



عایق‌های حرارتی در باشگاه‌های ورزشی تا تولید آجر از لباس‌های بازیافتی

تهیه و تنظیم: دکتر فرناز نایب مراد

۱- مقدمه

با رشد ورزش‌های سازمان‌یافته و افزایش تعداد باشگاه‌ها، مصرف انرژی در این اماکن به یکی از چالش‌های زیست‌محیطی تبدیل شده است.

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که سالن‌های ورزشی تا ۲۰ درصد بیشتر از ساختمان‌های اداری معمولی انرژی مصرف می‌کنند، به ویژه در استخرها و سالن‌های چندمنظوره. استفاده از عایق‌های حرارتی و مواد بازیافتی می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه، اثرات زیست‌محیطی را نیز کاهش دهد.

در کشورهای پیشرفته، باشگاه‌های سبز با استفاده از عایق‌های پشم سنگ، پلی‌یورتان و آجرهای الیافدار، موفق به کاهش ۴۰ تا ۵۰ درصد مصرف انرژی و کاهش انتشار گاز CO₂ تا ۳۰ درصد شده‌اند. (Patel ۲۰۲۱).

۲- نقش عایق حرارتی در باشگاه‌های ورزشی

عایق کاری مناسب باعث می‌شود که انتقال حرارت به حداقل برسد و انرژی مصرفی برای سرمایش و گرمایش کاهش یابد.



چکیده

عایق‌های حرارتی می‌تواند تا ۵۰-۳۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی کند و بهبود آسایش حرارتی ورزشکاران را به همراه دارد. همچنین، تبدیل منسوجات دورریز به آجر و بلوک ساختمانی، کاهش چشمگیر مصرف منابع طبیعی و افزایش دوام سازه‌ها را به همراه دارد.

این مقاله ضمن معرفی انواع عایق‌های حرارتی و روش‌های تست آن‌ها، کاربرد الیاف بازیافتی در صنعت ساختمان و اثرات زیست‌محیطی این فناوری‌ها را بررسی می‌کند و چارچوبی برای طراحی باشگاه‌های ورزشی سبز ارائه می‌دهد.

باشگاه‌های ورزشی به عنوان مراکز تجمع انسانی و مصرف انرژی، نقش مهمی در کاهش اثرات زیست‌محیطی دارند. مصرف انرژی بالا در سالن‌های ورزشی به دلیل نیاز به گرمایش، سرمایش و تهویه مناسب، موجب افزایش هزینه‌ها و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. یکی از راهکارهای مؤثر، استفاده از عایق‌های حرارتی استاندارد و بهره‌گیری از فناوری‌های بازیافت مواد نساجی برای تولید مصالح ساختمانی پایدار مانند آجر است. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که استفاده از



۳- انواع عایق‌های حرارتی مورد استفاده در باشگاه‌ها

نوع عایق	جنس	ویژگی	کاربرد
پشم سنگ	بازالت	ضد آتش، عایق صوتی	سالن‌های چندمنظوره
پلی‌یورتان (PU)	پلیمر	سبک، راندمان بالا	استخرها
پلی‌استایرن (XPS/EPS)	مشتقات نفتی	ضد رطوبت	سالن‌ها
عایق‌های سلولزی	الیاف بازیافتی کاغذی	سازگار با محیط زیست	دیوار/سقف
عایق‌های نساجی	پلی‌استر، پنبه، بازیافتی	قابل بازتولید	سالن‌های کوچک

۴- روش‌های تست عایق‌های حرارتی

۱- تست هدایت حرارتی (Thermal Test) (Conductivity)

* استاندارد: ASTM C۵۱۸

* بررسی انتقال حرارت از طریق نمونه، واحد W/mK

۲- تست مقاومت حرارتی (R-value Test)

* استاندارد: ASTM C۱۶۸

* تعیین میزان مقاومت در برابر عبور دما، واحد m²K/W

۳- تست واکنش در برابر آتش

* استاندارد: ISO ۱۱۸۲ یا ASTM E ۸۴

* بررسی اشتعال، شعله‌پذیری و تولید دود

۴- تست جذب رطوبت

* استاندارد: ISO ۰۶۲-۲۰۱۱

* تعیین میزان جذب آب و مناسب بودن برای استخرها و فضاهای مرطوب

۵. استفاده از لباس‌های بازیافتی برای تولید آجر

✓ فرآیند تولید:

۱- جمع‌آوری منسوجات دور ریز (تی‌شرت، حوله، لباس ورزشی)

