مطالعات جامع در مدیریت شهری، نشریهٔ علمی، سال دوم، شمارهٔ هفتم، پاییز۱۴۰۰، صص ۲۲-۲۷

بتن خورشیدی حساس به رنگ

مهسا میرسلامی[۱]

تاریخ دریافت مقاله :۱۴۰۰/۰۸/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۰/۱۰/۲۴

چکیده

بتن خورشیدی حساس به رنگ یک پروژه تحقیقاتی فرارشته‌ای و فراملی است که به توسعه یک ماده ساختمانی فوتواکتیو جدید برای استفاده در معماری، زیرساخت و طراحی اختصاص یافته است. براساس فناوری یک سلول خورشیدی حساس به رنگ (O, Regan and Gratzel 1991)، این ماده از رنگ‌های آلی روی بتن برای جذب نور و تولید الکتریسته از طریق واکنش‌های الکتروشیمیایی استفاده می‌کند. یکی از مزایای بزرگ این نوع سلول، توانایی آن در استفاده از نور منتشر است. در نتیجه، کاربردهای بالقوه آن از نظر شکل، طراحی و مکان تقریبا نامحدود است. هدف نهایی توسعه یک ماده فتوولتائیک کاملا با ساختاری یکپارچه است.

کلمات کلیدی: بتن خورشیدی، فوتواکتیو، فرارشته‌ای، فتوولتائیک

۱.دکترای تخصصی معماری، مدرس دانشگاه علمی-کاربردی مرکز شهرداری قزوین معماری قزوین، قزوین، ایران.
mahsamirsalami@yahoo.com

۱. مقدمه

ریچارد اسمالی (Richard Smalley) برنده جایزه نوبل اظهار داشت که "انرژی تنها مهم‌ترین مشکلی است که بشریت امروز با آن مواجه است" (Smalley 2003). اقتصادهای پیشرو جهان سوخت‌های فسیلی را با سرعتی بیش از یک میلیون برابر می‌سوزانند. برآوردهای کنونی نشان می‌دهد که کمتر از ۱۰۰ سال عرضه باقیمانده است که بستگی به "نرخ توسعه اقتصادهای نوظهور E7 " دارد. کشورهای G7 (که بیش از ۶۷ درصد از ثروت خالص جهانی را تشکیل می‌دهند) متعهد شده‌اند که سوخت‌های فسیلی را به تدریج کنار بگذارند و اقتصاد جهانی را در این قرن کربن‌زدایی کنند (وزارت انرژی ایالات‌متحده ۲۰۰۵). برای انتقال کل سیاره به پایداری بلندمدت، نیاز فوری به راه‌حل‌های انرژی بهتر وجود دارد.

فعالیت انسان روی زمین فقط به اندازه مقدار انرژی که می‌توانیم به صورت تجدیدپذیر از محیط داخلی برداشت کنیم پایدار است. با دو برابر شدن تقاضای جهانی انرژی یکپارچه ساختاری نیاز می‌باشد که بتوانند نورخورشید را بهتر برداشت کنند (Smalley 2003).

برای انجام این امر، آزمایش‌های آزمایشگاهی باید به سمت توسعه فناوری‌های صنعتی هدایت شوند. به ویژه، برای دستیابی به موفقیت در معماری و طراحی ساختمان، مواد مولد انرژی تجدیدپذیر باید در مصالح ساختمانی ادغام شوند. این مقاله مفهوم منحصر به فرد بتن خورشیدی حساس به رنگ را ارائه می‌دهد (DSSC). همچنین توضیح می‌دهد که چگونه چالش انرژی متخصصان رشته‌های مختلف را گرد هم آورده است، که با هم به روش‌های الهام‌بخش برای ارائه راه‌حل‌های جدید برای زیبایی‌شناختی و پایداری کار می‌کنند. این فرضیه وجود دارد که که الزامات زیبایی‌شناسی ساختمان‌های آینده را می‌توان با اصول انرژی‌های تجدیدپذیر، معماری و طراحی مصالح برآورد کرد. فعال کردن پتانسیل تولید انرژی در مصالح ساختمان می‌تواند بخشی از فعال‌سازی زیبایی سطح ساختمان باشد.

