



نیاز فناوریانه



مرکز نوآوری و هم‌آفرینی
صنعت بتن و ساختمان

طراحی و ساخت دستگاه عمل‌آوری
نمونه‌های آزمایشگاهی بتن

زمستان ۱۴۰۳

 hbscoo.com

عنوان نیاز فناورانه

طراحی و ساخت دستگاه عمل‌آوری نمونه‌های آزمایشگاهی بتن

شرح نیاز

• مقدمه و شرح کلی مسئله

بتن یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی در جهان است که از ترکیب سیمان، آب، سنگدانه‌های ریز (ماسه) و درشت (شن) به دست می‌آید. این ماده به دلیل مقاومت فشاری بالا، دوام زیاد و امکان شکل‌پذیری قبل از سخت شدن، در ساخت سازه‌های مختلف مانند پل‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها و سدها به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. بتن به‌طور طبیعی پس از ترکیب اجزا و واکنش شیمیایی بین سیمان و آب (هیدراتاسیون)، از حالت خمیری به جامد تبدیل شده و با گذشت زمان مقاومت آن افزایش می‌یابد.

هیدراتاسیون (Hydration) یک واکنش شیمیایی بین سیمان و آب است که باعث سخت شدن و افزایش مقاومت بتن می‌شود. این فرآیند زمانی آغاز می‌شود که سیمان و آب با یکدیگر ترکیب می‌شوند و تا زمانی که آب موجود برای واکنش وجود داشته باشد، ادامه پیدا می‌کند. بدون این واکنش، بتن به ماده‌ای شکننده و ضعیف تبدیل شده و قادر به تحمل بارهای سازه‌ای نخواهد بود. هیدراتاسیون مسئول ایجاد ساختار کریستالی در بتن است که منجر به افزایش استحکام و دوام آن می‌شود.

هیدراتاسیون نه تنها باعث سخت شدن بتن می‌شود، بلکه بر خواص مهمی مانند مقاومت فشاری، نفوذپذیری و دوام بتن تأثیر می‌گذارد. اگر هیدراتاسیون به درستی انجام شود، بتن ساختاری متراکم و مقاوم خواهد داشت که می‌تواند در برابر بارهای سنگین و شرایط محیطی سخت دوام بیاورد. از سوی دیگر، هیدراتاسیون ناقص می‌تواند منجر به افزایش تخلخل، کاهش مقاومت و نفوذپذیری بالا شود که بتن را در معرض آسیب‌هایی مانند حمله سولفاتی، کربناتاسیون و ترک‌خوردگی ناشی از یخ‌زدگی قرار می‌دهد.

چندین عامل بر سرعت و کیفیت هیدراتاسیون تأثیرگذار هستند که کنترل صحیح آن‌ها برای دستیابی به بتن مقاوم و بادوام ضروری است. نسبت آب به سیمان (W/C) یکی از مهم‌ترین فاکتورهاست؛ اگر این نسبت زیاد باشد، تخلخل بتن افزایش یافته و هیدراتاسیون به‌صورت ناقص انجام می‌شود، درحالی‌که اگر مقدار آب کم باشد، واکنش‌های هیدراتاسیون محدود شده و بتن به‌درستی سخت نمی‌شود. دما نیز نقش کلیدی دارد؛ در دماهای بالا، هیدراتاسیون سریع‌تر اتفاق می‌افتد اما ممکن است بلورهای تشکیل‌شده نامنظم باشند و در نتیجه، مقاومت نهایی کاهش یابد. در دماهای پایین، سرعت هیدراتاسیون کاهش یافته و ممکن است بتن دیرتر به مقاومت مطلوب برسد. علاوه بر این، نوع سیمان بر هیدراتاسیون تأثیر دارد؛ سیمان‌های تیپ III سریع‌تر واکنش داده و برای پروژه‌هایی که نیاز به کسب مقاومت زود هنگام دارند، مناسب‌تر هستند، درحالی‌که سیمان‌های تیپ IV و V برای شرایطی که کنترل حرارت هیدراتاسیون اهمیت دارد، انتخاب می‌شوند.

