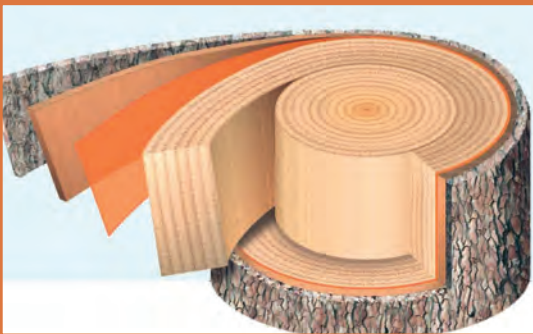




## فصل ۳

# خشک کردن و حفاظت صنعتی چوب



## خشک کردن تراشه‌های چوبی با پمپ حرارتی جذبی

مقدمه‌ای کوتاه بر چوب خشک‌کنی با استفاده از کوره‌های خورشیدی

An introduction to drying wood using a Solar assisted kiln.

توجه: در این فصل از عبارات انگلیسی هم استفاده شده است تا هنرآموزان محترم هنرجویان را به یادگیری پودمان پنجم کتاب بیشتر راهنمایی و هدایت کنند و به عنوان تحقیق و پژوهش از هنرجویان تکلیف بخواهند.



### کوره خورشیدی چیست؟

What is a Solar Wood Kiln?

کوره خورشیدی همان کوره‌های چوب خشک‌کنی معمولی دارای «سیستم حرارتی و گردش هوا» است، فقط به جای سوخت فسیلی از گرمای خورشید استفاده می‌شود.

Conventional “Heat & Vent kiln” with the heat needed for drying supplied by solar energy rather than fossil fuels.





کوره‌های خورشیدی از نظر محیط‌زیست کاملاً پاک هستند.  
 در کوره‌های معمولی، ۶۶٪ کل انرژی مصرفی برای خشک کردن چوب‌آلات، صرفاً برای خشک کردن استفاده می‌شود.  
 با استفاده از کوره‌های خورشیدی، انرژی مصرفی در عملیات خشک کردن را می‌توان تا بیش از ۷۵٪ کاهش داد. (این مقدار یعنی ۴ پوند یا کمتر برای هر متر مکعب)  
 تولید چوب‌آلات خشک شده در کوره‌های خورشیدی باعث افزایش ارزش آنها، کیفیت بالاتر، و هزینه بسیار کمتر می‌شود.  
 کوره‌های خورشیدی از نظر محیط‌زیست کاملاً پاک هستند.

In conventional wood kilns, 66% of all the energy used in producing dry wood planks is for drying alone.

Using a Solar Wood Kiln, the energy used in the drying operation can be cut by more than 75% to £4 / m<sup>3</sup> (or less)

Solar Kilned wood has a higher value, high quality, and costs a lot less to produce.

## آب در چوب

بیش از یک سوم حجم چوب‌های تازه بریده شده را آب تشکیل می‌دهد.

Over 1/3 of the volume of freshly felled timber is water

برای آنکه با محیط اطرافش به تعادل برسد، بیشتر این آب باید از چوب خارج شود.

To be in equilibrium with its surroundings when in use, most of this water has to be removed.

درصد رطوبت مطلوب، مطابق استاندارد شماره ۱۱۸۶ بریتانیا

Desirable moisture content values from BS 1186

Exterior Joinery - 16 to 18% مصارف خارجی ۱۶ تا ۱۸ درصد

Garden furniture – 16%

مبلمان باغی ۱۶ درصد

Internal furniture – 10 to 12%

مبلمان داخلی ۱۰ تا ۱۲ درصد

Mantel pieces - 9% چوب‌آلات تاقچه و کنار شومینه ۹ درصد

As the wood dries

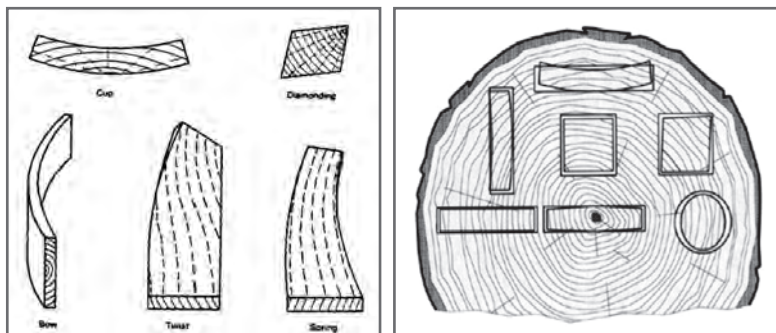
چوب، بر اثر خشک شدن دچار

به صورت ناهمسان، همکشیده می‌شود.

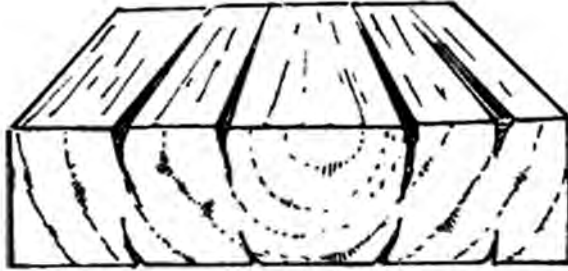
As wood dries it shrinks – unevenly!

تنش‌های رویشی طی خشک شدن، تشدید می‌شوند.

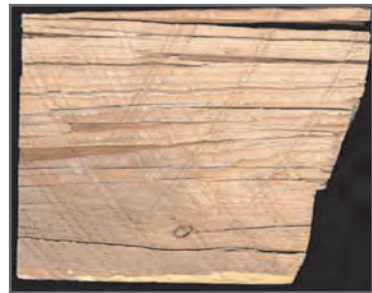
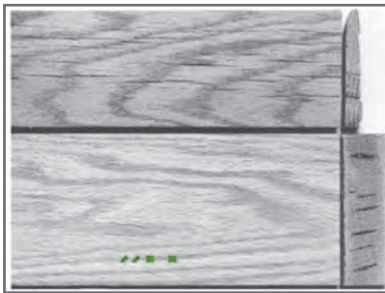
Growth characteristics are amplified during drying



## معايب ناشی از خشک شدن Drying defects



ترک‌های سطحی Surface shake



چوبی که به سرعت خشک شود ممکن است از درون یا برون دچار گسیختگی شود.

Wood dried too quickly can split inside and out!

چرا باید چوب‌آلات را در کوره خشک کرد؟

Why kiln dry timber ?

چوب‌هایی که در مناطق شرجی و خیلی مرطوب باشند، پایین‌تر از ۱۸-۲۰٪ خشک نمی‌شوند.

Wood in very humid area will not “air dry” below about 18-20%.

برای جلوگیری از اغتشاش بیش از حد، چوب‌های به کار رفته در ساختمان‌هایی که حرارت می‌بینند، باید دارای رطوبت ۹ تا ۱۳٪ باشند.

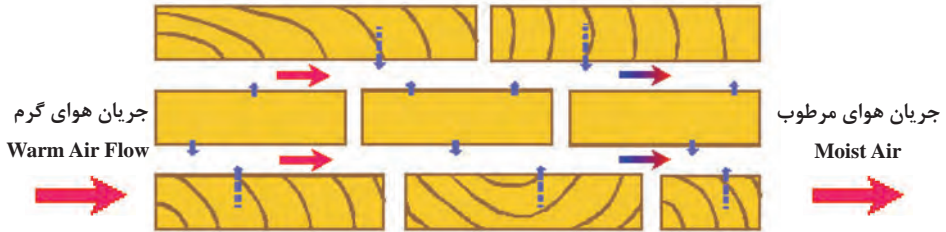
To avoid too much distortion!

Wood used in heated buildings needs to be a moisture content of 9-13%.



## عناصر خشک شدن Drying Elements

جریان رطوبت از مرکز تخته‌ها  
Moisture movement from centre of planks



گرما - در هنگام حرکت بین چوب‌ها، رطوبت چوب را می‌گیرد.

Heat - gets moisture in the wood moving.

جریان هوا - توسط فن‌های برقی تامین می‌شود و گرما را به چوب منتقل و رطوبت را جذب می‌کند.

Air Flow - supplied by electric fans - transfers heat to the wood and takes away moisture.

رطوبت - میزان رطوبت موجود در هوا.

Humidity - the amount of moisture in the air.

اندازه‌گیری محتوای رطوبت

Moisture Content Measurement

چوب پایین‌تر از ۳۵٪ را می‌توان با کمک رطوبت‌سنج‌های الکترونیکی اندازه‌گیری کرد.

Wood below 35%:

Measure the electrical resistance of the sample to find the moisture content.

برای تعیین درصد رطوبت چوب آلات بالاتر از ۳۵٪ از روش توزینی (وزن خشک و تر) استفاده کنید، زیرا روش مقاومت الکتریکی کارآیی ندارد.

Wood above 35%:

Resistance method does not apply.

Use "oven dry method"



### برتری های کوره خورشیدی

#### Privileges of Solar Kiln

هزینه های جاری پایین

کیفیت بالا

کارآیی بسیار خوب

هزینه اولیه کم

برتری های کوره خورشیدی

#### Privileges of Solar Kiln

Low running cost

- £2 per week

(or less)

High quality

- low degrade

Performance

- from air dry to 10-12%

between 8-12 m<sup>3</sup> / year.

Low initial cost

- about £1500 in materials for 2 m<sup>3</sup> kiln.





## عیب‌های کوره‌های خورشیدی

### Solar Wood Kiln - Disadvantage

برای دستیابی به خشکی مناسب، محدود به ۷ ماه از سال هستیم (البته این محدودیت در کشور انگلستان است ولی در کشور عزیز ما کمتر است).

Limited to about 7 months of good drying per year.

مدیریت زمانبندی برای تهیه چوب‌آلات

### Management of wood supply:

عملیات قطع، برشکاری و خشک کردن در ماه‌های زمستان.

Felling, milling and air drying during winter months.

ذخیره‌سازی (انبار) چوب‌آلات خشک‌شده در کوره در پوشش‌های پلی‌تنی و یا در فضاهایی که از نظر رطوبت تحت کنترل هستند.

Storing kiln dried wood in polythene sheeting or in humidity controlled atmosphere.

تئوری کوره‌های خورشیدی

### Solar Wood Kiln - Theory

کنترل حرارت در کوره‌های خورشیدی دشوار است.

Temperature in a Solar Kiln is difficult to control

کنترل رطوبت نسبی هوا = کنترل درصد رطوبت چوب‌آلات.

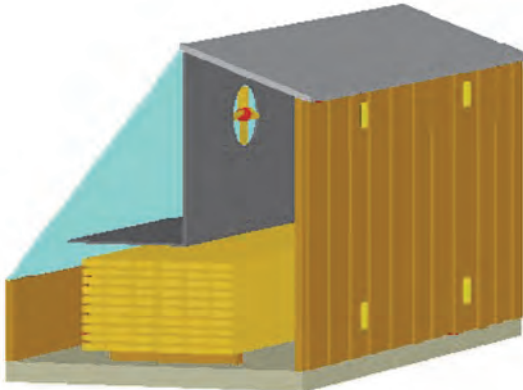
Control of humidity = Control of Moisture Content

فرایند خشک شدن = گرما + جریان هوا + کنترل رطوبت نسبی

Heat + Air Flow + Humidity Control = Wood Drying

چگونگی عملکرد کوره‌های خورشیدی

### Solar Wood Kiln - How it works

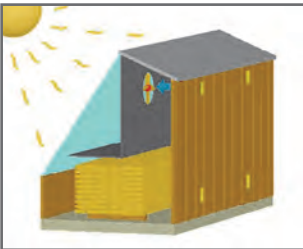


## چگونگی عملکرد کوره‌های خورشیدی



Sunrise

هنگام تابش خورشید



Sunrise:  
Fans switch on

هنگام تابش خورشید:  
فن‌ها روشن می‌شوند.