۲. مطالعات

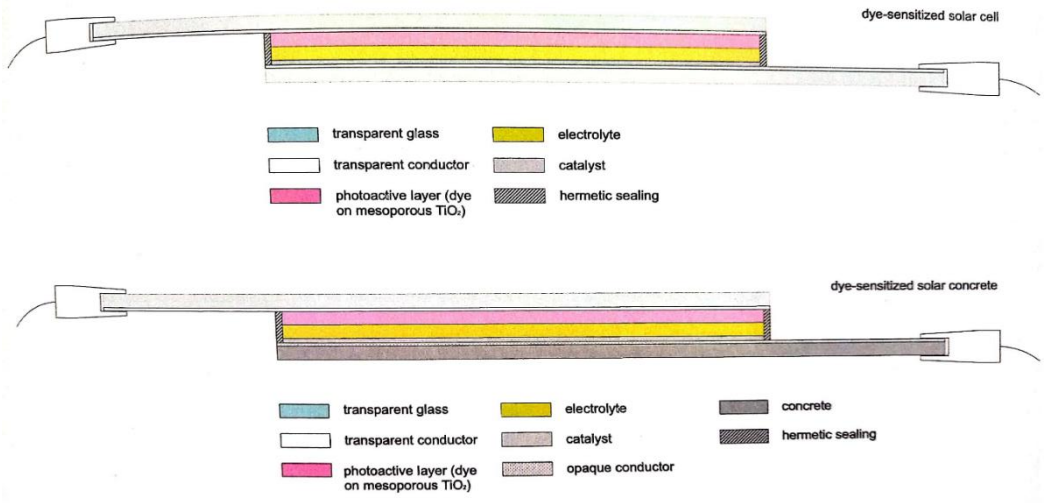
پروژه بتن خورشیدی حساس به رنگ با هدف توسعه یک فتوولتائیک یکپارچه ساختاری جدید به عنوان یک سیستم فناورانه (SIPV) جامع، قابل اعتماد و برای تولید انرژی خورشیدی است. سلول خورشیدی حساس شده با رنگ یکی از خلاقانه‌ترین فناوری‌های سلول خورشیدی است، اما بیشتر محققان بر روی پتانسیل مدل‌های نیمه‌شفاف مبتنی بر شیشه تمرکز کرده‌اند (klooster and Klussmann 2015T 2017).

تاکنون امکان ترکیب با مصالح ساختمانی مانند بتن نادیده گرفته شده است. سیمان می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای سنتز هدفمند رنگ‌های فوتواکتیو و مصالح ساختمانی باشد. هدف این پروژه تحقیقاتی طراحی، توسعه، آزمایش و ارزیابی تولید انرژی از بتن خورشیدی حساس به رنگ در معماری و زیرساخت به عنوان گامی به سوی شهرهای پایدار است.

باوجود همکاری فراملی و فرارشته‌ای، ما راهی برای استفاده از رنگ‌های آلی روی سطوح بتنی برای جذب نور و تولید الکتریسیته از طریق واکنش شیمیایی ایجاد کرده‌ایم. تجزیه و تحلیل ما از این فرآیند جدید، درجه بالایی از سازگاری بین فناوری خورشیدی حساس شده به رنگ و شیمی و فیزیک بتن، از جمله منطق مواد و روش‌های تولید آن را نشان داده است. براساس فرآیند DSSCs اصل عملکردی طبیعی فتوسنتز است. مانند گیاهان حاوی نور را با رنگ‌های آلیDSSC، کلروفیل جذب می‌کند. از این نظر، این فناوری اقتباسی از فرآیند فتوسنتز است.