در کنار این عوامل، عمل‌آوری بتن (Curing) یکی از مهم‌ترین مراحل در فرآیند هیدراتاسیون محسوب می‌شود. عمل‌آوری بتن فرآیندی حیاتی است که تأثیر مستقیمی بر مقاومت، دوام و عملکرد نهایی بتن دارد. این فرآیند شامل نگهداری بتن در شرایط کنترل‌شده از نظر رطوبت، دما و زمان است تا واکنش‌های هیدراتاسیون سیمان به‌طور کامل انجام شود. روش‌های مختلفی برای عمل‌آوری بتن وجود دارد، از جمله نگهداری در آب، اتاق رطوبتی، بخاردهی و استفاده از ترکیبات شیمیایی عمل‌آوری که هر کدام مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند. عمل‌آوری استاندارد، به‌ویژه در ۲۸ روز اول، نقش مهمی در کاهش ترک‌خوردگی، بهبود چگالی و افزایش مقاومت بتن در برابر عوامل محیطی ایفا می‌کند. در صورت عدم رعایت شرایط مناسب عمل‌آوری، بتن ممکن است دچار ضعف مکانیکی، افزایش نفوذپذیری و کاهش دوام در برابر شرایط سخت محیطی شود.

• وضعیت موجود در واحد متقاضی

شرکت همیار بتن شیرکوه یکی از مراکز پیشرو در تولید بتن و محصولات بتنی پیش‌ساخته است که در زمینه توسعه فناوری‌های نوین بتن، بهبود کیفیت مصالح ساختمانی و ارائه راهکارهای مهندسی برای صنعت ساخت‌وساز فعالیت می‌کند. این شرکت با بهره‌گیری از آزمایشگاه تخصصی بتن، ارزیابی بتن‌های مصرفی در مجموعه و ایستگاه‌های بتن آماده را در دستور کار دارد. علاوه بر این، واحد شیمی ساختمان شرکت، به‌عنوان یک بخش تحقیق و توسعه (R&D) در حال ساخت و بررسی افزودنی‌های نوین بتن از جمله فوق روان‌کننده‌ها، دیرگیرکننده‌ها و ترکیبات بهبوددهنده دوام بتن است تا عملکرد و کارایی بتن در شرایط مختلف محیطی بهینه شود.

آزمایشگاه شرکت همیار بتن شیرکوه، روزانه در حال ساخت و نمونه‌گیری از انواع بتن‌ها است تا کیفیت و عملکرد آن‌ها را مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی ارزیابی کند. علاوه بر این، واحد شیمی ساختمان این شرکت نیز به‌طور مداوم در حال توسعه و ساخت نمونه‌های جدید از افزودنی‌های بتن است تا کارایی و اثرگذاری آن‌ها بر ویژگی‌های مکانیکی و دوام بتن بررسی شود. در حال حاضر نمونه‌گیری به صورت روزانه از بتن در قالب‌هایی به ابعاد $15 \times 15 \times 15$ سانتی‌متر انجام می‌گیرد و پس از ۲۴ ساعت نمونه‌ها از قالب بیرون آورده شده و داخل حوضچه‌های آب قرار می‌گیرند تا سیکل عمل‌آوری آن‌ها تکمیل گردد (شکل ۱ و ۲). سپس نمونه‌ها در سنین ۲۸، ۹۰ و روزی ۹۰۰ از حوضچه‌های عمل‌آوری بیرون آورده شده و تست مقاومت فشاری بر روی آن‌ها انجام می‌گیرد. به دلیل زمان‌بر بودن فرآیند عمل‌آوری نمونه‌ها برای دستیابی به نتایج مکانیکی دقیق و قابل اعتماد از بتن و کارایی افزودنی‌ها، امکان ارزیابی کیفیت بتن و تصمیم‌گیری سریع در جهت اصلاح طرح‌ها و بهبود یا توسعه مواد پیشین وجود ندارد و روند نوآوری کند و با محدودیت‌هایی مواجه می‌شود.