جریان گردشی هوا باعث گرم شدن محیط می‌شود.  
Circulating air:  
Warms up



جریان هوا از لابه‌لای دسته‌های چوبی می‌گذرد و باعث  
گرم شدن آنها می‌شود.  
Air flows through wood stack:  
Wood heats up



برای از دست ندادن گرما، هوای درون کوره را به طور  
گردشی (سیرکوله) به جریان می‌اندازند.  
Air circulates:  
For further heating up

رطوبت چوب آلات به هوای در حال گردش منتقل می شود.

Moisture in wood:

Released into circulating air



تهویه:

Venting:

هوای سرد به درون کوره کشیده می شود.

Cool air drawn into kiln

هوای گرم مرطوب از کوره بیرون رانده می شود.

Warm moist air vented out of the kiln



وقتی هوای سرد وارد می شود:

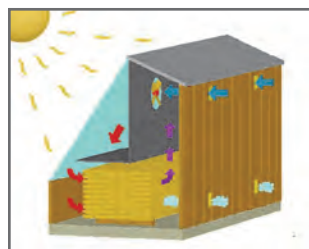
گرما باعث می شود رطوبت نسبی کاهش یابد؛ و وقتی

که با هوایی که از قبل در کوره در جریان بوده مخلوط

می شود، رطوبت نسبی کلی کاهش می یابد؛

در نتیجه درصد رطوبت چوب نیز پس از مدتی کاهش

می یابد.



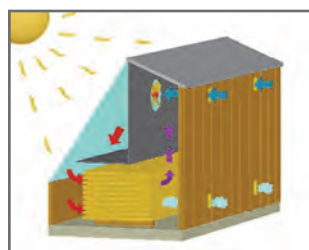
Cool Air In:

when cool air is heated up its humidity drops,

when mixed with the already circulating air

the overall humidity falls - moisture content

falls



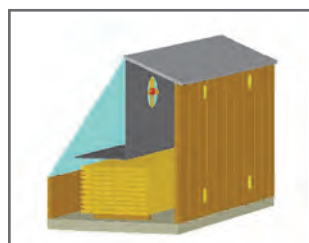
Warm moist air out

هنگام عدم تابش نور خورشید:

فن ها خاموش می شوند.

Sunset:

Fans switch off



## ساخت کوره‌های چوب خشک‌کنی خورشیدی

ابعاد پهنا: ۴/۲ متر

عمق: ۲ متر

بلندا: ۲/۴ متر

ظرفیت: ۲ متر مکعب

کلکتور خورشیدی (جمع‌کننده انرژی خورشیدی):

پروفیل‌های چهارگوش نصب‌شده در سقف که به

رنگ مشکی رنگ‌آمیزی شده‌اند.

فن مورد استفاده:

۲ عدد فن ۲۵۰ وات با قطر ۴۵۰ mm

جهت: رو به جنوب

شیب شیشه‌ها:

مطابق عرض جغرافیایی



## Solar Wood Kiln - Construction

Dimensions:

4.2m. wide

2.0m. deep

2.4m. high

Capacity: 2.0 cu.m.

Solar Collector:

Box profile roof sheeting, painted matt black.

Fans:

2 × 450mm. Dia. 250w.

Orientation: South

Glazing inclination:

equal to site latitude, 56°N.



Built on a reinforced concrete slab – polystyrene insulation – extra thickness for perimeter walls and wood stack.

Timber frame construction –  
Plywood sheathing on inside.  
100mm. insulation fitted between studs.



Vent holes cut into rear wall



Rear of kiln \_ showing cowlings for inlet and outlet vents \_ access door to humidity control and wet/dry bulb hygrometer.

View through insulated access door during loading with 32mm. Chestnut.

Plywood baffle: protects wood from heat of collectors, supports circulating fans, simplifies air flow.

Level concrete floor:

helps to keep wood stack level.

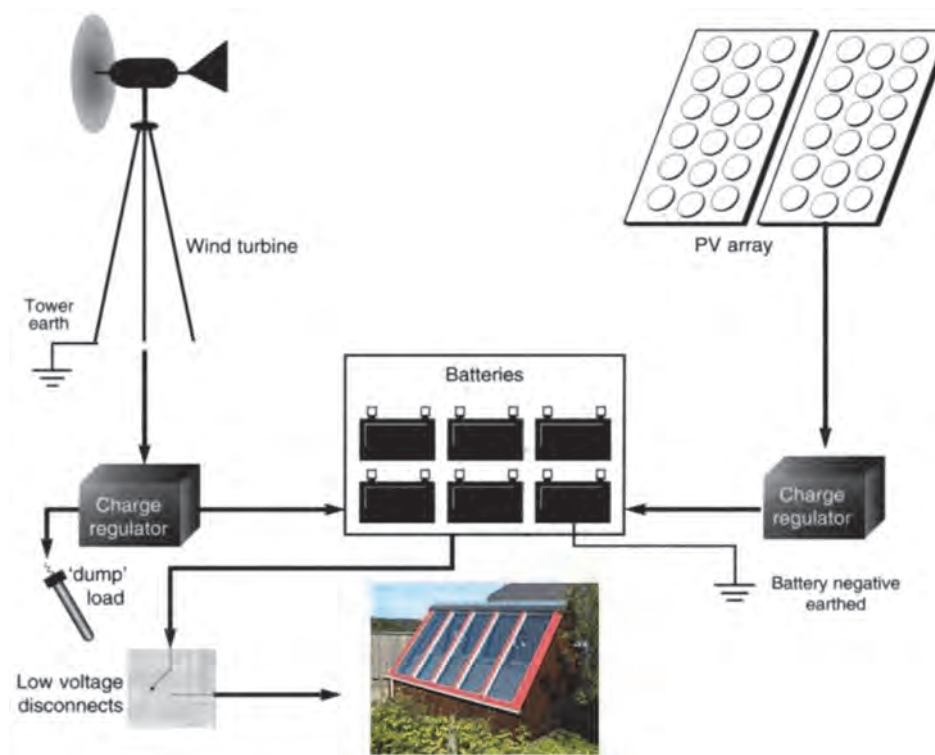


## کورهٔ کاملاً مستقل “Stand alone” kiln

چوب خشک کنی در کوره به صورت رایگان

(بدون هزینه)

Kiln drying “for free”



### شرایط چوب خشک کنی در کوره در انگلستان

عملیات، محدود به ماه‌های خاصی از سال است (بین آوریل تا اکتبر). کیفیت سازه‌ها باید بسیار بالا باشد تا تحمل شرایط شدید آب و هوایی را داشته باشد. تا جای ممکن باید عایق‌بندی خوبی انجام گیرد تا از هدر رفتن گرما جلوگیری شود.

درزبندی‌ها باید به خوبی انجام شود تا ماندگاری گرما و کنترل رطوبت نسبی در حد رضایت‌بخش باشد؛ حتی نشی‌های کوچک نیز ممکن است بر سطح رطوبت نسبی تأثیر بگذارد.

تهویهٔ دستی هوا، ارزان بوده و به راحتی انجام پذیر است.

از کنترل خودکار رطوبت نسبی نیز می‌توان استفاده کرد ولی تعریف متغیرها دشوار خواهد بود.

Solar Wood Kilning In the U.K.

Operation limited to between April and October.

Construction quality must be very high, to withstand weather extremes.

Insulate as much as possible for heat retention.

Kiln must be air tight, for heat retention and humidity control, small leaks can effect humidity levels.

Manual venting is cheap and works well.

Automatic humidity control can be useful, but variables are difficult to define.

### وسایل اندازه‌گیری در کوره‌های خورشیدی

رطوبت نسبی:

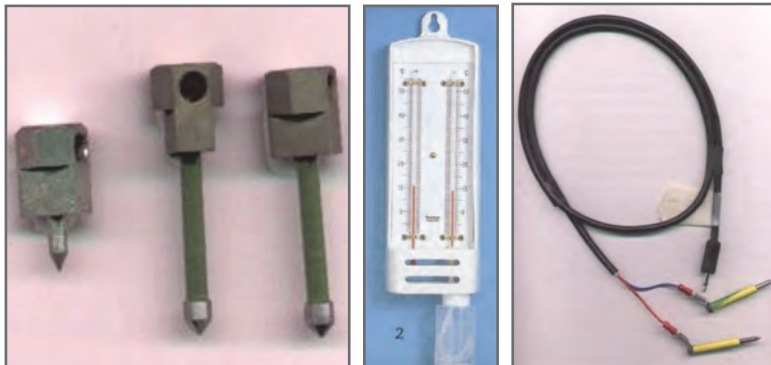
رطوبت‌سنج خشک و تر

در صورتی که در مسیر جریان هوا قرار بگیرد، اندازه‌گیری به نسبت دقیقی از رطوبت نسبی ارائه می‌دهد.

درصد رطوبت:

رطوبت‌سنج با قابلیت تطابق درجه حرارت محیط.

حسگرهای عایق‌بندی شده این امکان را می‌دهند که حتی در نقاط دور از دسترس نیز بتوان درصد رطوبت چوب‌آلات را اندازه‌گیری کرد.





## Solar Kiln - Measurements

Humidity:

Wet/ dry bulb hygrometer:

when inserted in air flow will give fairly accurate measurement of relative humidity.

Moisture Content:

Temperature compensated Moisture Meter.

Insulated sensors allow moisture content to be measured in remote parts of the wood stack.

## Solar Wood Kiln - Operation

Typical Day:

Sunrise - timer and thermostat switch circulating fans on.

Early morning - measure moisture contents, max / min temperatures and humidity.

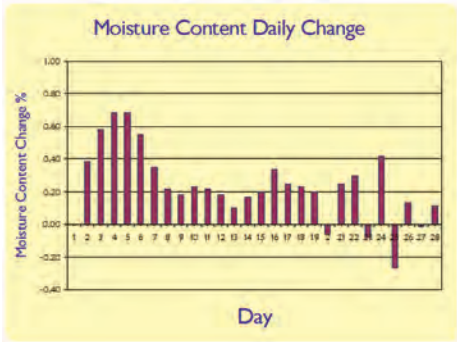
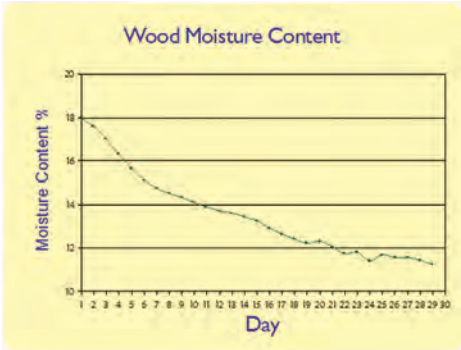
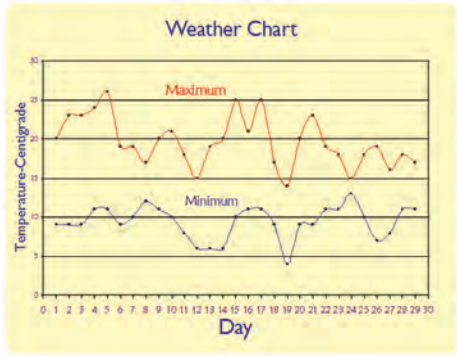
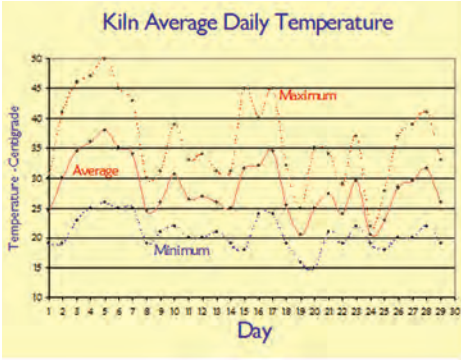
Decide on optimum humidity, based on species, thickness etc.