سلول بتن خورشیدی حساس به رنگ ساختاری از لایه‌های کاربردی است. اینها با هم ترکیب می‌شوند تا یک پوشش واکنش ردوکس (Redox) را تشکیل دهند که هنگام قرار گرفتن در معرض نور از طریق یک فرایند الکتروشیمیایی انرژی تولید می‌کند. چنین پوشش‌هایی را می‌توان یر روی سطوح بتنی با اصلاح سیستماتیک ساختار فیزیکی و شیمیایی آن‌ها اعمال کرد. مواد تولیدکننده الکتریسیته از طریق فرآیند سنتز و لایه‌بندی، ترکیبی از تف جوشی و رسوب اسپری یا چاپ روی صفحه تصفیه می‌شود. با تنظیم اجزا، سیستم لایه را می‌توان با باندهای موج خاصی از نور، از جمله لبه‌های طیف مرئی تنظیم کرد.

۲-۱. بتن خورشیدی حساس به رنگ یک فناوری جدید فتوولتائیک: در واقع همهDSSCS، از یک سیستم لایه عملکردی برای تولید برق مستقیم از نور خورشید استفاده می‌کنند. در DSSCهای سنتی، مواد درگیر به شکل مایع پردازش می‌شوند، معمولا با پوشش دادن دو زیرلایه شیشه‌ای، که سپس با یک فاصله‌گیر به یکدیگر متصل می‌شوند تا یک سلول خورشیدی کاملا کاربردی ایجاد کنند (شکل۱). لایه‌های شیشه‌ای پوشش داده شده به عنوان الکترود عمل می‌کنند: یک فوتواکتیو پوشیده شده با یک رنگ فوتواکتیو تبدیل‌کننده نور برای جذب فوتون‌ها و تولید حامل‌های بار الکتریکی آزاد، ل



شکل ۱: سلول خورشیدی حساس به رنگ (©2019 Bau Kunst Erfinden)

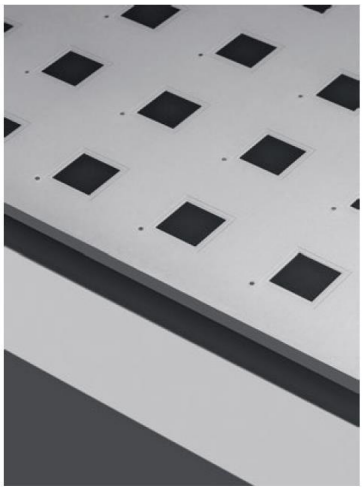
۲-۲. بتن خورشیدی حساس به رنگ: یک تکنولوژی فتوولتائیک نو

در واقع، تمام DSSCها از یک سیستم لایه کاربردی برای تولید مستقیم برق از نور خورشید استفاده می‌کنند. در DSSCهای سنتی، مواد درگیر به شکل مایع پردازش می‌شوند، معمولا با پوشاندن دو زیرلایه شیشه‌ای، به یکدیگر متصل می‌شوند تا سلول خورشیدی کاملا کاربردی ایجاد کنند (شکل۱). بسترهای شیشه‌ای پوشش داده شده به‌عنوان الکترود عمل می‌کنند: یک فوتوالکترود تبدیل‌کننده نور برای جذب فوتون‌ها و تولید حامل‌های بار الکتریکی آزاد، و یک الکترود متقابل پوشش داده شده با مواد مبتنی بر کربن برای عبور جریان در داخل سلول هنگام اتصال به بار. بتن خورشیدی حساس به رنگ، الکترود ضدالکترود شیشه‌ای را با بتن جایگزین می‌کند. از آنجاییکه بستر بتنی از نظر شیمیایی، الکتوتکنیکی، مکانیکی و هندسی در تماس و تعامل غیرمستقیم با سایر اجزای سلولی است، معماری سلول جز اصلی این مفهوم نوآورانه است. معماری سلولی موقعیت و چیدمان هر لایه و بستر کاربردی را در داخل سلول مشخص می‌کند. بنابراین برای عملکرد، دوام و کارایی سلول بتن خورشیدی حساس به رنگ مهم است، همچنین مبنایی رابرای ادغام سیستم‌های لایه فوتواکتیو امروزی و نسل بعدی بتن و سایر مواد زیرلایه مات تشکیل می‌دهد.