شکل ۱: نمونه‌گیری روزانه از بتن



شکل ۲: عمل‌آوری نمونه‌ها در حوضچه‌های آب

• اهمیت و ضرورت نیاز

همانطور که گفته شد برای تعیین ویژگی‌های مقاومتی و دوام بتن‌های مورد استفاده در خط تولید کارخانه، ایستگاه‌های بتن آماده و همچنین بررسی عملکرد افزودنی‌های شیمیایی تولیدی توسط واحد شیمی، نیاز به ساخت مداوم نمونه‌های بتنی و عمل‌آوری آن‌ها به مدت حداقل ۲۸ روز وجود دارد. این زمان طولانی عمل‌آوری محدودیت‌هایی برای اعمال تغییرات لازم برای بهبود کیفیت بتن و افزودنی‌های آن ایجاد می‌نماید. در نتیجه فرایند اصلاح و توسعه‌ی محصولات شرکت به کندی انجام گرفته و با محدودیت‌های بسیاری روبه‌رو است. لذا ساخت تجهیزات آزمایشگاهی که بتواند سبب رشد زود هنگام مقاومت نمونه‌های آزمایشگاهی بتن شود و با تنظیم کنترل‌شده‌ی رطوبت، دما و فشار از ضعف‌های مقاومتی و ترک‌خوردگی نمونه‌ها جلوگیری کند، ضرورت دارد.

• پیشینه‌ی مسئله

روش‌های مختلفی برای عمل‌آوری بتن در محیط‌های کارگاهی و آزمایشگاهی وجود دارد که هر یک بسته به شرایط انتخاب می‌شود. برخی از این روش‌ها شامل موارد زیر اند:

عمل‌آوری در آب (Water Curing)

در این روش، نمونه‌های بتنی پس از قالب‌برداری، در مخازن آب اشباع‌شده با آهک مطابق با ضوابط استاندارد ملی شماره‌ی ۱۷۰۴۰ غوطه‌ور می‌شوند تا فرآیند هیدراتاسیون به‌صورت کامل انجام شود. عمل‌آوری در آب به دلیل تأمین مداوم رطوبت، منجر به افزایش مقاومت فشاری و کاهش ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی خشک می‌شود. اما این روش نیاز به فضای بزرگ و تجهیزات مخزن آب دارد و زمان‌بر است. همچنین، انتقال و جابجایی نمونه‌ها پس از آزمایش نیز می‌تواند دشوار باشد.

عمل‌آوری در اتاق رطوبتی (Moist Room Curing)

در این روش، نمونه‌ها در یک اتاق با رطوبت بالا (۹۵-۹۸٪) و دمای کنترل‌شده 23 ± 2 درجه سانتی‌گراد (مطابق با استاندارد ۱۷۰۴۰) نگهداری می‌شوند، که باعث می‌شود شرایط عمل‌آوری نزدیک به محیط واقعی باشد و برای بررسی جمع‌شدگی و تغییرات طولی بتن ایده‌آل است. این روش از جذب بیش از حد آب جلوگیری می‌کند و نمونه‌ها در شرایطی مشابه محیط واقعی بتن‌ریزی قرار می‌گیرند. اما کنترل دقیق رطوبت و دما برای اثربخشی این روش ضروری است، و هرگونه نوسان می‌تواند به کاهش کارایی عمل‌آوری منجر شود. همچنین، هزینه بالای تجهیز و نگهداری این اتاق‌ها ممکن است برای برخی آزمایشگاه‌ها محدودیت ایجاد کند.

ترکیبات عمل‌آوری

ترکیبات عمل‌آوری به صورت مایع است که بر روی سطح بتن پاشیده یا مالیده می‌شود و با ایجاد یک غشاء از تبخیر آب بتن جلوگیری می‌کند این محلول‌ها از اختلاط رزین‌های مصنوعی و طبیعی با حلال تشکیل شده‌اند پس از اعمال ترکیبات عمل‌آوری بر سطح بتن، حلال تبخیر شده و رزین بر سطح باقی می‌ماند. غشاء رزین حدود یک تا چهار هفته باقی مانده و سپس بر اثر هوازدهی و نور آفتاب، ترد و شکننده می‌گردد و از سطح بتن جدا می‌شود. این روش اجرای آسان و سریع دارد و در پروژه‌هایی که دسترسی به آب کافی برای روش‌های سنتی مانند غوطه‌وری یا پاشش آب وجود ندارد، گزینه‌ای

مقرون‌به‌صرفه محسوب می‌شود. در صورت اجرای نامناسب این روش، ممکن است پوشش یکنواختی ایجاد نشده و برخی بخش‌های بتن دچار خشک‌شدگی زودرس شوند که بر کیفیت نهایی آن تأثیر منفی می‌گذارد.