Morning/Early Afternoon - allow kiln to heat up- 40°C to 50°C

Mid Afternoon - Read humidity from Wet / Dry Bulb Hygrometer - open vents just enough to lower humidity to required level.

Evening / after sunset - close vents, switch off circulating fans.

Solar Wood Kiln - Graphs - Douglas Fir - May 1997



## Wood Drying Quality

Very high drying quality is possible due to:

Slow drying rate compared with conventional kilns.

Temperature drop overnight forces humidity to rise. Causing a degree of “reconditioning”, a relaxation of drying stresses in the timber.



Early morning condensation on inside of glass.

How much is a Solar Kiln

Example: for a Solar Kiln with a 2 cubic metre capacity:

Materials cost for fans, control gear, glazing, framing, cladding and concrete base.

About £1500 to £2500

Installed cost – on prepared base, with fans and controls powered from mains.

About £4000 to £5000

Stand alone supply (kiln drying for free!) – Typically hybrid Solar & Wind powered.

About £800 to £2000

What we can offer

Kiln Design & Consultancy:

Design and advice on Solar Kiln installations

Essential Kiln components:

Fans, collector panels, glazing, control gear, moisture meters

Short Courses:

Find out more about the design building and operation of Solar Kilns

Plans:

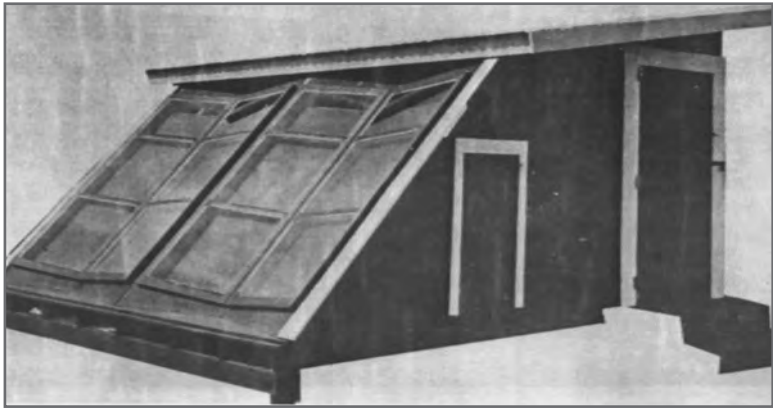
Coming soon: plans on - How to build a Solar Kiln

مثال هایی از انواع کوره های خورشیدی (۱)



یک کوره خورشیدی با گنجایش ۲۸ متر مکعب.  
28m<sup>3</sup> Kiln in Belize, British Honduras.

مثالهایی از انواع کوره‌های خورشیدی (۲)



کوره خورشیدی با درهای تاشو

مثالهایی از انواع کوره‌های خورشیدی (۳)



کوره ترکیبی خورشیدی و هوای آزاد  
Combined Air & Kiln drying building

مثال‌هایی از انواع کوره‌های خورشیدی (۴)



“Nomad” kiln, assembled around wood stack.

مثال‌هایی از انواع کوره‌های خورشیدی (۵)



کوره خورشیدی در مقیاس بزرگ در استرالیا.  
Large Scale Solar Kilning in Australia.

مثالهایی از انواع کوره‌های خورشیدی (۶)  
مثالی از یک کوره  
خورشیدی در استرالیا  
Australian kiln made using an insulated container.



### کاربردها و مزیت‌ها معایب و محدودیت‌ها

چوب ماده‌ایست طبیعی، گرم و زیبا، فرم‌پذیر، سبک، تجدیدشونده و در اکثر نقاط این کره خاکی یافت می‌شود.

چوب جزو اولین موادی می‌باشد که انسان غارنشین بعد از ترک غارها برای ساخت سرپناه و ابزار کشاورزی و شکار از آن استفاده نمود و بی‌شک در رشد جوامع بشری بسیار تأثیرگذار بوده است.

از سوی دیگر چوب علاوه بر نقشی که در زندگی انسان‌ها داشته و دارد برای بسیاری از قارچ‌ها، کپک‌ها، باکتری‌ها و حشرات چوب‌خوار و غیرچوب‌خوار غذایی خوشمزه و خانه‌ای امن برای رشد، و محلی برای زاد و ولد و زندگی می‌باشد.

این عوامل مخرب بیولوژیک هر ساله میلیون‌ها دلار سازه‌های چوبی حفاظت نشده را تخریب می‌نمایند. به‌غیر از این عوامل مخرب بیولوژیک، هوازدگی و عوامل شیمیایی و فیزیکی نیز باعث تخریب سازه‌های چوبی می‌گردند.

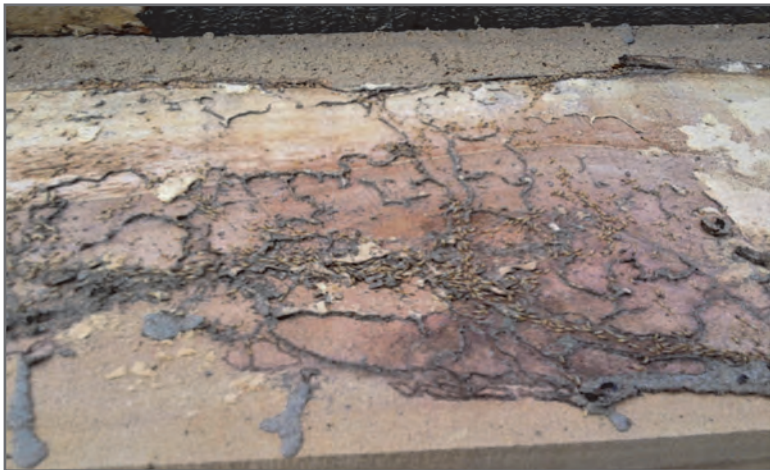
ضرورت مبارزه با این مخرب‌های چوب موجب شد تا انسان به فکر یافتن راه‌هایی برای مقاوم کردن چوب و افزایش دوام آن بیفتد.

نوشتار پیش رو قصد دارد با زبانی ساده به روش‌هایی که از سال‌های دور برای حفاظت چوب استفاده می‌شده و هنوز نیز می‌شود بپردازد.

### خشک کردن چوب

اولین گام در حفاظت و نگهداری چوب، خشک کردن آن است تقریباً اکثر عوامل مخرب بیولوژیک چوب (به‌جز مورخانه چوب خشک) خصوصاً قارچ‌ها برای تجزیه سلولز و همی سلولز و کربوهیدرات‌ها و استفاده از آنها نیاز به رطوبتی بین ۱۸ الی ۶۰ درصد دارند تا امکان هضم و تجزیه سلولز و همی سلولز چوب را داشته باشند. خشک کردن چوب تا زیر نقطه اشباع الیاف فیبر (حدوداً زیر ۳۰ درصد) فعالیت قارچ‌ها، کپک‌ها باکتری‌ها و اکثر حشرات چوب‌خوار را متوقف می‌نماید. خشک کردن چوب در کوره و با حرارت بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد لارو حشرات و هاک قارچ‌ها را نابود می‌نماید.

روش خشک کردن چوب در کوره‌های خشک‌کن چوب برای حفاظت چوب در مناطق گرم و خشک کافی است ولی برای مناطق مرطوب و فضای باز به‌خاطر خاصیت آب دوستی آن دوباره مرطوب شده و قارچ‌های عامل پوسیدگی چوب در آن رشد می‌نمایند.



### سوزاندن سطح چوب

انسان از زمان‌های قدیم آموخته بود که اگر سطح چوب را با آتش بسوزاند مقاومت آن در مقابل پوسیدگی و آتش بیشتر می‌شود و به همین دلیل سطح کاسه‌های چوبی، منجنيق‌ها و ابزار خود را با آتش می‌سوزاندند. آتش سلولز و همی سلولز سطح چوب را از بین می‌برد و مانع رشد قارچ‌ها و حمله حشرات چوب‌خوار می‌شود و از طرفی سطح زغال شده چوب عایق بسیار خوبی برای محافظت مغز چوب از حرارت آتش است.

این روش‌ها در کوتاه مدت می‌تواند مؤثر باشد ولی در دراز مدت مانع حمله قارچ‌ها نخواهد شد و از طرفی سطح چوب را سیاه و زشت می‌نماید که برای سازه‌های چوبی مناسب نخواهد بود و فقط برای محافظت سطح چوب تا حدودی کارایی دارد.

### استفاده از فضولات دامی

فضولات حیوانات در هنگام تجزیه شدن با تولید بیوگاز باعث نابودی قارچ‌ها و حشرات چوب‌خوار می‌گردد. در این روش حفاظتی معمولاً چوب را در زیر حجمی از پهن گاو مدفون می‌نمایند. پهن گاو علاوه بر تولید بیوگاز چون حاوی هیدروکربن‌های نیتروژن دار است باعث نابودی قارچ‌ها و لارو حشرات نیز می‌گردد. در این روش علاوه بر حفاظت چوب با خشک شدن کود دامی چوب نیز خشک خواهد شد و می‌توان رنگ چوب را نیز تغییر داد (به‌خصوص چوب گردو). روش ضدعفونی کردن چوب با فضولات حیوانی به دلیل حجم کوچک و زمان طولانی آن کاربرد صنعتی نداشته و فقط در حد کارگاهی و برای کارهای روستیک استفاده می‌شود.



### ضدعفونی کردن چوب با استفاده از گاز متیل بروماید

متیل بروماید گازی است بی‌رنگ و بی‌بو و در ایران برای اولین بار در حدود ۵۰ سال پیش برای ضدعفونی کردن محصولات کشاورزی استفاده گردید و استفاده گسترده‌تر آن برای مقابله با کرم ساقه‌خوار برنج بوده است. گاز متیل بروماید با غیرفعال کردن آنزیم‌های رشد موجودات زنده مانع رشد و تکثیر آنها می‌گردد.

در این روش یک دسته چوبی را در زیر نایلونی قرار داده و گاز متیل بروماید را در زیر آن تزریق می‌نمایند.

گاز متیل بروماید فقط امکان ضدعفونی کردن چوب را داشته و نمی‌تواند مانع آلوده شدن دوباره آن شود.

این گاز چون باعث تخریب لایه اوزن می‌گردد استفاده از آن در سال ۲۰۱۵ ممنوع شده و کار با آن نیز نیاز به رعایت اصول ایمنی است.