فرآیندهای حاصل از فناوری لایه نازک، مانند چاپ روی صفحه، چاپ اسلات و اسپری، با هدف قراردادن مستمر لایه‌هایی با ضخامت خاص بر روی سطح بتن با چسبندگی بالا، عملکرد و آزادی انتخاب باتوجه به شکل سلول و بتن، سازگار و توسعه یافته‌اند. این آزادی به سلول‌ها اجازه می‌دهد تا در فرآیندهای تولید مصالح ساختمانی ادغام شوند. طراحی قالب و مصالح به کار رفته در آن، عامل تعیین‌کننده دیگری برای عملکرد بتن به عنوان بستر، کنتروالکترود و مصالح سازه‌ای است. در نتیجه معماری سیم‌کشی به طور کامل به عنوان یک تقویت‌کننده نساجی چندمنظوره با خواص مکانیکی علاوه بر عملکرد آن به عنوان یک مجرای انرژی یکپارچه شده است. معماری سیستم‌کشی موقعیت و طرح سیستم انتقال انرژی را در پانل

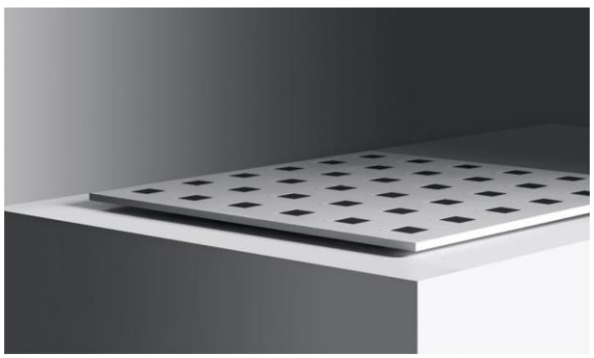
بتنی مشخص می‌کند. به بیان ساده کنتاکت‌های الکترونیکی روی سطح بتن قرار می‌گیرند و اتصال به سطح مولد انرژی را تشکیل می‌دهند (شکل۲).

اتصال متقابل و جداسازی فیزیکی فوتوالکترود و ضدالکترود بر اساس یک عملیات سطح اجرا شده در معماری قالب است. این معماری تغییراتی را در قالب اتصالات سری، موازی یا ترکیبی مجاز می‌سازد. پانل‌های بتنی به دلیل تقویت نساجی تنها ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متر ضخامت دارند و می‌توانند به عنوان واحدهای روکش نما سبک نصب شوند. این پانل‌ها با تقویت چندمنظوره و سطح نور فعال خود، می‌توانند رابط ساختاری و عملکردی یک نمای مولد انرژی را تشکیل دهند (شکل۲). در اصل، این سیستم را می‌توان با تمام سیستم‌های فتوولتائیک نسل سوم، از جمله سلول‌های خورشیدی حساس به رنگ حالت جامد، فتوولتائیک‌های آلی، سلول‌های خورشیدی پشت‌سرهم و سلول‌های خورشیدی پروسکایتی(perovskite) سازگار کرد.