عمل‌آوری با قالب‌بندی طولانی مدت (Curing in Molds for Extended Periods)

در این روش، نمونه‌ها برای مدت طولانی‌تری در قالب باقی می‌مانند که به جلوگیری از تبخیر سریع آب کمک می‌کند. این روش بدون نیاز به تجهیزات اضافی مانند مخازن یا اتاق‌های رطوبتی، رطوبت را حفظ می‌کند. با این حال، عدم تأمین رطوبت کافی از بیرون ممکن است هیدراتاسیون را ناقص کند و در نتیجه مقاومت بتن کاهش یابد. این روش همچنین برای آزمایش‌هایی که به شرایط کنترل‌شده‌تر نیاز دارند، مناسب نیست.

عمل‌آوری با بخار (Steam Curing in Laboratory Conditions)

در این روش، نمونه‌ها در محفظه‌ای با بخار آب داغ قرار می‌گیرند که هیدراتاسیون را تسریع کرده و بتن را در مدت کوتاهی به مقاومت بالا می‌رساند. این روش برای بتن‌های پیش‌ساخته و شرایطی که نیاز به نتایج سریع دارند، ایده‌آل است. یکی از مشکلات اصلی این روش، افزایش سریع دما و ایجاد ترک‌های حرارتی است که می‌تواند نفوذپذیری بتن را افزایش داده و دوام آن را در برابر شرایط محیطی کاهش دهد. همچنین، کاهش سریع رطوبت پس از پایان بخاردهی منجر به جمع‌شدگی زودرس و افت حجمی بتن شده و احتمال ایجاد میکروترک‌ها را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، مصرف بالای انرژی و نیاز به تجهیزات گران‌قیمت برای تولید بخار، استفاده از این روش را کمتر مقرون‌به‌صرفه می‌کند.

روش‌های مختلف عمل‌آوری بتن مانند نگهداری در آب، اتاق رطوبتی یا قالب‌بندی طولانی، فرآیندهایی زمان‌بر هستند و طبق استانداردهای آزمایشگاهی (مبحث نهم مقررات ملی ایران)، حداقل ۲۸ روز زمان لازم است تا مقاومت بدست آمده را معیار طراحی بتن قرار داد. در این مدت، هیدراتاسیون سیمان به تدریج تکمیل می‌شود و بتن به ۹۰ درصد استحکام و دوام خود می‌رسد. از سوی دیگر، روش عمل‌آوری با بخار که برای تسریع کسب مقاومت اولیه بتن به کار می‌رود، دارای معایبی مانند ترک‌خوردگی حرارتی، کاهش دوام و افزایش جمع‌شدگی زودرس است.

مجموع این موارد سبب می‌گردد در مواردی که محدودیت زمانی برای رسیدن به مقاومت مورد نظر و گرفتن تست مقاومت فشاری وجود دارد یا شرایط ظاهری و دوام بتن دارای حساسیت است نتوان از روش‌های فوق استفاده نمود.

دستگاه کیورینگ بتن (Concrete Curing Chamber)

دستگاه کیورینگ بتن یا محفظه عمل‌آوری بتن یک تجهیز آزمایشگاهی است که برای کنترل شرایط محیطی شامل دما، رطوبت و زمان، جهت عمل‌آوری استاندارد نمونه‌های بتن استفاده می‌شود. این دستگاه معمولاً در آزمایشگاه‌های بتن، مراکز تحقیقاتی و کارخانه‌های تولید بتن برای افزایش دقت و یکنواختی فرآیند عمل‌آوری نمونه‌های آزمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخلاف سایر روش‌ها، این روش مشکل محدودیت زمانی ذکر شده را برطرف می‌نماید؛ لذا، بازدهی مجموعه افزایش یافته و امکان انجام آزمایشات بتن در کوتاه مدت فراهم می‌گردد. در نتیجه، زمینه‌ی توسعه‌ی محصولات کارخانه در حداقل زمان ممکن فراهم می‌شود.