### استفاده از رنگ‌های مخصوص چوب

در سال‌های اخیر رنگ‌هایی با استفاده از ترکیبات ضدقارچ تولید و به بازار عرضه شده است که با رنگ‌آمیزی سطح چوب آن را در مقابل رشد قارچ‌ها و حمله حشرات چوب‌خوار مقاوم می‌نمایند. این روش بسیار ساده و در دسترس بوده و احتیاج به هیچ تأسیسات خاصی ندارد.

نقطه ضعف رنگ‌های حفاظتی چوب، گران بودن، در معرض آبشویی قرار داشتن و عدم امکان پوشش دادن همه نقاط چوب است و معمولاً این رنگ‌ها فقط می‌توانند در زمان محدودی چوب را در مقابل حمله قارچ‌ها مقاوم نمایند و نمی‌توانند چوب را در مقابل حشرات چوب‌خوار محافظت نمایند.

### استفاده از مواد نانو

با دست یافتن انسان به فناوری کوچک کردن مواد تا ۱۰۰ نانو متر حوزه جدیدی نیز در استفاده از این مواد برای محافظت چوب و آب‌گریز کردن آن به وجود آمد. با کوچک کردن ذرات مواد حفاظتی امکان نفوذپذیری بیشتر و انتشار یک‌دست‌تر آنها فراهم می‌گردد.

برای محافظت چوب در مقابل رشد قارچ‌ها و آب‌گریز کردن آن معمولاً از ذرات نانو سیلیکون استفاده می‌نمایند. این ذرات بسیار کوچک شده مانع رسیدن هوا و آب به سطح چوب شده و در نتیجه امکان رشد قارچ‌ها را فراهم نمی‌نمایند.

مواد نانو بسیار گران بوده و فقط سطح چوب را به‌مانند رنگ پوشش می‌دهند و در نتیجه قسمت‌هایی که آغشته به مواد نانو نشده‌اند همچنان در معرض رشد قارچ‌ها و جذب آب خواهند بود.

مواد نانو چوب نمی‌توانند مانع حمله حشرات چوب‌خوار به چوب شوند.

### آغشته‌سازی سطح چوب با مواد نفتی

یکی از راه‌های قدیمی حفاظت چوب آغشته کردن سطح چوب با مواد نفتی است که بر حسب کاربرد از قیر، نفت سیاه، نفت گاز و نفت سفید استفاده می‌شده است. از این روش برای مقاوم کردن ابزار و چوب‌های معادن استفاده می‌شده است. این روش‌ها اگر چه سودمند بود ولی نمی‌توانست ضمانت دراز مدتی برای سالم ماندن چوب ایجاد نماید و از طرفی این روش‌ها هیچ کدام صنعتی نبود و نمی‌توانست نیاز دنیای امروز را برآورده نماید و خطر آتش گرفتن چوب را هم به شدت افزایش می‌داد و بوی نامطبوعی نیز به چوب می‌داد.

### اشباع کردن چوب با مواد سمی

یکی از راه‌های کارآمد برای محافظت چوب، سمی کردن آن با مواد شیمیایی است. در این روش معمولاً از مواد ترکیبی که شامل چند نوع سم می‌شود و به روش تحت فشار در چوب تزریق می‌شود استفاده می‌نمایند.

در حال حاضر تنها ماده‌ای که در حد محدود برای اشباع کردن چوب استفاده می‌شود ماده سلکور و کروزوت است. ماده سلکور در گذشته از ترکیب سولفات مس، بی‌کربنات سدیم و ارسنیک تهیه می‌گردید ولی در حال حاضر ارسنیک آن حذف شده و هر شرکتی از ماده جایگزینی که جزء اسرار آن شرکت است استفاده می‌نمایند. (در این ترکیب سولفات مس برای نابودی قارچ‌ها، بی‌کربنات سدیم برای تثبیت مواد و ارسنیک برای مقابله با حشرات چوب‌خوار استفاده می‌شده است).

سلکور بیشتر برای برج‌های خنک‌کننده استفاده می‌شود و برای کاربردهای در تماس با انسان و موجودات زنده مناسب نمی‌باشد.

کروزوت نیز که از تقطیر زغال سنگ به دست می‌آید ماده‌ایست به رنگ قهوه‌ای سوخته که دارای بویی شبیه روغن سوخته می‌باشد. از این ماده در گذشته برای اشباع تراورس‌های راه‌آهن و تیرهای برق و تلگراف استفاده می‌شده است و در حال حاضر نیز برای الوارهای زیر تاورکین و حوزه‌های تصفیه فاضلاب استفاده می‌شود. روش اشباع کردن بالاترین میزان مقاومت را در مقابل پوسیدگی و حشرات چوب‌خوار ایجاد می‌نماید. ولی مشکلاتی نیز دارد که در هنگام استفاده از آن باید مورد توجه قرار گیرد.

در میزان تزریق مواد باید بسیار دقت نمود چون مواد اضافی در صورت گرم شدن چوب از آن خارج شده و محیط اطراف را آلوده می‌نماید.

اشباع کردن چوب چون از سم‌های شیمیایی استفاده می‌شود لذا نمی‌تواند دوستدار محیط‌زیست باشد و برای کاربردهای سازه‌های چوبی فضای باز که در تماس با انسان است نیز مناسب نمی‌باشد.

### ترمو کردن چوب (تیمار حرارتی و یا گرما چوب)

با افزایش تقاضا برای استفاده از چوب در فضای باز به‌عنوان یک عنصر طبیعی و بدون مواد سمی و انرژی‌زا ضرورت یافتن راهی برای مقاوم کردن آن در مقابل عوامل مخرب بیولوژیک و آب‌گریز کردن آن که دوستدار محیط‌زیست نیز باشد بیش از پیش احساس می‌گردد.

در ۲۰ سال گذشته تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از حرارت به‌منظور تغییر در ساختار شیمیایی چوب انجام شده است که شرکت‌های فنلاندی به‌عنوان پیشرو در این زمینه با استفاده از حرارت بخار آب موفق به صنعتی نمودن این تکنیک گردیدند. در روش ترمو کردن، چوب در حرارتی در حدود ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شود. در این درجه حرارت ساختار شیمیایی سلولز و همی سلولز تغییر یافته و دیگر بستر مناسبی برای رشد قارچ‌های عامل پوسیدگی و حشرات چوب‌خوار نمی‌باشند و جداره سلولی چوب نیز به‌دلیل کریستالی شدن تمایل خود را به جذب آب از دست می‌دهند.

روش ترمو کردن چوب سالم‌ترین و بی‌خطرترین روش برای محافظت چوب می‌باشد ولی نقاط ضعف و محدودیت‌هایی نیز به همراه دارد. در این روش مقاومت مکانیکی چوب کاهش یافته و چوب ترد و شکننده می‌شود و به همین دلیل برای ساخت سازه‌های چوبی که بار مکانیکی بر آنها وارد می‌شود نمی‌توان از چوب‌های ترمو شده استفاده نمود.

### استفاده از مواد حفاظتی چوب

در این روش با استفاده از ماده حفاظتی سلکون (این ماده اختراع گروه چوب افشار بوده و به شماره ۶۶۸۰۱ به ثبت رسیده است) که سمی بی‌خطر برای انسان و محیط‌زیست است چوب را در مقابل پوسیدگی و حمله حشرات چوب‌خوار مقاوم می‌نمایند.

ماده سلکون دارای یک ترکیب پنج جزئی بوده و با عقیم کردن قارچ‌های عامل پوسیدگی مانع رشد آنها می‌گردد و به‌دلیل داشتن ماده تانن در ترکیبات خود مانع حمله حشرات چوب‌خوار به چوب نیز می‌گردد. ماده سلکون همچنین چوب را کندسوز نیز می‌نماید.

ماده سلکون به‌دلیل قدرت نفوذ بالایی که دارد به‌حالت غوطه‌وری در چوب تزریق می‌گردد.

ماده سلکون دارای گواهی بی‌خطر بودن برای انسان از دانشگاه فنی و حرفه‌ای می‌باشد.

به‌دلیل استفاده از سم‌های ضعیف شده در ماده سلکون استفاده از چوب‌های حفاظت شده با این مواد برای سونا، حمام و محیط‌های گرم مشابه مناسب نمی‌باشد.

## استفاده از روش ترمو پلیمر

روش‌هایی که تاکنون برای مقاوم کردن چوب ابداع و مورد استفاده قرار می‌گرفت هر کدام دارای محدودیت‌هایی بود و به همین دلیل امکان استفاده از یک روش حفاظتی برای کل سازه‌های فضای باز و مناطق مرطوب وجود نداشت از حدود ۱۰ سال پیش روش جدیدی که بر پایه تزریق مواد منومری در چوب استوار بود پیشنهاد و در حد آزمایشگاهی نمونه‌هایی تولید گردید.

در این روش چون مواد منومری جداره سلولی چوب را آغشته می‌نماید دیگر امکان رشد هیچ قارچی وجود نخواهد داشت و چون سیستم گوارشی حشرات چوب‌خوار نیز امکان تجزیه این نوع چوب را ندارند لذا این چوب‌ها در مقابل آنها نیز مقاوم می‌گردند.

ولی مشکل در فرایند تزریق و پخت مواد منومری در چوب بود که امکان تولید صنعتی آن را غیرممکن می‌نمود چون علاوه بر یافتن روش برای تزریق مواد منومری که باعث ترک‌های شان عسلی نشود، پخت آن نیز نیاز به استفاده از اشعه گاما بود تا مواد انبساط پیدا نکرده و باعث ایجاد ترک در چوب نشود. گروه ما با ابداع یک ترکیب جدید از مواد منومری و پخت آن با یک روش تیمار حرارتی موفق به شکستن این سد و تولید صنعتی این نوع چوب گردید. ما این روش را به نام ترمو پلیمر نامگذاری نمودیم.

چوب‌های ترموپلیمر شده دارای مقاومت مکانیکی تا ۲۰ درصد افزون‌تر از چوب ماسیو (طبیعی) بوده و مقاومت بسیار بالایی در مقابل پوسیدگی و حشرات چوب‌خوار دارند.

رنگ چوب‌های ترموپلیمر بسیار زیبا بوده و به صورت خود رنگ‌ها قابل استفاده می‌باشند.



کاج ترمو شده (گرما چوب)

سوزاندن سطح چوب کاج برای محافظت آن



کاج ترمو پلیمر  
(تولید شده با روش تزریق منومر در چوب)



کاج حفاظت شده با مواد سلکون

## حفاظت چوب

چوب ماده‌ای طبیعی، زیبا، آرامش‌بخش، تجدیدشونده، دوستدار محیط‌زیست و یکی از اولین عناصری است که انسان‌های اولیه برای ساخت وسایل شکار، کشاورزی و سرپناه از آن استفاده کرده‌اند. چوب در طول تاریخ یار و مددکار آدمی بوده و در قرن بیست و یکم نیز بی‌شک یکی از مهم‌ترین موادی است که انسان برای ساخت مصنوعات سالم و همگام با محیط‌زیست از آن استفاده می‌نماید. ولی متأسفانه چوب به‌غیر از ما دوستداران بسیاری نیز در طبیعت دارد، که چوب برایشان نه تنها غذا بلکه سرپناهی برای زندگی و محلی برای زاد و ولد آنها به شمار می‌آید و ادامه حیاتشان به آن وابسته می‌باشد.