عکس. نمای نزدیک از بتن خوشیدی حساس به رنگ
(@2019 Bau Kunst erfinden photo :Haw-lin)

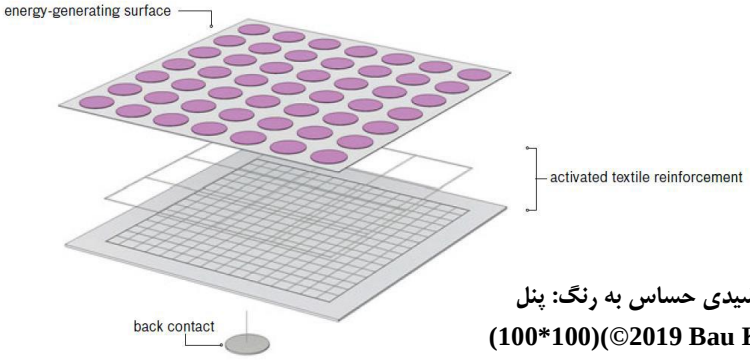
بتن خورشیدی حساس به رنگ یک لایه فتوولتائیک یکپارچه ساختاری است که از فناوری مواد چندمنظوره استفاده می‌کند. پتانسیل این ماده در توسعه یکپارچه عملکردهای فنی، فیزیکی، شیمیایی و زیبایی‌شناختی در مقیاس نانو، میکرو و کلان است که با مواد مورداستفاده مطابقت دارد. به عنوان مثال، شکل ۳ مفهومی را برای یک پانل نما ارائه می‌دهد که سطح بتنی فوتواکتیو را با کیفیت‌های جذب صدا و یک سیستم شکل‌دهی ساختاری ترکیب می‌کند. این نوع از تحقیقات مواد پیشرفته به دنبال شکل‌دهی به فناوری‌های جدید در مراحل اولیه است تا بتوان آن‌ها را به طور همزمان در برنامه‌ریزی گنجاند. با این حال، این چالش تنها از طریق تحقیق و همکاری بین‌رشته‌ای قابل حل است.



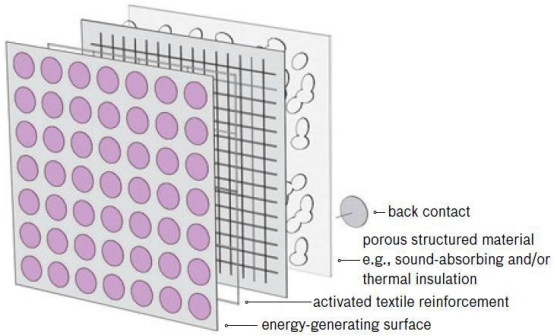
شکل ۳ نمونه اولیه عنصر نمای بتن خورشیدی حساس به رنگ سانتی متر در (100*100 سانتی متر)
(©2019 Bau kunst Erfinden : photo:haw-lin)

۳. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش می‌توان اینگونه بیان کرد، بتن خورشیدی رنگ‌شده با ماده کاربردی DSSCها و منطق مواد بتنی پیش‌ساخته به شدت سازگار است. برای اولین بار، حساس‌سازی بتن با استفاده از یک رنگ آلی نشان‌داده شده‌است که نور خورشید شبیه‌سازی شده را به طور موثر به الکتریسیته تبدیل می‌کند، با دستگاه‌های آزمایشگاهی که به بازده ۵ درصد تحت نور خورشید شبیه‌سازی شده می‌رسند (۱/۵AM، ۱۰۰۰ W / m۲). اساس این سیستم بتن است، با تمام ویژگی‌های آن به عنوان یک محصول ساختاری، از جمله: مقاومت در برابر آتش، مقاومت و دوام بالا و انواع روش‌های ساخت. آن انرژی را با استفاده از اجزای در دسترس و بدون هیچ‌گونه انتشار سمی تولید می‌کند. یک مزیت عمده بتن خورشیدی سنتز شده با دای هزینه تولید نسبتا پایین آن است که به سیستم پتانسیل زیادی به عنوان یک منبع انرژی کم‌هزینه می‌دهد. فتوولتایک‌های ساختمان مجتمع مبتنی بر سیلیکون به طور گسترده به عنوان یک افزودنی ساختاری بدون ارزش زیبایی‌شناختی درک می‌شوند.انرژی خورشیدی حساس به رنگ.



