

Daha Sürdürülebilir Bir Dünya İçin Yeni Bir Soğutma Teknolojisi

Dr. Tuncay BAYDEMİR [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

İklîmlendirme ve soğutma hayatımızda oldukça önemli bir yere sahip. Ancak bu işlemlerde eski teknolojiler kullanılması hem daha fazla enerji sarfiyatına yol açıyor hem de süreç sırasında ortaya çıkan sera gazları küresel ısınmada etkili oluyor. Son yıllarda geleneksel soğutma yöntemleri yerine sürdürülebilir ve enerji tasarruflu alternatiflere duyulan ihtiyaç giderek arttı. Doğaya zararlı maddelerin kullanımına dayanan ve fazla enerji tüketen geleneksel soğutma yöntemleri bu gereksinimleri karşılamaktan uzak görünüyor.

Tam da bu noktada, elektrokalorik soğutma teknolojisi, geleneksel soğutma yöntemlerine

daha iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkıyor. Elektrokalorik soğutma, elektrokalorik olarak sınıflandırılan malzemelerle gerçekleştirilen bir katı hâl soğutma teknolojisi. Bu malzemeler, bir elektrik alanı uygulandığında sıcaklıkta değişikliğe yol açıyor. Yüz yılı aşkın süredir bilinen elektrokalorik etkinin son yıllardaki bilimsel ve teknolojik gelişmelerle birlikte soğutma uygulamalarında önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülüyor.

Kalorik etki, kendisine uygulanan harici bir alanın değişimine duyarlı olan katı hâldeki bir malzemenin verdiği tepkidir. Malzemenin özelliklerine ve

uygulanan alanın doğasına bağlı olarak değişir. Manyetik, elektriksel veya mekanik etkiyle birlikte sıcaklık veya entropi değişikliğine neden olur. Elektrokalorik etki malzemelerin iç yapısının yeniden düzenlenmesi sonucunda ortaya çıkar ve malzemenin entropisinde bir azalma ile birlikte malzemenin sıcaklığında bir artışa yol açar.

İlk kez 1930 yılında P. Kobeko ve J. Kurtschatov tarafından Rochelle tuzunda (potasyum sodyum tartarat tetrahidrat) gözlemlenen ve 1943 yılında Hautzenlaub tarafından nicel olarak ölçülen elektrokalorik etki, tersinir bir olgu olup elektriksel alanın değişimiyle



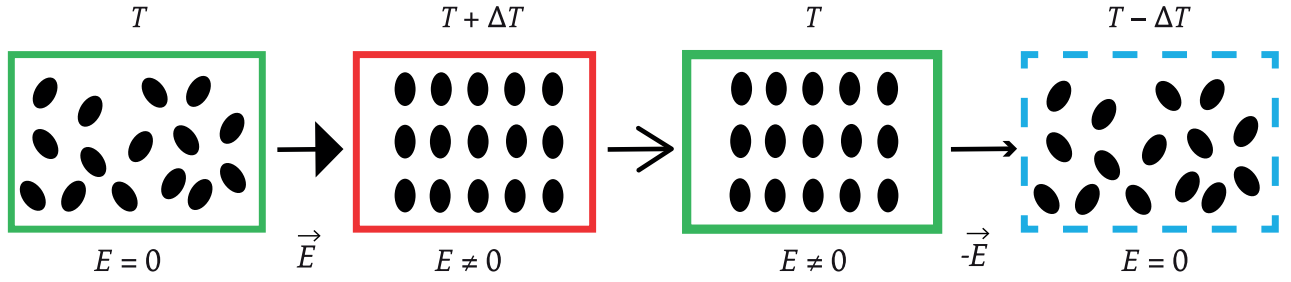
birlikte elektrokalorik malzemenin ısınma ya da soğumasına yol açabilir.

