

Isı Depolayan Malzeme

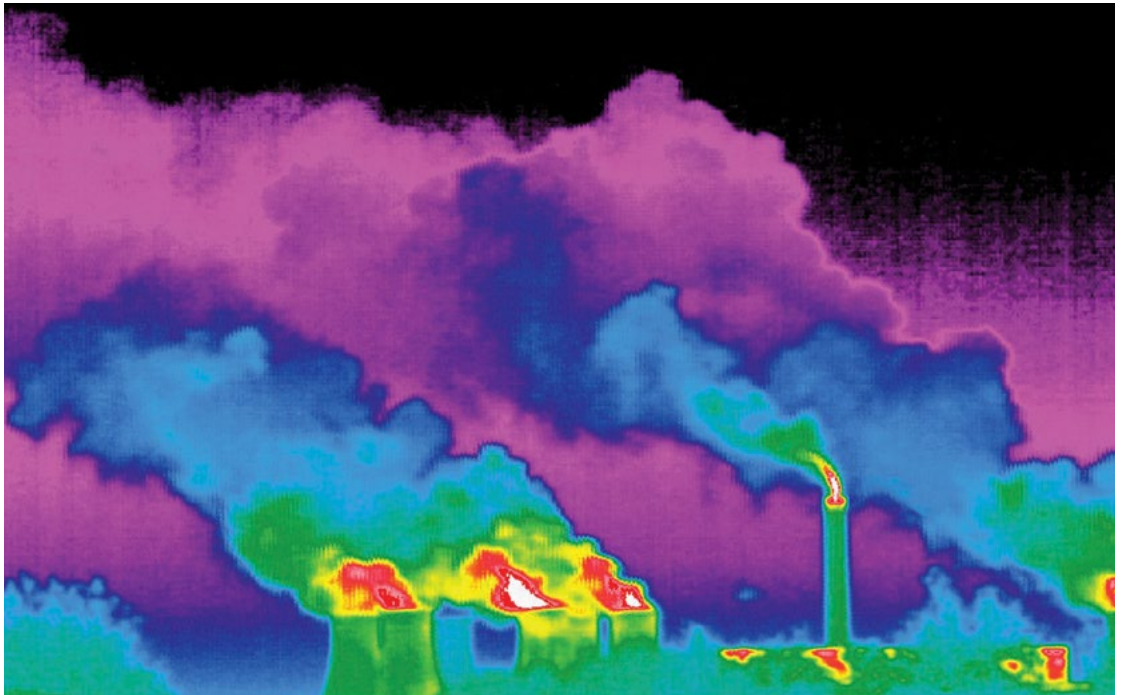
Tokyo Üniversitesi'nde çalışan bir grup araştırmacı, ısı depolayan bir malzeme geliştirdi.

Isı, ışık ya da elektrik kullanılarak malzemede enerji depolanabiliyor ve malzemenin üzerine yüksek basınç uygulanarak depolanan enerji daha sonra geri alınabiliyor. Geliştirilen malzemenin ısı depolamanın yanı sıra sensörlerde ve bilgi depolama aygıtlarında da faydalı olabileceği belirtiliyor. Malzemenin en önemli özellikleri, geniş bir sıcaklık aralığında ($T < 530$ Kelvin) yüksek miktarda ısı (her bir litresinde 230 kilojoule) depolayabilmesi ve gizli ısıyı açığa çıkarmak için uygulanması gereken basıncın (yaklaşık 600 atmosfer) hayli düşük olması.

Enerji tasarrufu ile ilgili araştırmalar yapan bilim insanlarının üzerinde çalışmalar yaptıkları konulardan biri, ısı depolayan malzemeler. Günümüzde de ısı depolamak için kullanılabilecek çeşitli malzemeler olsa da bu malzemelerin hiçbirisi depolanan ısıyı uzun süre saklamayı başaramıyor. Dolayısıyla atık enerjilerin etkin biçimde depolanabilmesi ve gerektiğinde tekrar kullanılabilmesi için öncelikli olarak depolama kapasitesi ve depolama süresi yüksek malzemelerin geliştirilmesi gerekiyor.

Günümüzde ısı depolayan malzemelerle ilgili araştırmalarda faz dönüşümlerine odaklanılıyor. Faz dönüşümlerinin en belirgin özelliği sistemin simetrisinde meydana gelen değişikliklerdir.

Örneğin maddenin günlük hayatta aşına olduğumuz fazlarının –katı, sıvı ve gaz fazlarının– simetrisi birbirinden çok farklıdır. Pek çok katı, atomların periyodik olarak tekrar eden konumlarda bulunduğu kristallerden oluşurken sıvılarda ise düzenli kristal yapılar yoktur. Katı, saf bir madde ısıtıldığı zaman belirli bir sıcaklıkta sistemin simetrisi değişmeye (düzenli kristal yapılar bozulmaya) başlar ve madde katı fazdan sıvı faza geçer. Sıvıların donarak katılaşması sırasında da bu sürecin tersi gerçekleşir. Bir malzeme farklı koşullar altında (farklı sıcaklık ve basınç altında) farklı kristal yapıları sahip olabileceği için katı-katı faz dönüşümleri de mümkündür.



Enerji santrallerinden yayılan atık ısı. Farklı renkler farklı sıcaklık değerlerine karşılık geliyor. En sıcak bölgeler açık renklerle (beyaz, kırmızı, sarı), en soğuk bölgelerse koyu renklerle (siyah, mor) gösteriliyor.