شکل٤: بتن خورشیدی حساس به رنگ: پنل
(100*100)(©2019 Bau Kunst Erfinden)



شکل٥: مفهوم بتن خورشیدی حساس به رنگ:
(©2019 Bau Kunst Erfinden)

شکل٦: مفهوم بتن خورشیدی حساس به رنگ:
سلول 5*5 سانتی‌متر
(©2019 Bau Kunst Erfinden)

شکل۷: مفهوم بتن خورشیدی حساس به رنگ:
تست راه‌اندازی
(©2019 Bau Kunst Erfinden)

بتن بر این مسائل غلبه می‌کند و می‌تواند در فرآیند برنامه‌ریزی معماری در مراحل اولیه ادغام شود، هیچ محدودیت طراحی اعمال نکند و طیف گسترده‌ای از رنگ‌های فتواکتیو را به عنوان یک ابزار طراحی اضافی ارائه دهد. سیستم مواد نوآورانه تجدیدپذیر، تا حد زیادی قابل بازیافت و سازگار با محیط‌زیست است. چون می‌تواند از انرژی در نور پراکنده استفاده کند، کاربردهای ساختاری آن در مقایسه با سیستم‌های فتوولتاییک معمولی، به طور مجازی نامحدود هستند و دنیایی از امکانات عظیم را در زمینه SIPV ها ایجاد می‌کنند. بتن خورشیدی رنگ‌شده با دای – سنسیده به طور ایده‌آل برای تولید پانل‌های بتنی پیش‌ساخته برای ساخت‌وساز ساختمان، برای انواع جدید نماهای ساختمان و سیستم‌های دیوار و کف داخلی و خارجی مناسب است. علاوه بر این، این امکان را فراهم می‌کند که نسبت فضای موجود برای برداشت انرژی خورشیدی را به طور قابل‌توجهی افزایش دهد.

٤. منابع انگلیسی

-Klooster, Thorsten, and Heike Klussmann. 2015. ***"Sonnenstrom aus Beton:DysCrete/Dye-Sensitized Solar Active Concrete."*** In Beton Bauteile2015**,** 154–61. Gutersloh: Bauverlag.
-Klooster, Thorsten, and Heike Klussmann. 2017. ***"Research and Development of Innovative Materials at the Convergence of Art, Architectureand New Technologies***." In PowerSkin Conference Proceedings,135–46. Delft: TU Delft Open.
-O'Regan, Brian, and Michael Gratzel. 1991. ***"A Low-Cost, High-Efficiency Solar Cell Based on Dye-Sensitized Colloidal TiO_2 Films."*** Nature 353:737–40.
-Smalley, Richard E. 2003.***"Our Energy Challenge."*** Lecture, MIT Forum, River Oaks, Texas, January 22.US Department of Energy. 2005. Basic Research Needs for Solar Energy Utilization. Washington, DC: US Department of Energy.

Dye-Sensitized Solar Concrete

Mahsa Mirsalami [1]

Abstract
Dye-Sensitized Solar Concrete a transdisciplinary, transnational search project dedicated to the development of a novel photoactive building material for use in architecture, infrastructure, and design. Based on the technology of a dye-sensitized solar cell (O, Regan and Gratzel 1991), this material uses organic dyes on concrete to absorb light and produce electricity through electrochemical reactions.
One great advantage of this type of cell is its ability to utilize diffuse light. As a result, its potential applications are almost unlimited with regard to shape, design,and location. The ultimate goal is to develop a fully structurally integrated photovoltaic material.

key words: Solar concrete, photovoltaic, ultrasonic, photovoltaic

1. PhD in Architecture, lecturer at Qazvin University of Applied Sciences, Qazvin Architecture, Qazvin, Iran. mahsamirsalami@yahoo.com