwaliteit. Dat verlies aan sterkte is verbonden met het massaverlies dat optreedt tijdens het productieproces. Voor de toepassing van hittebehandeld hout in houtconstructies is enige voorzichtigheid dan ook aangewezen. Dat geldt vooral gezien de nog beperkte kennis van bv. de lange duursterkte (kruip o.a.), evenals van het specifiek mechanosorptief gedrag.

Door hittebehandeling wordt het hout brosser, een kenmerk dat zich vooral uit in een lagere dynamische slagbuigsterkte of breukslagarbeid. Dit maakt dat het materiaal minder geschikt is voor bijvoorbeeld sporttoestellen en werktuigstelen. Er zijn tevens aanwijzingen dat de dwarstreksterkte en splijtweerstand dalen door beïnvloeding van de ligninerijke middenlamella (de verbinding tussen de houtcellen). Hoewel dat niet steeds relevant is voor de toepassing zelf, blijkt het toch enkele praktische problemen te veroorzaken. Zo blijven splinters vlugger steken in de handen van arbeiders die het materiaal manipuleren en wordt het houtstof soms aangeduid als fijner en iets meer irriterend dan dat van het onbehandelde hout.

Chemische veranderingen in het hout kunnen ook verouderings- en verweringsprocessen beïnvloeden. Sommige hittebehandelingen blijken deze aanzienlijk te versnellen, zodat blootstelling aan weersinvloeden gebaat is met een degelijke afwerkingsfilm. Analoog kunnen wijzigingen optreden met betrekking tot verlijmingsmogelijkheden. Aangezien bepaalde chemische stoffen afgescheiden worden van het hout tijdens de hittebehandeling zelf, kan verondersteld worden dat mogelijks ook emissies kunnen optreden vanuit het eindproduct. Hoewel het materiaal duidelijk een geur heeft, zijn er geen aanwijzingen dat emissies naar lucht of water zouden verschillen van de houtsoorten die in analoge toepassingen worden gebruikt.

Beschikbaarheid

Momenteel zijn de beschikbare hoeveelheden hittebehandeld hout nog beperkt. De aangeboden hoeveelheden liggen veeleer in de buurt van enkele duizenden kubieke meter materiaal dan in de grootteorde van vele honderdduizenden kubieke meter zoals soms wordt vooropgesteld.

Toepassingen

Bekledingsmateriaal voor muren blijkt op dit ogenblik de belangrijkste toepassing te zijn. Gezien de kleur wordt in Scandinavië een aanzienlijk deel gebruikt voor het marktsegment wandbekleding in binnenhuistoepassingen. Er worden echter ook al verschillende zaken gerealiseerd als gevelbekleding in buitentoepassingen. Analoog daarmee is de toepassing in geluidwerende wanden langs autowegen. Buitenschrijnwerk (ramen/kozijnen en deuren) en tuinmeubilair zijn vooralsnog geen sterke toepassingen, mede waarschijnlijk door de hoge kwaliteitseisen en een onduidelijke voorkennis van de precieze kwaliteitstoleranties. Een toepassing zoals terrasvloeren wordt ook vlugger opgenomen in het gamma. Vergelijkbaar met de introductie van een nieuwe houtsoort moet ook hittebehandeld als innovatief product een positie in de markt veroveren op basis van kwaliteit, beschikbaarheid, prijs en functionaliteit.

Enkele nuttige referenties

Burmester, A. (1973) Einfluss einer Wärme-Druck-Behandlung halbtrockenen Holzes auf seine Formbeständigkeit. Holz als roh- und Werkstoff 31: 237-243.

Chanrion, P. en Schreiber, J. (2002) Bois traité par haute température. Éditions CTBA. ISBN 2-85684-053-1. 115 blz.

Jones, D. (2003) Wood modification processes in Europe – An overview. Brochure opgesteld in het kader van 'The European Thematic Network for Wood Modification'.

Militz, H. (2002) Heat treatment technologies in Europe: scientific background and technological state-of-art. International Research group on Wood Preservation. Document IRG/WP 02-40241, 19 blz.

Rapp, A. (2001) Review on heat treatments of wood. Proceedings of Special Seminar, Antibes, Frankrijk, COST Action E22 'Environmental optimization of wood protection', 65 blz.

Teischinger, A. en Stingl, R. (2002) Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen – Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung (ihf) und der Verband Holzwirte Österreichs (VHÖ). Universität für Bodenkultur Wien, Band 3, ISSN 1681 – 2808. 260 blz.

Van Acker, J. en Hill, C. (2003) Proceedings of the First European Conference on Wood Modification, Gent. EUR 20639, ISBN 9080656526. 414 blz.

Vernois, M. (2004) Menz Holz: une première unité industrielle de traitement oléothermique. CTBA Info N° 104, 25-27

Tabel 1. Samenvatting van de invloed van het ThermoWood proces op de hout eigenschappen, ingedeeld volgens behandelingsklasse

Naaldhout (grenen en vuren)	Thermo-S	Thermo- D
Behandelingtemperatuur	190 °C	212 °C
Weerstand tegen weersinvloeden	+	++
Dimensionele stabiliteit	+	++
Buigsterkte	geen wijziging	-
Donkere kleur	+	++
Loofhout (berken en esp)	Thermo-S	Thermo- D
Behandelingtemperatuur	185 °C	200 °C
Weerstand tegen weersinvloeden	geen wijziging	+
Dimensionele stabiliteit	+	+
Buigsterkte	geen wijziging	-
Donkere kleur	+	++

Bron: www.thermowood.fi

Interessante websites

Finnish Thermowood Association
c/o Wood Focus Oy
P.O. Box 284 (Snellmaninkatu 13)
FIN-00171 Helsinki
FINLAND
Tel. +358 9 6865 4522
Fax +358 9 6865 4530
www.thermowood.fi

Plato Wood Products BV
Industrie Park Kleefse Waard
Westervoortstedijk 73
P.O. Box 2159
6802 CD Arnhem
Nederland
Tel. +31 26 3664666
Fax +31 26 3661553
www.platowood.com

Voor meer informatie

Laboratorium Houttechnologie
Coupure links 653
9000 Gent
Tel 09 2646120
Fax 09 2646233
e-mail: joris.vanacker@ugent.be