محفظه‌های کیورینگ بتن در طول زمان دستخوش تغییرات زیادی شده‌اند و امروزه انواع متنوعی با کارایی و امکانات گوناگون در دسترس هستند. شرکت همیار بتن برای تجهیز آزمایشگاه خود، مدل پیشرفته‌ای از این محفظه‌ها را مدنظر دارد که تمامی قابلیت‌های لازم را برای برآورده کردن نیازهای موجود دارا می‌باشد.

دستگاه‌های عمل‌آوری بتن پیشرفته (Advanced Curing Chambers) که قادر به شبیه‌سازی سیکل‌های دینامیکی دما و رطوبت (مانند سینوسی، پل‌های رطوبتی و دما، یا برنامه‌ریزی شده) هستند، برای بتن‌های ویژه مانند بتن فوق توانمند (UHPC) یا بتن با عملکرد بالا (HPC) طراحی می‌شوند. این دستگاه‌ها شرایط بهینه‌ی عمل‌آوری را با کنترل دقیق پارامترها فراهم می‌کنند تا بتن به مقاومت و دوام مورد نظر برسد. در ادامه توضیحات کامل ارائه شده است. قابلیت‌های دستگاه عمل‌آوری پیشرفته:

- ✓ کنترل سینوسی/پل‌های دما و رطوبت: امکان برنامه‌ریزی سیکل‌های پیچیده (مثلاً ۳ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۰٪، سپس افزایش دما تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد با نرخ مشخص)
 - ✓ محدوده دمایی: قابلیت گرمایش و سرمایش (دارای المنتهای گرمایشی، کمپرسور تبرید، یا سیستم بخار برای کنترل دما)
 - ✓ کنترل رطوبت: دامنه‌ی ۴۰٪ تا ۱۰۰٪ رطوبت نسبی با دقت $\pm 2\%$.
 - ✓ برنامه‌ریزی هوشمند: رابط کاربری دیجیتال برای تنظیم سیکل‌ها (مانند نرم‌افزار مبتنی بر کامپیوتر یا صفحه لمسی).
 - ✓ مانیتورینگ لحظه‌ای: سنسورهای دما و رطوبت با قابلیت ثبت داده. (Data Logging)
 - ✓ سیستم رطوبت‌ساز: اولتراسونیک یا بخار سرد برای تامین رطوبت یکنواخت.
 - ✓ تهویه: فن‌های قدرتمند برای توزیع یکنواخت دما و رطوبت.
- در حال حاضر، هیچ‌یک از شرکت‌های تولیدکننده این محصول را برای عرضه و فروش به بازار آماده‌سازی نکرده‌اند. به نظر می‌رسد یا هنوز در مرحله‌ی تولید و تأمین مواد اولیه قرار دارند، یا به دلایل مختلفی از جمله محدودیت‌های تولید، مشکلات زنجیره تأمین، یا تصمیمات استراتژیک، محصول نهایی را به بازار عرضه نکرده‌اند. بنابراین نیاز به یک فن‌آور برای ساخت این دستگاه وجود دارد.

حوزه‌های تخصصی مسئله

- مهندسی مکانیک
- مهندسی برق و الکترونیک
- مهندسی نرم‌افزار و هوش مصنوعی
- مهندسی عمران

حوزه‌ی کاربرد مسئله

- آزمایشگاه‌های تخصصی بتن و مراکز تحقیقاتی: بررسی مقاومت فشاری، کششی و خمشی بتن و ارزیابی عملکرد افزودنی‌ها. کنترل اسلامپ بتن در ایستگاه‌های تولید بتن آماده
- ایستگاه‌های تولید بتن آماده: کنترل کیفیت بتن‌های مصرفی و نمونه‌گیری روزانه از بتن‌های تولیدی

- کارخانجات تولید افزودنی‌های شیمیایی بتن: بررسی اثرگذاری مواد شیمیایی بر روی گیرش و سخت‌شدگی و سایر خواص بتن.