این دوستداران طبیعی چوب در سه گروه قارچ‌ها عامل پوسیدگی (پوسیدگی قهوه‌ای، سفید و نرم)، حشرات چوب‌خوار (انواع موربانه و سوسک چوب‌خوار و...) و حیواناتی که چوب برایشان سرپناه است تقسیم می‌شوند (انواع حشرات، جوندگان و پرندگان). به‌غیر از این عوامل بیولوژیک عوامل فیزیکی (فرسایش، تغییرات دما و رطوبت) و شیمیایی (مواد اسیدی و قلیایی، نور خورشید، آتش) نیز چوب را تحت تأثیر قرار داده و زمینه نابودی و تجزیه آن را فراهم می‌نمایند.

این مقدمه‌ای بود تا به ضرورت فرآوری و حفاظت چوب در مقابل این نابودگرها به منظور افزایش دوام سازه‌های چوبی از دو منظر حفظ طبیعت و جنگل‌ها که ریه‌های کره زمین می‌باشند پرداخته شد.

## خشک کردن چوب

درخت سبز بعد از قطع مملو از آب بوده (حتی گاهی بیش از وزن خود چوب) که به تدریج این آب تبخیر شده و با هماهنگ شدن با رطوبت محیط خود کاهش حجم (هم کشیده) خواهد داشت.

لذا ضروریست قبل از ساخت هر سازه‌ای درابتدا چوب را خشک و رطوبت آن را با محیط اطراف متعادل نمود.

خشک کردن چوب معمولاً در صنعت به دو روش خشک کردن در هوای آزاد و یا در کوره‌های چوب خشک کنی انجام می‌شود.

در روش خشک کردن چوب در هوای آزاد می‌بایست چوب را در محوطه‌ای باز (به آن یارد گفته می‌شود) به وسیله چوب دستک‌هایی که باعث گردش جریان هوا در بین چوب می‌گردد بر روی هم چیده و برای کاهش ترک بر سطح چوب نیز بر روی آن سائبانی ایجاد نمود.

در روش خشک کردن چوب در هوای باز علاوه بر سرمایه‌گذاری بسیار، ترک‌های چوب و خطر آتش‌سوزی نیز افزایش می‌یابد.

در این روش امکان متعادل کردن رطوبت چوب با محیط گرم فضای بسته خانه‌ها وجود نداشته و زمان خشک شدن نیز کاملاً بستگی به دما و رطوبت در فصول مختلف سال دارد.

لذا به هیچ وجه نمی‌توان با این روش برنامه زمان‌بندی شده‌ای برای تولید داشت.

## روش خشک کردن چوب در کوره

در این روش چوب در کوره‌هایی که با دیوارهای عایق حرارت و رطوبت ساخته و دارای سیستم گردش هوا، تنظیم رطوبت و دما می‌باشد قرار داده می‌شوند. و با تنظیم میزان دما و رطوبت چوب به آهستگی و با کمترین میزان ترک و هم‌کشیدگی تا رطوبت مورد نیاز (که در ایران بین ۸ تا ۱۰ درصد می‌باشد) خشک می‌شود.

در روش خشک کردن چوب در کوره به دلیل کنترل میزان دما و رطوبت و عایق بودن دیوارهای کوره امکان خشک کردن یکنواخت چوب و در زمان تقریباً مشخص وجود دارد.

یکی از مزیت‌های مهم دیگر خشک کردن چوب در کوره نابود شدن لارو حشرات چوب‌خوار و هاک قارچ‌های عامل پوسیدگی به دلیل استفاده از حرارت بالا می‌باشد و به‌نوعی چوب استریزه نیز می‌گردد.

البته کارایی کوره در کیفیت خشک کردن چوب بسیار حایز اهمیت نمی‌باشد و نباید از کوره‌های سنتی برای خشک کردن چوب استفاده نمود.

### اشباع، حفاظت و گرم‌چوب (ترمووود)

خشک کردن چوب در کوره اولین و مهم‌ترین گام در حفاظت چوب برای مصنوعات فضاهای داخلی و محیط‌های بسته و غیرمرطوب می‌باشد. ولی اگر تصمیم به تولید سازه‌های چوبی برای فضای باز و محیط‌های مرطوب را داشته باشیم، باید از روش‌های دیگری برای مقاوم کردن چوب استفاده نماییم.

### تیمار حرارتی چوب (گرم‌چوب و یا ترمووود)

در این روش چوب را در کوره‌های ویژه‌ای تحت حرارتی مابین ۱۶۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا پلی‌ساکارید (قند) چوب سوخته و دیگر مواد غذایی برای قارچ‌ها و حشرات چوب‌خوار برای تغذیه وجود نداشته باشد. در این روش به دلیل تغییر در ساختمان شیمیایی سلولز، چوب آب‌گریز شده و امکان استفاده از آن در مصنوعات چوبی فضای باز و مناطق مرطوب فراهم می‌گردد. ولی متأسفانه به دلیل استفاده از حرارت بالا در این فرایند لگنین چوب سوخته و قدرت مکانیکی چوب و مقاومت آن در مقابل سایش به شدت کاهش می‌یابد. لذا این نوع فرایند حفاظتی برای چوب‌های سازه‌های برابر از قبیل خانه، آلاچیق، پرگولا و گلدان‌های چوبی مناسب نمی‌باشد.

### روش تزریق مواد در چوب و یا اشباع چوب

در این روش با تزریق سم در چوب سعی می‌شود سلولز و همی سلولز سمی گشته و دیگر محیط چوب برای رشد قارچ‌ها و حمله حشرات چوب‌خوار مناسب نباشد. در گذشته سم‌های گوناگونی امتحان و مورد استفاده قرار گرفته است (پنتاکلروفنل، CCA، کروزوت)؛ ولی متأسفانه به دلیل آلودگی‌های زیست‌محیطی این مواد استفاده از آنها به تدریج کاهش و در نهایت ممنوع گشته است زیرا اشباع چوب با سم‌هایی که دارای ملکول‌های ریز می‌باشند (ترکیبات کلر و آرسنیک) در زمان کوتاهی جذب رگ‌های خونی سیستم تنفسی و گردش خون شده و تمام سیستم عصبی موجودات زنده را تحت تأثیر قرار خواهد داد و سم‌هایی نیز که از ترکیبات فلزات سنگین استفاده می‌نمایند (CCA) به تدریج آب‌شویی و وارد خاک شده و از طریق گیاهان دوباره به بدن موجودات زنده راه خواهند یافت.

مزیت استفاده از روش حفاظتی اشباع در مقایسه با روش تیمار حرارتی، عدم کاهش مقاومت مکانیکی چوب، و کاربردهای بسیار آن در ساخت چوب‌هایی است که در سازه‌های برابر استفاده می‌شود (تیرهای برق و تلفن، ستون و تیرهای معادن، اسکله‌های چوبی و تراورس راه‌آهن).

### استفاده از روش روغن‌های حفاظتی چوب و رنگ‌ها

اصولاً آغشته کردن سطح چوب با مواد روغنی (گیاهی و یا شیمیایی) چون مانع

رسیدن اکسیژن به سطح چوب و تا حدودی آب‌گریز شدن چوب می‌گردد رشد قارچ‌ها عامل پوسیدگی را کاهش می‌دهد. و در گروهی از این روغن‌ها نیز که از درختان سنگین (درخت ساج) و یا درختان معطر (درخت اکالیپتوس) و گیاهان روغنی (روغن برزک و یا کتان) و مواد نفتی (روغن جلا) و یا حشرات (لاک‌الکل) گرفته می‌شوند سعی می‌شود ضمن پوشش سطح چوب و جلوگیری از رسیدن اکسیژن و آب که عامل رشد قارچ‌ها هستند با انتشار بوی نامطبوع مانع جذب حشرات چوب‌خوار به سازه‌های چوبی شوند. ولی به دلیل دوام کم و عمر محدود این رنگ‌ها در مقابل تابش اشعه ماورای بنفش خورشید و عدم امکان رنگ‌آمیزی همه قسمت‌های چوب و گران بودن این رنگ‌ها کارآیی آنها محدود بوده و نیاز به تجدید رنگ کاملاً ضروری می‌باشد.

#### ماده حفاظتی برای حصار اصطبل‌ها با نام صنعتی کرون

چوب حصار اصطبل‌های نگهداری چهارپایان علاوه بر اینکه در خطر حمله عوامل مخرب بیولوژیک قرار دارد از طرف خود چهارپایان نیز جویده شده و تخریب می‌گردد. اسب و بسیاری از حیوانات چهارپا اگر زمان طولانی در یک محیط بسته قرار داده شوند کسل شده و برای رفع این حالت عصبی خود شروع به جویدن حصار چوبی اطراف خود می‌نمایند. به این حالت در اصطلاح Cribbing می‌گویند. این حالت معمولاً در ۲۰ تا ۳۰ درصد چهارپایان وجود دارد، و اگر چاره‌ای برای آن اندیشه نشود، از طرف دیگر چهارپایان نیز تقلید شده و به یک عامل نابودگر حصارهای چوبی بدل می‌گردد و سالیانه هزینه زیادی را به صاحبان این اصطبل‌ها تحمیل می‌نماید.

ماده حفاظتی کرون که از ترکیب عصاره زغال‌سنگ، نفت و گیاهان معطر در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد ساخته می‌شود ضمن مقاوم نمودن چوب حصار اصطبل‌های پرورش و نگهداری چهارپایان از تخریب‌های بیولوژیک به دلیل مزه تلخ آن توسط چهارپایان جویده نمی‌شود.

ماده حفاظتی کرون را به دو روش غوطه‌وری و آغشته‌سازی سطحی می‌توان استفاده نمود.

ماده حفاظتی کرون به دلیل ساختار ملکولی چرب و بزرگی که دارد در صورت خرده شدن جذب سیستم گوارشی حیوانات نشده و از راه مدفوع دفع می‌گردد.

#### ماده حفاظتی برای ظروف چوبی مواد غذایی با نام صنعتی کلسان

برای تولید بعضی از محصولات خوراکی ضروریست از ظروف چوبی استفاده شود. این ظروف علاوه بر اینکه در خطر تخریب توسط قارچ‌ها قرار دارند به دلیل آغشته



شدن به انواع قندها محل مناسبی برای رشد قارچ‌ها و باکتری‌ها می‌باشند که یکی از خطرناک‌ترین آنها قارچ آرگوت غلات است که به دلیل تولید سم ارگوتوکسین مسمومیتی به نام ارگوتیسم در انسان ایجاد می‌نماید.

ماده حفاظتی کلسان که از ترکیب اسیدها و روغن‌های خوراکی ساخته شده است و ضمن جذب و ماندگاری بالا در ظروف چوبی مانع رشد قارچ‌ها در این ظروف می‌گردد.

ماده حفاظتی کلسان را می‌توان به دو روش غوطه‌وری و آغشته‌سازی سطحی استفاده نمود.

این ماده هیچ نوع مسمومیتی برای انسان و موجودات زنده ایجاد نمی‌نماید و در صورت خورده شدن هیچ عارضه‌ای بر روی انسان ندارد.

### ماده حفاظتی برای سازه‌های چوبی فضای باز با نام صنعتی سلکون

ماده حفاظتی سلکون چوب را در مقابل انواع قارچ‌های عامل پوسیدگی، حشرات چوب‌خوار مقاوم کرده و آن را کندسوز نیز می‌نماید.