Elektrokalorik soğutma, enerji verimliliğine sahip bir yöntem. Geleneksel soğutma sistemleri, soğutucu akışkanların devamlı sıkıştırılmasını ve genişletilmesini içeren bir döngüye dayanıyor. Yoğun enerji gerektiren bu süreç, ayrıca önemli miktarda atık ısı da açığa çıkarıyor. Elektrokalorik soğutma sistemlerinde ise elektrik alanını manipüle etmek için oldukça az miktarda enerji gerekiyor. Ayrıca bu sistemlerde katı malzemelerin kullanılması, zararlı soğutucu akışkanlara duyulan ihtiyacı da ortadan kaldırıyor. Böylece geleneksel

soğutma yöntemlerinde kullanılan, iklim değişikliğine ve ozon tabakasının incelmesine neden olan etmenlerden sayılan hidroflorokarbonlar ve kloroflorokarbonlar gibi zararlı bileşiklerin kullanımına gerek kalmıyor. Sonuç olarak elektrokalorik soğutma ile daha verimli, sürdürülebilir ve çevre dostu bir soğutma gerçekleştirilmesi mümkün görünüyor.

Tüm bu avantajlara ek olarak, elektrokalorik soğutma sistemleri geleneksel sistemlere göre daha küçük ve hafif olacak şekilde tasarlanabiliyor. Bu özellikleriyle ev aletlerinden

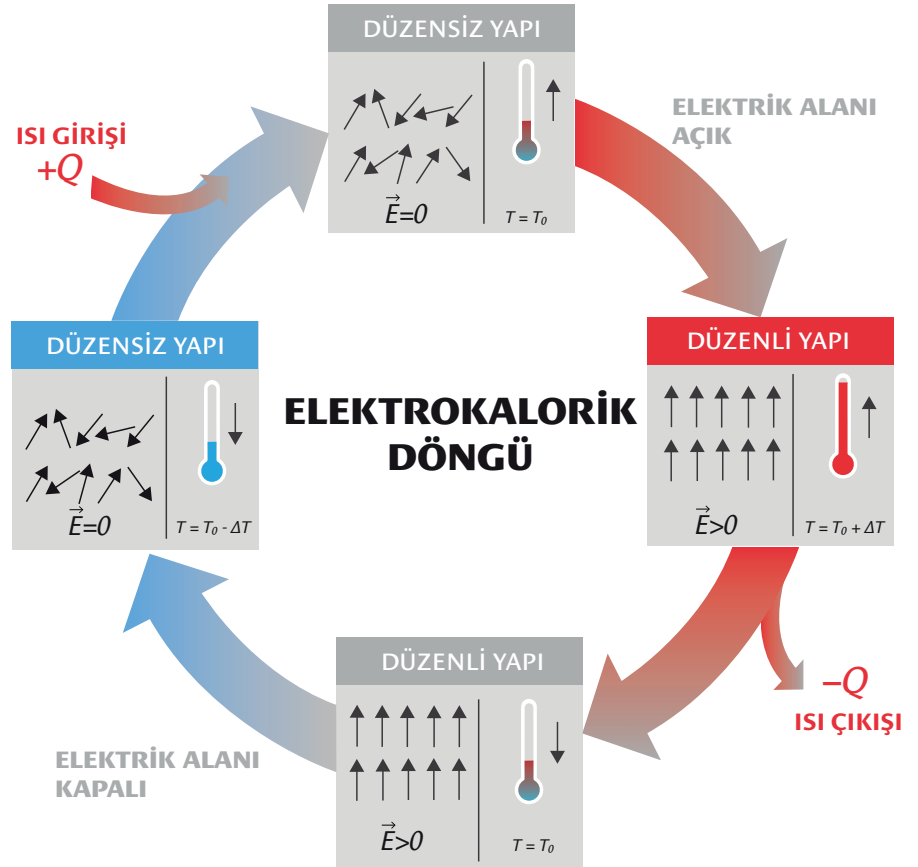
endüstriyel ekipmanlara kadar çok çeşitli cihaz ve sistemlere kolayca entegre edilebilmeleri de mümkün. Ne var ki tüm bu avantajlara rağmen elektrokalorik soğutmanın yaygınlaşabilmesi için geliştirilmesi gereken bazı hususlar bulunuyor. Öncelikle büyük sıcaklık değişimi sağlama kapasitesine sahip elektrokalorik malzemelerin geliştirilmesi gerekiyor. Bu malzemeler kullanılarak verimli ve güvenilir elektrokalorik soğutma sistemlerinin hayata geçirilmesi de bir sonraki aşama olarak sayılabilir. Araştırmacılar elektrokalorik etkiyi etkin ve verimli bir şekilde kullanabilen sistemler geliştirmek için çalışmalarına aralıksız devam ediyor.