رویکردها

۱. رویکردهای ممکن در ارائه‌ی راه حل (راه حل‌های پیشنهادی برای حل مسئله)
 - طراحی و ساخت محفظه‌ی عمل‌آوری بتن با قابلیت تنظیم دما، رطوبت و امکان وارد نمودن سیکل‌های دمایی
 - مهندسی معکوس نمونه‌های خارجی
۲. رویکردهایی که دارای جذابیت نمی‌باشند
 - با توجه به اهمیت و تاثیر موضوع در افزایش بازدهی واحد متقاضی، محدودیتی در ارائه‌ی پیشنهادات وجود ندارد و در صورتی که طرح و ایده‌ی ارائه شده توجیه فنی و اقتصادی لازم را داشته باشد پذیرفته خواهد شد.

ویژگی‌ها و خروجی‌های مورد نیاز فناوری

- محفظه‌ی ایزوله در برابر انتقال رطوبت و حرارت
- امکان تنظیم دما بین ۵ تا ۵۰ درجه‌ی سانتی گراد
- امکان تنظیم رطوبت بین ۵ تا ۹۵ درصد
- امکان وارد کردن سیکل‌های دمایی و رطوبتی
- قابلیت مانیتورینگ و اتصال به سایر سیستم‌های کامپیوتری

بعد اقتصادی و مالی رفع مسئله

با توجه به اهمیت بالای این موضوع برای واحد متقاضی، در صورتی که طرح پیشنهادی از توجیه فنی، اقتصادی و عملیاتی لازم برخوردار باشد و الزامات کیفی و عملکردی مورد انتظار را برآورده سازد، واحد متقاضی پس از بررسی‌های لازم، نسبت به خرید و بهره‌برداری از آن اقدام خواهد کرد.

مدت زمان مطلوب برای حل مسئله

مدت زمان مطلوب برای رفع این مسئله حدود ۶ ماه می‌باشد.

موارد مورد نیاز برای ارائه در پروپوزال

- مشخصات فنی و عملکردی سیستم
- رویکرد مورد استفاده و تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز
- مشخصات فنی و عملکردی سیستم
- هزینه‌ی پروژه
- زمان لازم برای انجام پروژه

ارسال پاسخ

نوآوران و فناوران محترم پیشنهادات خود را در قالب پروپوزال (طرح پیشنهادی) به همراه رزومه‌ی شرکت و سایر مستندات و مجوزات مرتبط به آدرس ایمیل hbsventure@hbsscoo.com ارسال نمایند.

جهت هماهنگی و کسب اطلاعات بیشتر با شماره‌های ۰۳۵-۳۲۶۳۷۶۷۶ و ۰۹۱۳۵۵۰۸۱۸۲ تماس برقرار نمایید.

مهلت ارسال پیشنهادات: پایان بهار ۱۴۰۴

پیوست ۱: نمونه محفظه‌ی عمل‌آوری موجود در بازار

Cement Curing Chamber

NST-CH



اتاق کیورینگ سیمان

اتاق کیورینگ سیمان یک محیط کنترل شده است که شرایط پایداری سیمان و فرآیند گیرش سیمان را تحت تاثیر عواملی مانند دما، رطوبت کنترل می‌کند. این کنترل طی بازه‌های زمانی 3 ماهه، 6 ماهه و 1 ساله مورد سنجش قرار می‌گیرد.

-  ISO 13485
-  Safety Patent
-  Emergency
-  Temperature Calibration
-  Deviation Warning
-  Over Temp.
-  Auto Run
-  Program
-  Computer Interface
-  Touch Display

حجم محدوده دما دقت نقطه‌ای دما محدوده رطوبت دقت نقطه‌ای رطوبت استاندارد جنس بدنه خارجی جنس بدنه داخلی سیستم کنترل سنسور نمایشگر هشدار دهنده قابلیت برنامه‌ریزی سیستم پیامکی اتصال به شبکه داخلی سیستم پروتک فن سیستم رطوبت زن	150 - 300 - 450 - 600 - 1300 لیتر 30- درجه الی +120 درجه در 27 نقطه دمایی 10/5 درجه و یکنواختی دمایی کل کابین 1 درجه 40% الی 95% 2% ± و یکنواختی رطوبت 3% ± مطابق استاندارد DIN12880 class3.5 (TWW) ورق روغنی با رنگ الکترواستاتیک استیل از نوع 304 مجهز به سیستم هوشمند کنترل مطابق با آخرین تکنولوژی روز دنیا (دانش بنیان) دارای سنسور دمایی PT100 و مکانیکی نمایشگر HMI رنگی از نوع تاج اسکرین و کنترل PID مجهز به هشدار دهنده صوتی و قطع کن مکانیکی در صورت انحراف دما 154 سکمنت دمایی به صورت پله‌ای + شیب + سکمنت ثابت با ریت دمایی 2 تا 5 هشدار هوشمند در صورت انحراف دمایی جهت مانیتورینگ صفحه نمایش کنترل از داخل شبکه و از راه دور سیستم هیتی بر فناوری پیشرفته (DX) دانش بنیان جریان هوای یکنواخت از طریق فن‌های سیرکولاسیون از نوع بخار گرم
--	--