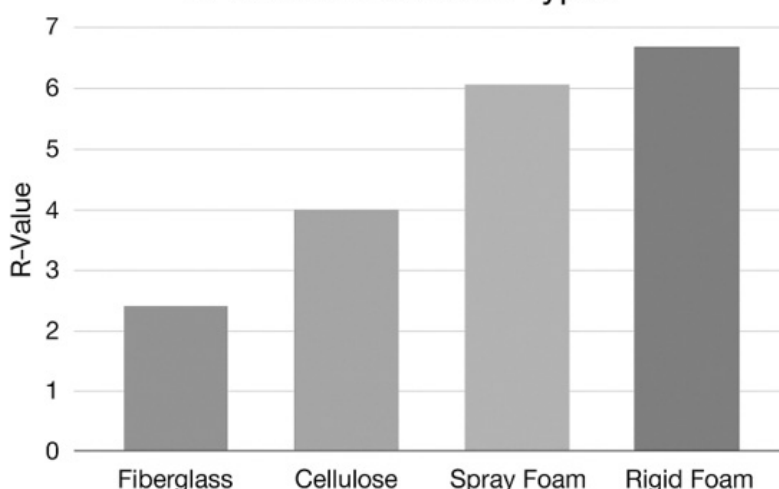
۲- خرد کردن و ترکیب با افزودنی‌های معدنی

۳- فشرده‌سازی و شکل‌دهی به صورت آجر یا بلوک نسوز

✓ مزایا:

* کاهش ۱۵-۲۰ درصد وزن ساختمان

R-Value of Insulation Types



ردیف	نام آزمون	هدف	استاندارد مرجع	نمونه استاندارد	واحد/خروجی
۱	هدایت حرارتی (λ)	اندازه‌گیری رسانش حرارتی	ASTM C۱۷۷ / C۵۱۸ / ISO ۸۳۰۲	صفحه ۱۰۰×۱۰۰ mm ضخامت مشخص	W·m ⁻¹ ·K ⁻¹
۲	مقاومت حرارتی (R)	محاسبه مقاومت لایه	ISO ۶۹۴۶	لایه/پانل	m ² ·K·W ⁻¹
۳	مقاومت فشاری	رفتار مکانیکی	ASTM C۱۶۵ / C۶۷	مکعب/استوانه	MPa / kPa
۴	جذب آب	مقاومت در برابر رطوبت	ASTM C۲۷۲ / C۲۰۹	قطعه با سطح معین	% wt
۵	انتقال بخار آب (MVTR)	نفوذ بخار	ASTM E۹۶	دیسک نمونه	g·m ⁻² ·۲۴h ⁻¹
۶	آزمون حریق	انتشار شعله/دود	ASTM E۸۴ / EN ۱۳۵۰۱-۱	صفحه نمونه	Flame spread, Smoke index
۷	سیکل حرارتی (پیری)	پایداری عملکرد در زمان	استاندارد پروژه	سیکل حرارت/رطوبت	تغییر ۱۰مقاومت
۸	ضریب جذب صوت	کاهش پژواک	ISO ۳۵۴	نمونه کروی/تخت	α(f) (۰-۱)
۹	چگالی / تخلخل	مشخصه فیزیکی	-----	تکه نمونه	kg·m ⁻³ / %

✓ کاربرد عایق‌ها در بخش‌های مختلف باشگاه:

* سالن‌های بدن‌سازی

* استخرها و فضاهای مرطوب

* سالن‌های چندمنظوره سالن والیبال/فوتسال

* خوابگاه‌های ورزشکاران

✓ مزایای آن شامل:

* کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصدی هزینه انرژی

* افزایش آسایش حرارتی ورزشکاران

* کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

* بهبود کارایی سیستم‌های تهویه

آزمون نفوذ حرارت در شرایط مرطوب براساس استاندارد ASTM C۳۹ یا ISO ۱۵۱۴۸ انجام می‌شود.

✓ روش آزمون:

* نمونه عایق ابتدا در اتاق رطوبتی با $RH < 90\%$ درصد قرار می‌گیرد.

* سپس در دستگاه انتقال حرارت (Heat Flow Meter) تست می‌شود.

* تغییرات R-value قبل و بعد از رطوبت محاسبه می‌شود.

اهمیت برای باشگاه‌ها: عایق‌هایی مانند XPS و پلی‌اورتان عملکرد بسیار بهتری نسبت به پشم‌سنگ در شرایط مرطوب نشان می‌دهند.

۲-۶- آزمون پایداری حرارتی چرخشی (Tset Thermal Cycling)

باشگاه‌ها در طول شبانه‌روز و فصل‌های مختلف با تغییرات دمایی مواجه هستند. آزمون پایداری حرارتی چرخشی براساس ASTM C۱۰۲۶ انجام می‌شود.