Farklı kristal yapıları farklı simetrilere sahip olduğu (atomların kristal yapı içindeki dizilimleri farklı olduğu) için bu faz dönüşümleri sırasında da sistemin simetrisinde değişiklikler olur. Bir katı malzemeye ısı vererek ya da üzerine basınç uygulayarak katı-katı faz dönüşümleri gerçekleştirmek (malzemenin farklı kristal yapıları arasında geçiş yapmasını sağlamak) mümkündür.

Geçmişte ısı depolamak ve gerektiğinde depolanan enerjiyi geri almak için katı-sıvı faz dönüşümünden yararlanılan malzemeler üzerine pek çok araştırma yapılmışsa da bu malzemelerle ilgili çeşitli sorunlar var. Örneğin sıvı maddeler kolayca çevreye saçılabilir, içlerine yabancı maddeler karışabilir ya da ortamdaki maddelerle tepkimeye girebilirler. Bu bakımlardan katı-katı faz dönüşümünden yararlanılan malzemelerin daha iyi olduğu söylenebilir. Çünkü katı maddeler daha sağlamdır ve herhangi bir destek olmadan da korunabilirler. Ayrıca içlerine bir şey karışması ya da ortamdaki maddelerle tepkimeye girmeleri, sıvılara göre, çok daha zordur.

Katı-katı faz dönüşümü gerçekleşen malzemelerin örnekleri arasında kopolimerler (farklı tür monomerlerin polimerleşmesiyle oluşan moleküller), organik bileşikler ve organometalik bileşikler sayılabilir. Ancak bu malzemelerin bilinen örneklerinin hiçbiri ısıyı uzun süre saklamayı başaramıyor. Malzeme ısı depolansa bile bu ısı zaman içinde yavaş yavaş çevreye yayılıyor. Japon araştırmacıların geliştirdiği malzemeye (Ti_3O_5) hem depolanan ısıyı çok uzun süre saklayabiliyor hem de istenildiği zaman bu enerjiyi geri veriyor.

Tritanyum pentoksitte meydana gelen faz dönüşümü lambda ve beta olarak adlandırılan iki faz arasında gerçekleşiyor. X-ışını kırınım ölçümleri, 300 Kelvin (yaklaşık 27°C) sıcaklık ve 1 atmosfer basınç altında malzemenin %80 oranında $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ ve %20 oranında $\beta\text{-Ti}_3\text{O}_5$ içerdiğini gösteriyor. Ancak malzemenin üzerine yüksek basınç uygulandığı zaman $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$, $\beta\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 'e dönüşmeye başlıyor. Basınç yaklaşık 600 atmosfere ulaştığında malzemenin içindeki $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ ile $\beta\text{-Ti}_3\text{O}_5$ oranları eşitleniyor. Malzemenin üzerindeki yüksek basınç kaldırıldıktan sonra sıcaklık 470 Kelvin'e yükseltildiği zaman $\beta\text{-Ti}_3\text{O}_5$ yeniden $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 'e dönüşüyor ve oluşan malzeme çok geniş bir sıcaklık aralığında ($T < 530$ Kelvin) yapısını koruyor. Başka bir deyişle malzemenin sıcaklığı faz değişiminin gerçekleştiği 470 Kelvin'in altına düşse bile $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$, $\beta\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 'e dönüşmüyor. Böylece sıcaklığını artırmak için malzemeye verilen ısının bir kısmı yüksek enerjili $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ fazında saklı kalıyor, yani malzeme ısıyı depoluyor. Ancak yüksek basınç uygulandı

landığı zaman $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$, $\beta\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 'e dönüşüyor ve depolanan ısı enerjisi açığa çıkıyor. Malzeme her bir litre-sinde 230 kilojoule enerji depolayabiliyor.

Isının yanı sıra elektrik akımı ya da ışık kullanarak da Ti_3O_5 'te enerji depolamak mümkün. Çünkü elektrik akımı ve ışık da Ti_3O_5 'te katı-katı faz dönüşümüne sebep olabiliyor. Sıcaklığı 298 Kelvin (yaklaşık 25°C) olan bir örnekten 0,2 amper/mm²'nin üzerinde akım geçirildiği zaman $\beta\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 'in $\lambda\text{-Ti}_3\text{O}_5$ 'e dönüştüğü görülüyor. Ayrıca deneyler 410 nanometre dalga boylu lazer ışığı altında da aynı faz dönüşümünün gerçekleştiğini gösteriyor.

Özetle, Tokyo Üniversitesi araştırmacılarının geliştirdiği malzemenin ısı depolama konusunda çok önemli özelliklere sahip olduğu söylenebilir. Bu özelliklerin en önemlisi, malzemenin depolanan enerjiyi çok uzun süre saklayabilmesi. Malzeme hem çok yüksek miktarda enerji (litrede 230 kilojoule) depolayabiliyor hem de bu enerji istenildiği zaman basınç uygulanarak geri alınabiliyor. Depolanan enerjiyi geri alabilmek için gerekli olan basınç değeri de hayli düşük. Örneğin sıcaklığı 1043 Kelvin olan TiO_2 'de katı-katı faz dönüşümünü gerçekleştirebilmek için malzemeye uygulanan basıncı atmosfer basıncının neredeyse 200.000 katına çıkarmak gerekiyor. Ti_3O_5 'te ise yaklaşık 600 atmosfer basınç altında katı-katı faz dönüşümü gerçekleşebiliyor. Geliştirilen malzemedan güneş ışığından enerji üreten sistemlerde ya da fabrikalarda fazla ısıyı depolamak ve gerektiğinde kullanmak için yararlanılabilir. Malzemenin doğada bol bulunan, çevre dostu elementlerden (titanium ve oksijen) oluşması da ayrı bir avantaj.

Kaynak

Tokoro, H., ve ark., "External stimulation-controllable heat-storage ceramics", *Nature Communications*, Cilt 6, Makale No: 7037, 2015.