این ماده از یک ترکیب پنج جزئی تشکیل شده است (مس، آلومینیوم، آهن، سدیم و تانن).

**مس:** فلزی است به رنگ قرمز و با ساختمانی کریستالی و مقاومت بالایی به خوردگی در برابر آب و بخار دارد.

مس خاصیت میکروبی‌زدایی داشته و باعث عقیم شدن قارچ‌ها و باکتری‌ها می‌گردد و محیط اطراف خود را نیز ضدعفونی می‌نماید (در طب سنتی استفاده از ظروف مسی برای نوشیدن آب، پخت غذا و شست‌وشو به همین دلیل ضدعفونی‌کنندگی آن توصیه شده است).

**آلومینیوم:** فلزی است سبک و به رنگ نقره‌ای کدر که در مجاورت هوا تولید اکسید آلومینیوم کرده و مانع خوردگی می‌گردد.

این فلز مشتعل نمی‌گردد و ریشه قارچ‌ها را ترد و شکننده کرده و مانع گسترش و رشد آنها می‌گردد.

**سدیم:** نمکی است به رنگ سفید که در فرایند با آلومینیوم و گداخته شدن ایجاد کف نموده و مانع رسیدن اکسیژن به ماده سوختی می‌گردد و از این ویژگی برای کندسوز کردن چوب استفاده می‌شود. سدیم همچنین با ایجاد کریستال‌های نمک باعث تثبیت مواد در چوب شده و ماندگاری آنها را افزایش می‌دهد.

**آهن:** فلزی است به رنگ نقره‌ای مایل به خاکستری و دارای خاصیت آهن‌ربایی است. این خاصیت باعث جذب رنگ به چوب شده (تقریباً تمامی رنگ‌های تینری فضای باز از ترکیبات آهن ساخته شده است) و ماندگاری آن را افزایش می‌دهد. آهن همچنین با جذب اشعه ماورای بنفش خورشید و تبدیل آن به حرارت مانع تخریب

لیگنین موجود در چوب توسط نور خورشید می‌گردد. **تانن:** تانن ماده‌ای است که به‌وفور در پوست درختان و میوه آنها وجود دارد. این ماده با ایجاد یک لایه ژله در داخل معده حشرات و جوندگان مانع جذب سلولز توسط سیستم گوارشی آنها شده و به همین دلیل وجود این ماده در ترکیب ماده سلکون مانع حمله حشرات چوب‌خوار و جوندگان به چوب‌سازه‌های چوبی می‌گردد.

تانن همچنین در مجاورت هوا یک لایه ژله بر روی چوب ایجاد می‌نماید و به چوب خاصیت آب‌گریزی می‌دهد.

در ترکیبات سلکون از هیچ سم خطرناکی استفاده نشده است و درصد فلزات در ترکیب آن نیز در حد مجاز می‌باشد. لذا استفاده از این ماده حفاظتی هیچ آلودگی برای محیط‌زیست ایجاد نمی‌نماید.

سلکون هیچ عارضه‌ای برای انسان و موجودات زنده ایجاد نمی‌نماید و در آزمایشات میدانی، در سازه‌های چوبی فضای باز و در یک بازه زمانی حدوداً ۵ ساله این نکته را اثبات نموده است.

ماده حفاظتی سلکون را فقط باید به روش سلول پر و با فشار یک اتمسفر و تا عمق حداکثر یک سانتی‌متر تزریق نمود. آغشته‌سازی سطحی، مالش بر روی چوب و اسپری آن توصیه نمی‌شود.

ضمن اینکه در ساخت ماده حفاظتی سلکون از هیچ ماده سمی خطرناکی استفاده نشده است. ولی در هنگام تزریق باید طبق اصول ایمنی استفاده از مواد سمی رعایت شود.

سلکون در صورت مالیده شده به پوست ایجاد سوزش خواهد نمود و در صورت خورده شدن باعث حالت تهوع و کم‌خونی می‌شود.

### محدودیت‌های استفاده

چوب‌های حفاظت شده با سلکون برای استفاده در سونا و حمام توصیه نمی‌شود.

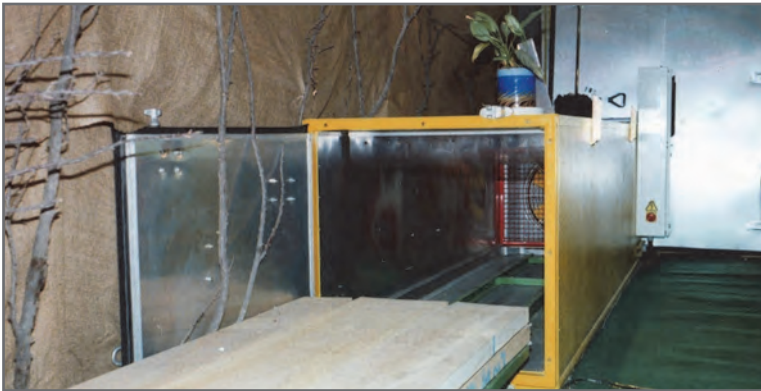
**تولید چوب‌های ترموپلاست با روش تیمار حرارتی با نام علمی ترموپلیمر** سال‌هاست که انسان به‌دنبال روشی برای محافظت چوب در مقابل عوامل مخرب بیولوژیک و بهبود مقاومت مکانیکی چوب بوده است.

یکی از بهترین روش‌های پیشنهادی تزریق منومر در چوب به‌منظور تولید محصولی مقاوم به پوسیدگی، آب‌گریز و با مقاومت مکانیکی بیشتر بوده است. ولی به‌دلیل مشکلات عدیده‌ای که در فرایند تزریق و پخت منومر در چوب ایجاد می‌گردید و ضرورت جلوگیری از ترک خوردن چوب، این روش در حد آزمایشگاهی و نگارش چند مقاله پژوهشی باقی‌مانده بود.

از ویژگی‌های این چوب‌ها می‌توان به:

- مقاومت بالا در مقابل پوسیدگی
- مقاوم در مقابل حمله حشرات چوب‌خوار
- افزایش مقاومت به شکستگی
- افزایش مقاومت به سایش
- آب‌گریز بودن
- ایجاد نقوش زیبا در چوب
- سازگار با محیط‌زیست
- سالم و مناسب برای سازه‌های چوبی در تماس با انسان
- مناسب برای سونا و حمام

## کوره‌های خشک‌کن چوب مدل‌ها و روش‌های متداول معایب و مزیت‌ها



### مشخصات و ویژگی‌های کوره‌های خشک‌کن چوب

شاید از زمان‌های بسیار دور صنعتگران چوب آموخته بودند اگر چوب را در اطاقی گرم قرار دهند سرعت خشک شدن آن افزایش خواهد یافت ولی از حدود ۱۰۰ سال پیش و با رواج زندگی شهرنشینی و نیاز بیشتر به سازه‌های چوبی با کیفیت و طبیعتاً نیاز به تهیه چوب خشک با رطوبت مناسب درودگران را به فکر ساخت کوره‌ای برای سریع خشک کردن چوب و کاهش ترک‌های آن که در اثر خشک کردن چوب در هوای باز افزایش می‌یافت انداخت.

از آن زمان مدل‌ها و روش‌های مختلفی پیشنهاد و مورد استفاده قرار گرفته است و با تخصصی شدن این رشته شرکت‌هایی در اروپا و آمریکا برای ساخت کوره‌هایی با راندمان بالاتر تأسیس و کوره‌هایی را هر چند ساده و ابتدایی وارد بازار نمودند

که البته پیشرفت تکنولوژی و دانش چوب‌شناسی امکانات و اطلاعات بیشتری را برای ساخت مدل‌های پیشرفته‌تر در اختیار آنها قرار داد.

این نوشتار سعی نموده است روش‌ها و مدل‌های مختلف کوره‌های خشک‌کن چوب را برای آشنایی بیشتر صنعتگران چوب ایرانی به اختصار در اختیار آنها قرار دهد تا در هنگام خرید این کوره‌ها با آگاهی بیشتری تصمیم‌گیری و مدل مناسب کار خود را انتخاب نمایند.

در این نوشتار نیز سعی شده از اصطلاحات فنی و بیان مطالبی که صرفاً جنبه دانشگاهی دارد پرهیز گردد و نکاتی ارائه شود تا برای عموم همکاران رشته چوب قابل استفاده باشد.

### ■ روش استفاده از هوای گرم و گردش هوا با فن‌های رادیال سقفی (فن‌های عمودی)

در این روش در بهترین نوع آن فن‌هایی با قطر ۶۰ سانتی‌متر را در جلوی رادیاتورهایی که معمولاً آب گرم در آنها جریان دارد را به حالت ایستاده نصب می‌نمایند تا هوای گرم را از سمت بالا به طرف پایین کوره سیرکوله (گردش) نماید. در این روش در ابتدا باید اطاقی مستحکم و عایق حرارتی را که تحمل وزن و نیروی گریز از مرکز فن‌ها را داشته باشد ساخته شود و بعد فن‌های گردش هوا را بر روی سقف کاذبی که حدوداً ۶۰ سانتی‌متر ارتفاع دارد نصب می‌نمایند.

گردش هوا از بالا به سمت پایین انجام می‌شود. چون خود هوا نیز در اثر گرما سبک‌تر شده است و گردش نیز از بالا صورت می‌گیرد و مسیر گردش هوا در کوره نیز یک فضای بسته است لذا سرعت گردش هوای گرم در بالای کوره بسیار بیشتر از پایین آن خواهد بود.

به این دلیل چوب‌های ردیف‌های بالا همیشه زودتر از چوب‌های ردیف‌های نزدیک زمین خشک خواهند شد. اختلاف رطوبت آنها نیز زیاد خواهد بود و این نقص هر چقدر ارتفاع کوره بلندتر باشد بیشتر دیده خواهد شد.

یکی از نقایص دیگر این سیستم هزینه زیاد ساخت اطاقی است که تحمل وزن فن‌ها و نیروی گریز از مرکز آنها را داشته باشد که طبیعتاً این هزینه اضافی را خریدار باید پرداخت نماید.

در این روش به دلیل وجود سقف کاذبی به ارتفاع حدوداً ۶۰ سانتی‌متر که فن‌ها در آن کار گذاشته شده است و وجود هوای گرم و کثیف در بالای کوره عملاً اگر پروانه‌ای در هنگام کار کوره دچار آسیب شود هیچ راهی به‌جز خاموش کردن و سرد کردن کوره وجود نخواهد داشت و تعویض قطعه‌ای در محلی کثیف و تنگ نیز بسیار دشوار خواهد بود.

در این روش به فاصله هر ۶۰ سانتی‌متر یک فن رادیال به قطر ۶۰ سانتی‌متر و با الکتروموتوری به قدرت حداقل ۲ اسب نصب شده است (اگر ارتفاع مفید کوره از

۳ متر بیشتر باشد به موتوری با قدرت بیشتر نیاز است) اگر کوره را با طول ۷ متر فرض نماییم نیاز به ۶ الکتروموتور با قدرت ۲ اسب و در مجموع ۱۲ اسب نیرو نیاز خواهد بود که این میزان الکتروموتور هزینه مصرف برق کوره را به شدت افزایش خواهد داد و از طرفی استهلاک این قطعات نیز بسیار هزینه بر می‌باشد.