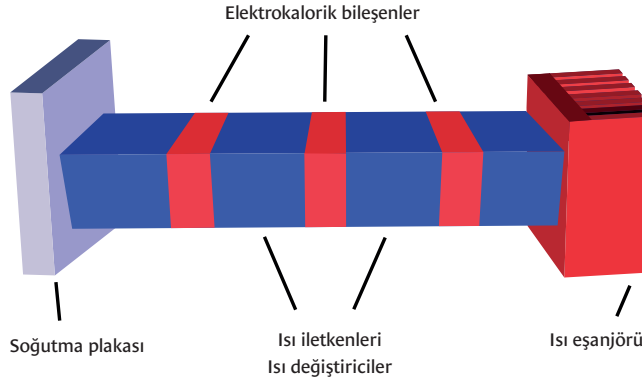
Elektrokalerik döngünün şematik gösterimi. Elektrik alanının uygulanması (veya kaldırılması) polar malzemenin dipollerini (molekülün farklı kutuplarını) yönlendirir ve buna bağlı olarak net polarizasyonda bir artışa (veya azalmaya) yol açar. Genel anlamda geleneksel soğutma sistemlerine benzer şekilde çalışan elektrokalerik soğutmada, tersine çevrilebilir bir sıcaklık değişimi ile ısı pompalamasının sağladığı dipolar düzen-düzensizlik faz geçişi için elektrik alan kullanılır. (T=Sıcaklık, ΔT =Sıcaklık farkı, E= Elektrik alanı)

Elektrokalerik malzemenin verimliliği elektrik alanı uygulandığında sıcaklığının ne kadar değiştiğiyle orantılı olarak ifade edilebilir. Bu nedenle yeni malzemeler ile birlikte üretim ve işleme yöntemleri üzerinde de çalışmalar devam ediyor.

Elektrokalerik malzemeler geliştirilmesi için yapılan araştırmalarda seramik ve polimer malzemeler başı çekiyor. Son yıllarda üzerinde çalışılan bazı ferroelektrik seramik malzemeler, elektrokalerik soğutma için büyük potansiyel taşımalarına rağmen kurşun içermeleri yüzünden çevre dostu olarak çok fazla kabul görmediler. Bu nedenle, teknolojinin gelecekte yaygın olarak kullanılmasında, daha çevre dostu ve verimli malzemeler geliştirilmesinin belirleyici rol oynayacağı düşünülmüyor.



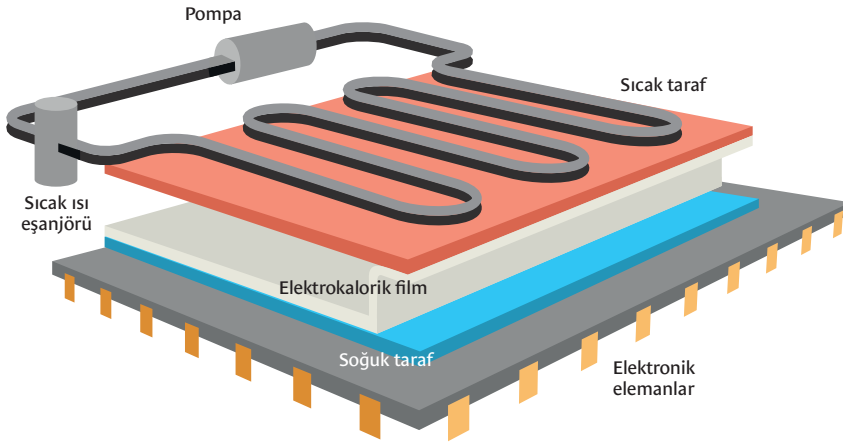
Elektrokalerik malzemelere bir elektrik alanı uygulandığında alandaki elektrik dipol momentleri hizalanır ve malzeme ısınır. Üretilen ısı bir soğutucu aracılığıyla dağıtılır ve malzeme tekrar başlangıç sıcaklığına kadar soğur. Elektrik alanı kaldırıldığında ise alandaki elektrik dipol momentlerinin hizalanması azalır ve malzeme ilk sıcaklığın altında bir değere kadar soğur ve bir ısı kaynağından termal enerji soğurabilir. Bu etki, yüksek oranda tersine çevrilebilir ve döngüsel olarak kullanılabilir. Böylece potansiyel olarak yüksek enerji verimliliğine sahip soğutma sistemleri ve ısı pompaları geliştirilebilir.