✓ روش:

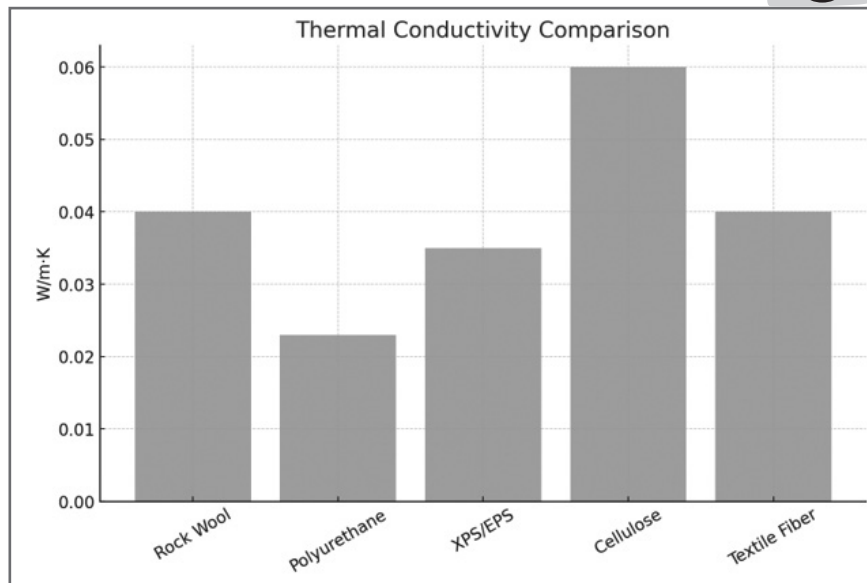
* نمونه به‌طور متناوب بین $10^{\circ}C$ و $70^{\circ}C$ (۱۰۰-۳۰ چرخه) قرار می‌گیرد.

* تغییرات هدایت حرارتی و ترک‌خوردگی بررسی می‌شود.

* نتیجه مورد انتظار: عایق پلی‌اورتان و سلولزی بازیافتی کمترین افت عملکرد را نشان می‌دهند.

۷- آزمایش‌های صوتی عایق‌ها در سالن‌های ورزشی

وجود نویز در محیط‌های ورزشی می‌تواند باعث استرس، کاهش کارایی ورزشی و اختلال در هوشیاری ورزشکاران شود. بنابراین، عایق‌های مورد استفاده باید علاوه بر مقاومت حرارتی، جذب و کاهش انتقال صوت را تضمین کنند.



با توجه به ماهیت صوتی-حرارتی فضاهای ورزشی، به‌ویژه سالن‌های بدن‌سازی و استخرها، ارزیابی عملکرد عایق‌ها باید هم شامل انتقال حرارت و هم کنترل نویز باشد. در این راستا، مجموعه‌ای از آزمون‌های استاندارد جهت بررسی دوام، افت عملکرد، مقاومت محیطی و کارایی صوتی تعریف شده است.

۱-۶- آزمون نفوذپذیری حرارتی در شرایط مرطوب (Wet Thermal Resistance Tset)

وجود رطوبت در محیط‌های ورزشی، به‌خصوص استخرها، می‌تواند عملکرد عایق‌ها را تا ۴۰ درصد کاهش دهد.

* افزایش مقاومت در برابر تنش و ترک
* کاهش ۳۰ درصد مصرف خاک و منابع طبیعی

* عایق حرارتی-صوتی طبیعی
الیاف مناسب: پلی‌استر، پنبه، آکرلیک، اسپندکس
تحلیل کمی پژوهش‌ها نشان می‌دهند که آجرهای الیاف‌دار، در مقایسه با آجرهای سنتی، هدایت حرارتی ۲۰-۳۰ W/mK دارند و می‌توانند تا ۳۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی کنند.

۶- آزمایش‌های تکمیلی عایق‌های حرارتی و صوتی در باشگاه‌های ورزشی





عملکرد را برای سالن‌های ورزشی پرتراکم دارد.
* آجرهای نساجی بازیافتی نه تنها سبز و سبک هستند بلکه عملکرد عایق صوتی-حرارتی مطلوب دارند.