در روش نصب فن‌های گردش هوا بر روی سقف کاذب داخل کوره چون بیشترین درصد رطوبت و گردوغبار (خاک اره چوب) در بالای کوره وجود دارد لذا الکتروموتورها در بدترین شرایط محیط کار می‌نمایند و این نقص، خرابی آنها و بلبرینگ‌ها را افزایش خواهد داد.

برای خشک شدن یکنواخت چوب کاملاً ضروریست گردش هوا از هر دو جهت صورت گیرد (مکش و دمیدن). برای این منظور در تمامی کوره‌ها جهت گردش پروانه‌ها هر چند ساعت یک‌بار معکوس می‌گردد. ولی پروانه‌های رادیال چون باله‌هایی محدب شکل دارند لذا گردش به سمت راست آنها بسیار قوی‌تر از دور معکوس آنها است، و این نقص باعث می‌شود یک سمت چوب‌ها زودتر از سمت دیگر خشک شود.

### ■ روش استفاده از هوای گرم و گردش هوا با فن‌های رادیالی که در کف کاذب کار گذاشته شده است.

برای کاهش نقایص سیستم فوق شرکت‌هایی مبادرت به کار گذاشتن فن‌های رادیال در کف کوره نمودند. این روش باعث گردش یکنواخت‌تر هوا شده و اختلاف گرما بین پایین و بالای کوره را به میزان چشم‌گیری کاهش می‌داد ولی این روش نیز مشکلات جدیدی را ایجاد می‌نمود که به جز چند مدل ناموفق دیگر از این روش در ساخت کوره‌های خشک کن چوب استفاده نگردید.

در این روش به دلیل وزن بسیار زیاد چوب‌ها باید یک کف کاذب بسیار قوی که توانایی تحمل وزن چوب‌ها را می‌داشت در کف کوره ساخته می‌شد که این خود هزینه ساخت کوره را به شدت افزایش می‌داد و امکان ساخت کوره‌های پیش‌ساخته نیز با این روش وجود نداشت.

در این روش نیز یک کانال تنگ به ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر به جای زیر سقف در زیر کف وجود داشت که در صورت بروز مشکلی در یکی از فن‌ها به‌ناچار باید کوره سرد و تخلیه می‌گردید تا امکان دسترسی به آن فن فراهم گردد.

در روش فن‌های سقفی هوای بسیار داغ و گردوغبار چوب عامل صدمه دیدن الکتروموتورها می‌گردید و در این روش تبرید بخار چوب‌ها و تولید شبنم عامل صدمه دیدن الکتروموتورها و بلبرینگ‌ها می‌شود. در مصرف برق نیز هیچ تفاوتی بین دو مدل وجود ندارد.

در این روش نیز نقص محدب بودن باله‌های هواکش و عدم توازن سرعت گردش باد سمت راست و چپ وجود دارد.

## ■ روش استفاده از هوای گرم و گردش هوا توسط نصب فن‌های رادیال با قطر ۶۰ سانتی‌متر در دیوار کناری کوره.

در این روش سعی شده مشکل ساخت سقف و کفی مستحکم برای نگهداری فن‌ها برطرف گردد و همچنین مشکل گردش هوا و سرویس و در دسترس بود قطعات نیز به حداقل کاهش یابد که البته موفق نیز بوده است ولی نقایص دیگری را که زیاد کوچک نیز نیستند به وجود می‌آورد.

در این روش چون قطر باله‌های فن کوچک است و فشار باد در مرکز بسیار بیشتر از اطراف است برای پخش یکنواخت هوا به منظور خشک شدن یکدست چوب‌ها کاملاً ضروریست فاصله فن‌ها از محل چیدن چوب‌ها حداقل یک متر در نظر گرفته شود (این فاصله به ارتفاع خشک‌کن و طول و تعداد فن‌ها بستگی دارد) و این فاصله سازنده کوره را مجبور می‌نمود اطاقی با حجمی بسیار بیشتر از ظرفیت مفید محل چیدن چوب ساخته و در نتیجه هزینه ساخت اطاق کوره به طور غیرمنطقی افزایش می‌یافت و به دلیل حجم زیاد اطاق کوره، اتلاف حرارت و مصرف انرژی نیز زیاد خواهد بود.

در این روش مصرف برق و استهلاک قطعات برقی نیز تغییری نمی‌یابد. در این روش نیز نقص محذب بودن باله‌ها همچنان وجود دارد و جهت گردش هوا در دو جهت برابر نمی‌باشد.

## ■ روش استفاده از هوای گرم و گردش هوا توسط فن‌های سانترفیوژ (فن حلزونی و یا کولری)

برای کاهش استهلاک کار الکتروموتورهای گردش هوا در محیطی گرم و با رطوبت بالا استفاده از فن سانترفیوژ که در بیرون کوره کار گذاشته می‌شود مدت‌ها متداول گردید و در حال حاضر نیز تعدادی از شرکت‌ها مدل‌های کوچک خشک‌کن‌های خود را با استفاده از این نوع فن‌ها تولید می‌نمایند.

در این روش خطر سوختن الکتروموتور به حداقل رسیده و سرویس آن نیز بسیار راحت است ولی مشکل بزرگی در این روش وجود دارد و آن به وجود آمدن ترک‌های زیاد و ناهماهنگی در زمان خشک شدن چوب در قسمت‌های مختلف کوره است.

چون هوای گرم به وسیله یک کانال کوچک وارد کوره می‌گردد باعث گرم شدن بیش از حد چوب‌های نزدیک به دریچه ورود هوا و سردتر بودن چوب‌های انتهایی می‌گردد که با هیچ روش تقسیم‌بندی در کانال‌ها نیز نمی‌توان کاری کرد که دریچه‌های ورود هوای گرم به داخل کوره سرعت و حجم باد یکسانی را منتقل نمایند.

در کل این نوع فن‌ها برای محل‌هایی مناسب است که فاصله منبع تولید باد با محل مصرف آن فاصله بسیاری داشته باشد و سرعت باد در این محل‌ها نیز اهمیتی نداشته باشد و فقط حجم انتقال هوا مورد نظر باشد. ولی در کوره‌های

خشک کن چوب سرعت باد برای عبور از بین دسته‌های چوب بسیار حایز اهمیت است و اگر سرعت گردش هوا مناسب نباشد هوای گرم از بین تمام دسته‌های چوب عبور نکرده و فقط می‌تواند چوب‌های ردیف‌های جلو را گرم نماید. و این نقص باعث طولانی شدن زمان خشک شدن کل چوب‌های کوره می‌گردد. در این سیستم کلاً نمی‌توان جهت گردش هوا را معکوس نمود و همیشه باد از یک سمت داخل کوره و سمت دیگر خارج می‌گردد.

**کوره‌های خشک کن چوب با استفاده از گرمای خورشید (کوره‌های خورشیدی)**  
این کوره‌ها نیز با روش وزش هوای گرم چوب را خشک می‌نمایند و فقط انرژی گرمایی خود را به‌جای سوخت‌های فسیلی از انرژی گرمایی خورشید تأمین می‌نمایند. در این روش سقف کوره‌ها را به‌مانند گلخانه با شیشه و یا نایلون‌های دارای مواد آنتی‌یووی ساخته که نور خورشید بتواند به راحتی از سقف و یا دیوارها داخل و بعد از برخورد با دسته‌های چوب ایجاد حرارت نماید.  
این روش بسیار پاک و کم هزینه است، ولی دارای نقایصی به‌طور مشخص برای کشور ما می‌باشد که در ادامه توضیح خواهیم داد.  
گرمای داخل این کوره‌ها از کوره‌هایی که با سوخت گازو یا گازوئیل کار می‌نمایند کمتر است لذا سرعت خشک شدن چوب در این کوره‌ها طولانی‌تر از کوره‌های عادی است.

این کوره‌ها فقط در روزهای آفتابی راندمان مناسبی دارند و در روزهای ابری و شب‌ها و فصول پاییز و زمستان بازدهی آنها بسیار کاهش می‌یابد. و چون بیشتر حجم نیاز کارخانجات صنایع چوب برای روزهای پایانی سال و سال نو است لذا این خشک‌کن‌ها نمی‌توانند منبع قابل اعتمادی برای تأمین چوب خشک کارخانجات در آن فصول باشند.

از طرفی چون بازدهی این کوره‌ها کاملاً به شرایط جوی متکی می‌باشند لذا نمی‌توان یک برنامه مشخص و زمان‌بندی شده‌ای برای آنها تدوین نمود.

### **کوره‌های خشک کن چوب تبریدی**

این کوره‌ها کاملاً شبیه به یک یخچال عمل می‌نمایند. در این روش کمپرسور یخچالی که گاز فریون در آن جریان دارد را در بیرون اطاقی نصب کرده و آن را به رادیاتورهای داخل کوره متصل می‌نمایند (رادیاتورهایی شبیه رادیاتور اتومبیل). گاز فریون با سرد کردن رادیاتورها باعث جذب رطوبت هوا و تبدیل آن به آب شده که این آب از راه کانالی که در زیر کوره تعبیه شده است از کوره خارج می‌شود. چون چوب یک ماده هیگروسکوپیک است و با رطوبت محیط خود تعادل ایجاد می‌نماید اگر رطوبت محیط اطراف چوب را کاهش دهیم چوب عرق کرده و رطوبت اضافی خود را به هوای محیط منتقل می‌نماید.

با استفاده از این ویژگی چوب خشک‌کن‌های تبریدی با کاهش رطوبت هوای اطراف چوب باعث خشک شدن چوب داخل کوره می‌گردند. هزینه ساخت کوره‌های تبریدی کمتر از کوره‌های هوای گرم و قابل حمل‌تر از آنها نیز می‌باشند. و این ویژگی‌ها باعث شده این کوره‌ها را بیشتر برای نصب در پروژه‌های ساختمانی استفاده نمایند.

در این روش مصرف برق از مدل‌های دیگر بیشتر است و زمان خشک شدن نیز طولانی‌تر از کوره‌های هوای گرم است. و به همین دلیل معمولاً برای کارخانجات بزرگ صنایع چوب از این روش استفاده نمی‌نمایند.

### کوره‌های هوای گرم با سیستم تولید خلأ

در این کوره‌ها با تولید هوای گرم در ابتدا آب داخل چوب را گرم نموده و در مرحله بعد با استفاده از کمپرسورهایی تولید خلأ نموده و آب داخل چوب را به بیرون هدایت می‌نمایند (معمولاً خلأ ۵/۵ اتمسفر).

این کوره‌ها را به دو روش تولید می‌نمایند. یک روش ساخت مخزنی فولادی به شکل سیلندر که قطر ورق آن متناسب با قطر سیلندر افزایش می‌یابد (با این روش کوره‌هایی با ظرفیت حدوداً ۱۰ متر مکعب تولید می‌نمایند). روش دوم که معمولاً در مورد کوره‌های کوچک کاربرد دارد استفاده از نایلون‌های ضخیمی است که بر روی چوب کشیده می‌شود. در این کوره‌ها کمپرسور تولید خلأ با مکش هوای زیر نایلون باعث ایجاد خلأ و خروج آب از چوب می‌گردد.

این روش خشک کردن چوب کیفیت بسیار بالایی داشته و معمولاً برای چوب‌های گران‌قیمت که کاربردهای حساسی در صنعت نیز دارند از آن استفاده می‌شود (مانند ساخت ماسوره چوبی).