پیوست ۲: الزامات حوضچه‌های عمل‌آوری مطابق با استاندارد ملی شماره‌ی ۱۷۰۴۰

۷ الزامات حوضچه‌های آب

۷-۱ عمومی، حوضچه‌ها باید از مواد غیر قابل پوسیدن ساخته شده باشند. مجهز کردن حوضچه‌ها به سامانه پایش خودکار دمای آب در (23 ± 2) درجه سلسیوس، باید در مواقعی که حوضچه در اتاق فاقد سامانه کنترل دمایی در محدوده فوق‌الذکر و یا شرایط دیگری که تامین دمای مذکور با مشکل مواجه می‌شود قرار گرفته است، انجام شود.

به جز حوضچه‌های آب قرار گرفته در داخل اتاق رطوبت یا محفظه رطوبت تمام حوضچه‌های آب باید مجهز به یک ثبت کننده دما که حس‌گر آن داخل آب قرار گرفته است باشند. با هدف ثبت دما، یک گروه حوضچه‌های آب می‌تواند یک حوضچه در نظر گرفته شود، اگر سه شرط زیر برقرار باشد:

- تمام حوضچه‌ها به وسیله لوله‌های آب به یکدیگر متصل شده باشند؛
- تجهیزاتی جهت چرخش آب بین حوضچه‌ها نصب شده باشند؛
- اختلاف دما بین حوضچه‌ها هنگامی که به شکل هفتگی بررسی و ثبت می‌شوند، از ۱ درجه سلسیوس تجاوز نکند.

آب داخل حوضچه‌ها جهت جلوگیری از نشت هیدروکسید کلسیم از آزمون‌ها باید به وسیله هیدروکسید کلسیم اشباع شده باشد (یادآوری ۲) آب اشباع نشده می‌تواند بر نتایج آزمون تاثیر بگذارد زیرا هیدروکسید کلسیم از آزمون‌ها به درون آب نشت می‌کند.

جهت تهیه آب اشباع از هیدروکسید کلسیم، باید هیدروکسید کلسیم اضافی وجود داشته باشد.

برای اشباع، منظور از آهک، آهک هیدراته شده پر کلسیم^۱ می‌باشد و کربنات کلسیم (سنگ آهک) مورد نظر نمی‌باشد (به استاندارد ASTM C51 رجوع شود).

آب داخل حوضچه باید در بازه‌های زمانی کمتر از یک ماه کاملاً هم زده شود تا کمک به جایگزینی یون‌های کلسیم ته نشین شده، شود.

حوضچه‌ها باید در کمتر از ۲۴ ماه نظافت و مجدداً با آب آهک با غلظت ۳ گرم بر لیتر پر شود. (یادآوری ۳) یادآوری ۲- اندازه‌گیری pH، نشان‌گر قابل اطمینانی از اشباع با آهک در حوضچه‌های آب نمی‌باشد زیرا افت شدید در یون‌های کلسیم نامحلول می‌تواند قبل از کاهش محسوس pH اتفاق بیفتد.

یادآوری ۳- حد ۳ گرم بر لیتر به منظور بدست آوردن دو برابر مقدار مورد نیاز برای اشباع اولیه در نظر گرفته شده است. ۷-۲ جریان آب تازه یا عاری از مواد معدنی را بطور پیوسته در حوضچه‌های آب استفاده نکنید زیرا باعث نشت بیش از اندازه آهک و تاثیر بر نتایج آزمون می‌شود. یک سامانه چرخشی بسته آب آهک اشباع بین حوضچه‌های آب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.