۹- جمع‌بندی و چشم‌انداز

به‌کارگیری عایق‌های حرارتی استاندارد و فناوری تبدیل منسوجات دورریز به مصالح ساختمانی، می‌تواند باشگاه‌ها را به محیط‌های کم‌مصرف، پایدار و سبز تبدیل کند. چشم‌اندازهای آینده شامل:
* توسعه آجرهای بازیافتی با افزودنی‌های نانومواد برای افزایش مقاومت
* ادغام سیستم‌های انرژی خورشیدی با عایق‌های حرارتی
* استانداردسازی جهانی برای باشگاه‌های ورزشی سبز

نوع عایق	مقدار تقریبی STC
پشم سنگ	۴۵-۵۰
پلی‌اورتان فوم	۳۰-۳۵
الیاف نساجی بازیافتی	۴۰-۴۳

۸- آزمون مقاومت و پایداری الیاف بازیافتی جهت تولید آجر
قبل از تبدیل منسوجات دورریز باشگاه‌ها به آجر، باید ویژگی‌های مکانیکی و حرارتی الیاف بررسی شوند.

۸-۱- آزمون مقاومت فشاری آجرهای تقویت‌شده (Compressive Strength) (Tset)

* استاندارد: ISO ۶۰۴ / ۹۰۱ ASTM C ۱۰۹
* حداقل مقاومت مورد انتظار: ۱۵-۱۰ MPa
آجرهای دارای الیاف پلی‌استر تا ۲۰ درصد مقاومت بیشتری نسبت به آجر معمولی دارند.

۸-۲- آزمون ثبات حرارتی الیاف در مصالح ساختمانی

* استاندارد: ASTM D ۵۷۳
* بررسی نقاط ذوب الیاف و واکنش در آتش
الیاف پلی‌استر و آکریلیک با افزودنی‌های ضدحریق بهترین عملکرد هستند.

✓ جمع‌بندی علمی بخش آزمایش‌ها

نتایج مهم:
* انتخاب عایق فقط بر اساس R-value کافی نیست؛ رطوبت + صوت + دوام باید بررسی شود.
* ترکیب الیاف بازیافتی + پشم‌سنگ بهترین

۷-۱- آزمون ضریب جذب صوت
Sound Absorption Coefficient
Tset

این آزمون با استانداردهای ISO ۳۵۴ یا ASTM C ۴۲۳ انجام می‌شود.

✓ روش آزمون:

* نمونه عایق داخل اتاق پژواک (Room Reverberation) نصب می‌شود.
* میزان سرعت افت انرژی صوتی و زمان واکنش (Reverberation time) اندازه‌گیری می‌شود.
* ضریب جذب صوت در فرکانس‌های ورزشی مهم (۲۵۰-۴۰۰۰ Hz) ثبت می‌شود.

✓ نتیجه مهم:

* پشم سنگ بهترین جذب را در فرکانس‌های پایین ضربه وزنه‌ها دارد.
* عایق‌های الیافی بازیافتی (پلی‌استر، پنبه) در صداها، انسانی و موسیقی ورزشی عملکرد بهتری دارند.

۷-۲- آزمون کاهش انتقال صوتی (Tset -STC)

برای کنترل صدای برخورد وزن‌ها، دستگاه‌ها و فریاد ورزشکاران، مقدار STC (Sound Transmission Class) از استاندارد ASTM E ۹۰ استفاده می‌شود.

✓ روش:

* دو اتاق مجاور، یک منبع صوتی و یک گیرنده قرار داده می‌شود.
* میزان عبور صوت از دیوار مجهز به عایق اندازه‌گیری می‌شود.
* STC بالاتر نشان‌دهنده کاهش عبور صوت بیشتر است.

✓ نتایج کلیدی برای باشگاه‌ها:

ترکیب پشم سنگ + الیاف بازیافتی بهترین راه‌حل برای سالن‌های پر سر و صداست.

منابع

۱. موسوی، ع. (۱۴۰۰). کاربرد عایق‌های الیافی در صنعت ساختمان. نشر دانشگاهی.
۲. فلاح، م. (۱۳۹۹). بهینه‌سازی انرژی در سالن‌های ورزشی. انتشارات پژوهش انرژی.
۳. ASTM International. (۲۰۱۸). Thermal Insulation Standards: C ۱۶۸, C ۵۹۸, E ۸۴.
۴. ISO Standards. (۲۰۲۰). Fire Safety and Moisture Resistance in Construction Materials.
۵. Smith, J. & Patel, R. (۲۰۲۱). Recycled Textile Fibers for Eco-Construction Materials. Journal of Sustainable Architecture.
۶. Li, X. et al. (۲۰۲۲). Energy Efficiency in Sports Facilities Using Advanced Insulation. Renewable Energy Journal, ۱۸۰, ۳۴۵-۳۵۸.
۷. Chen, Y. & Zhang, H. (۲۰۲۰). Textile Waste-Based Building Materials: Thermal and Mechanical Properties. Journal of Cleaner Production, ۲۷۵, ۱۲۳-۱۳۵.