Elektrokalorik soğutma cihazının şematik gösterimi

Çeşitli üniversitelerde ve Ar-Ge merkezlerinde hâlihazırda ortaya konan elektrokalorik soğutma cihazları düşük gürültülü, yüksek verimli, esnek ve ölçeklenebilir olmaları gibi üstün özellikleriyle geleneksel soğutma sistemlerinin ötesine geçme potansiyeli

taşıyor. Disiplinler arası bu alandaki gelişmelerin daha da hızlanması adına yoğun madde fiziği, malzeme mühendisliği, makine ve ısı mühendisliği gibi alanlardaki araştırmacılar ile sanayi kuruluşları arasında etkili iş birliklerine ihtiyaç duyuluyor.



Veri merkezlerinin termal yönetimi için geliştirilen elektrokalorik çip üstü soğutma cihazı

Elektrokalorik soğutma teknolojisinin çok genel soğutma uygulamalarının yanı sıra hem giyilebilir soğutucular geliştirilmesi hem de elektrikli araçlar ile çiplerde soğutma ve ısı dağılımının yönetimi gibi çok çeşitli alanlarda kullanım bulması bekleniyor.

Sonuç olarak, elektrokalorik soğutma, geleneksel soğutma yöntemlerine umut verici ve sürdürülebilir bir alternatif sunabilir. Enerji verimliliği, zararlı soğutucu akışkanların ortadan kaldırılması ve kompakt tasarımı ile bu son teknoloji, eşyaları serin tutma şeklimizde köklü değişikliklere yol açacak potansiyele sahip. Hâlâ aşılması gereken zorluklar olsa da elektrokalorik soğutma sistemlerinin sürekli geliştirilmesi sayesinde artan soğutma talebini çevre dostu ve sürdürülebilir bir şekilde karşılamak mümkün olabilir. ■

Kaynaklar

- Chen, X., Zhu, W. Ve Zhang, Q.M., "Electrocaloric cooling technologies for a sustainable world", *iEnergy*, 2, 100-108, 2023.
- Shi, J., Han, D. ve ark., "Electrocaloric Cooling Materials and Devices for Zero-Global-Warming-Potential, High-Efficiency Refrigeration", *Joule*, 3, 5, 1200-1225, 2019.
- Greco, A., Masselli, C., "Electrocaloric Cooling: A Review of the Thermodynamic Cycles, Materials, Models, and Devices", *Magnetochemistry*, 6, 67, 2020.
- Webster, J.G., Kutnjak, Z., Rožič, B. ve Pirc, R., Electrocaloric Effect: Theory, Measurements, and Applications. In *Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, J.G. Webster (Ed.), 2015.
- <https://www.energyportal.eu/news/electrocaloric-cooling-a-sustainable-alternative-to-traditional-refrigeration-methods/44841/>
- <https://techxplore.com/news/2023-07-cool-electrocaloric-effect.html>
- <https://www.ipm.fraunhofer.de/en/bu/energy-converters-thermal/expertise/caloric-systems/electrocaloric-systems.html>