نقطه ضعف این کوره‌ها فقط حجم کم و قیمت بالای آنها است و به همین دلیل هیچ کارخانه بزرگی از این کوره‌ها برای خشک کردن چوب‌های خود استفاده نمی‌نماید.

### کوره‌های گریز از مرکز

این کوره‌ها بسیار شبیه خشک‌کن لباس در ماشین‌های لباسشویی است و دقیقاً مثل آنها دارای یک محفظه فلزی دوار است که بعد از چیدن چوب‌ها در داخل محفظه بر روی محور خود گردش دورانی کرده و با ایجاد نیروی گریز از مرکز باعث خروج آب از چوب و خشک شدن آن می‌گردد.

این کوره‌ها چند سالی در اروپا با ابعاد کوچک ساخته می‌شد و هدف آن خشک کردن چوب بدون ایجاد تنش و ترک بود.

ولی هزینه ساخت آن غیرمنطقی زیاد است و برای واحدهای بزرگ صنعت چوب مناسب نمی‌باشد و به همین دلیل هیچگاه ساخت آنها به حالت صنعتی و گسترده انجام نشده است.



## کوره‌های خشک‌کن چوب با استفاده از امواج صوتی با فرکانس بالا (مایکروویو)

در سال ۱۹۴۱ بارون اسپنسر مخترع آمریکایی در هنگام کار با لوله خلأ لامپ مگنترون متوجه آب شدن شکلات داخل جیب خود شد و پی برد که امواج مایکروویو در اثر برخورد به جسمی غیرفلزی تولید حرارت می‌نمایند و این سرآغاز تولید سیستم‌های گرم‌کننده خانگی و صنعتی با امواج مایکروویو گردید. این امواج با قطبی کردن مولکول‌های آب و برخورد آنها به یکدیگر (۳۰۰۰ بار در ثانیه) ایجاد حرارت نموده و باعث تبخیر آب و گرم شدن و یا خشک کردن آن می‌گردند.

امواج مایکروویو به دلیل تأثیر مستقیم بر اجسام و بدون گرم کردن هوای اطراف آنها باعث گرم شدن و خشک شدن آنها می‌گردند و به این دلیل انرژی بسیار ناچیزتری در هنگام خشک شدن یک جسم مصرف می‌نمایند. این ویژگی اقتصادی عاملی بود تا ساخت کوره‌های خشک‌کن چوب نیز با این سیستم رواج یافت.

کار با کوره‌های خشک‌کن مایکروویو خطراتی را نیز به همراه دارد که بهتر است کاربران قبل از خرید و یا کار با این سیستم با آنها آشنا شوند. امواج مایکروویو توسط لامپی به نام مگنترون تولید می‌گردد. این لامپ با جریان الکتریسته‌ای به قدرت ۴۰۰۰ ولت کار می‌نماید که برای تولید این جریان از ترانس و خازنی در مدار استفاده می‌گردد. لذا عایق‌بندی سیم‌ها و محل عبور آنها باید به گونه‌ای باشد که در اثر زخمی شدن روکش عایق آنها و یا مرطوب شدن آنها باعث برق‌گرفتگی کاربر نگردد. و در هنگام تعمیر مدار الکتریکی حتماً باید جریان ذخیره شده در خازن تخلیه گردد.

خود امواج مایکروویو هم خطرات بسیاری برای موجودات زنده ایجاد می‌نماید. این امواج با شکستن غشای سلولی موجودات زنده باعث ورود ویروس‌ها، قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌ها به داخل سلول شده و بیماری‌های بسیاری را ایجاد می‌نمایند. این امواج با غیرمغناطیسی کردن بافت مغز باعث بی‌ثباتی عاطفی، از دست دادن حافظه و تمرکز و کاهش هوش انسان می‌گردد.

این امواج با تأثیر بر سلول‌های معده، روده و خون باعث ایجاد تومورهای سرطانی می‌گردند.

این امواج با تأثیر بر هورمون‌های مردانگی و زنانگی باعث کاهش میل جنسی و در دراز مدت عقیم شدن انسان می‌گردند. این امواج می‌تواند منجر به ایجاد آب‌مروارید در انسان گردد.

این دلایل باعث گردید کشور روسیه (اتحاد جماهیر شوروی) در سال ۱۹۷۶ استفاده از مایکروویو را برای مصارف غذایی و صنعتی ممنوع نماید. ولی متأسفانه

شرکت‌های غربی به دلیل منافع بسیاری که از تولید اجاق‌های میکروویو نصیب آنها می‌گردد علاوه بر اینکه مانع تصویب قانونی برای محدود کردن استفاده از این سیستم گردیدند حتی جلوی تحقیقات در این مورد را نیز سد نموده و سعی می‌نمایند که مضرات این سیستم آشکار نگردد. تا حدی که در کشور سوئیس شرکت‌های تولیدکننده میکروویو با شکایت از استاد تغذیه هانریش هرتل سعی نمودند مانع چاپ تحقیقات ۱۵ ساله او در مورد این سیستم گردند. طبق تحقیقات جدید فاصله کاربر از دستگاه‌های خانگی و نه صنعتی نباید کمتر از ۱ تا ۲/۵ متر باشد. میزان مجاز فرار امواج در فاصله ۵ سانتی متری نباید از ۵ میلی‌وات بیشتر باشد.

### **کوره‌های هوای گرم با استفاده از پروانه رادیال به قطر ۳ متر**

این کوره‌ها دارای گواهی مطابقت با استاندارد اتحادیه اروپا و ایزو ۹۰۰۱ می‌باشند.

#### **محفظه کوره**

این کوره‌ها دارای دیوارهای پیش‌ساخته به ضخامت ۶ سانتی‌متر است که از دو لایه ورق آلومینیومی آنودایز شده و یک لایه عایق پلاستوفوم نسوز به ضخامت ۶ سانتی‌متر ساخته می‌شود. این دیوارها بر روی یک سطح بتنی نصب می‌گردند و این امکان را به خریدار می‌دهد که با اضافه کردن دیوارهای بیشتر حجم کوره خود را افزایش دهد. این دیوارها به راحتی نصب شده و در زمان کوتاهی دوباره باز و به محل دیگری منتقل می‌گردند.

به دلیل استفاده از ورق‌های براق آلومینیومی که تشعشع حرارت را منعکس می‌نمایند و عایق پلاستوفوم اتلاف حرارت از دیوارها بسیار ناچیز است.

#### **گردش هوا**

برای گردش هوا در این کوره‌ها از پروانه‌های رادیالی (ایستاده) به قطر ۳ و یا ۴ متر (بر حسب مدل متفاوت است) که دارای هسته‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد استفاده شده است. این پروانه‌ها در کنار و یا وسط کوره نصب شده و هوا را در دو جهت به گردش در می‌آورد (مدل ۳۰ متر مکعبی در کنار کوره و مدل ۶۰ متر مکعب به بالا در وسط کوره). روش ساخت و زاویه باله‌ها به گونه‌ایست که در حرکت به سمت راست و چپ باله‌ها میزان هوای یکسانی را منتقل می‌نمایند و این ویژگی منحصر به فرد به گردش هوای یکنواخت در بین دسته‌های چوبی و خشک شدن یکنواخت آنها کمک می‌نماید.

باله‌هایی به قطر ۳ متر و هسته‌ای کوچک تمام عیوب پروانه‌های سقفی و رادیال با قطر کوچک را برطرف نموده و چون فقط با یک الکتروموتور به قدرت ۴ اسب کار می‌نماید مصرف برق آن ۱/۳ درصد مدل‌های دیگر خشک‌کن است.

### سیستم گرمایش کوره

برای گرم شدن یکنواخت و آهسته کوره و جلوگیری از تنش و ترک در سطح چوب از رادیاتورهای فولادی به ارتفاع ۲ متر و در کل کوره استفاده شده است. در این رادیاتورها آب گرمی که توسط یک دیگ فولادی با مشعل گاز و گازوئیل گرم شده است توسط یک پمپ کوچک و مقاوم که دارای تنظیم سرعت نیز می‌باشد جریان می‌یابد.

### سیستم تنظیم رطوبت

این کوره‌ها دارای سیستم تخلیه و تزریق رطوبت بوده که میزان رطوبت مورد نیاز چوب را در مراحل مختلف خشک شدن تأمین می‌نماید.

### سیستم کنترل کوره

برای کنترل حرارت و رطوبت در مراحل خشک شدن چوب از یک سیستم کنترل نیمه اتوماتیک استفاده شده است. این سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که کار با آن نیاز به تخصصی خاصی نداشته و در هر شرایط آب و هوایی به راحتی کار می‌نماید.

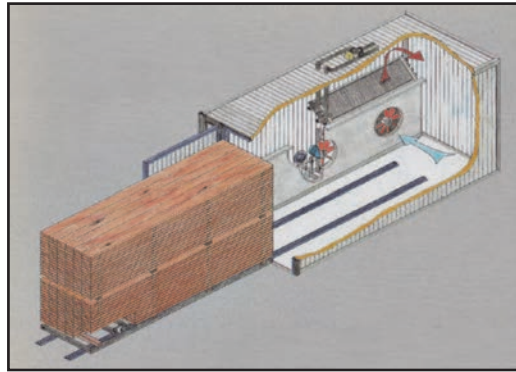
در تابلوی کنترل یک سیستم عیب‌یاب مرکزی تعبیه شده است که در صورت خرابی هر قسمت کوره با خاموش کردن کوره برای جلوگیری از صدمه به قطعات برقی و مکانیکی محل ایراد را نیز به کاربر نشان می‌دهد. چون این کوره‌ها با سیستم گردش هوای پر سرعت و با گرمای ملایم کار می‌نماید امکان خشک شدن هم‌زمان چند گونه چوب با ضخامت‌های متفاوت را فراهم می‌نمایند.

طراحی این کوره‌ها به گونه‌ایست که می‌توان ظرفیت یک کوره ۳۰ متر مکعبی را تا ظرفیت ۱۲۰ متر مکعب افزایش داد.

برای استفاده از حداکثر انرژی الکتروموتور یک پروانه کوچک نیز بر روی هسته پروانه اصلی کار گذاشته شده است که تمام قسمت‌های باله توان انتقال هوا را داشته باشند.

چون الکتروموتور توسط یک پروانه بزرگ خنک می‌گردد استهلاک موتور به حداقل کاهش می‌یابد. از طرفی چون حدوداً ۱۰ درصد انرژی الکتریکی الکتروموتورها باعث گرم شدن پوسته آنها می‌گردد لذا نصب الکتروموتور در داخل کوره باعث استفاده از این میزان انرژی نیز می‌گردد.

سرویس و نگهداری این نوع پروانه‌ها نیز بسیار ساده بوده و در صورت خرابی نیاز به سرد کردن کوره نمی‌باشد.



کوره خشک کن هوای گرم با پروانه رادیال در کنار چوب



کوره خشک کن چوب با سیستم گردش هوای گرم از بالا به پایین



خشک کن چوب با سیستم تبریدی



کوره خشک کن چوب با سیستم مایکروویو



کوره خشک کن چوب با سیستم هوای گرم خورشیدی



کوره خشک کن چوب با پروانه رادیال به قطر ۴ متر



کوره خشک کن چوب با پروانه به قطر ۳ متر