

Benzersiz Özellikleri ve Uygulamalarıyla

Prof. Dr. Teymuraz ABBASOV [İnönü Üniversitesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Yapısal özelliklerini bozmadan bir malzeme veya sisteme manyetik özellikler kazandırmak ve böylece onu dış etkilerle kontrol etmek bilim dünyası ve mühendislerin yıllardır ilgilendiği bir konu. İlk düşün-

sel tohumları 1930'lu yıllarda atılsa da ancak 1960'lu yıllara gelindiğinde, manyetik sıvıların yani ferrosıvıların laboratuvarlarda elde edilebilmesi sayesinde, bilim insanlarının bu arzusunun gerçekleştirildiği söylenebilir. Amerikalı bilim insanları S. S. Papell ve R. E. Rosensweig tarafından teorisi ve bazı pratik uy-

Manyetik Sıvılar

Fotoğrafta ferromanyetik sıvının mıknatıs etkisiyle aldığı şekil görülmüyor. Ferromanyetik sıvı ferromanyetik özelliği olan yani manyetik alandan kuvvetli şekilde etkilenen maddelerin nano büyüklükteki taneciklerinden oluşuyor. Bu amaçla çoğunlukla demir oksit tanecikleri kullanılıyor. Bir sıvı içinde asılı halde duran bu taneciklerin moleküller arası etkileşim sonucu bir araya gelmesini önlemek amacıyla karışıma farklı kimyasal maddeler ekleniyor. Bu maddeler manyetik taneciklerin etrafına yapışarak taneciklerin bir araya toplanmasını engelliyor. Manyetik alan etki etmediğinde karışımdaki manyetik tanecikler düzensiz şekilde yöneliyor. Ancak manyetik alan uygulandığında bu tanecikler manyetik alan çizgileri doğrultusunda hizalanıyor.

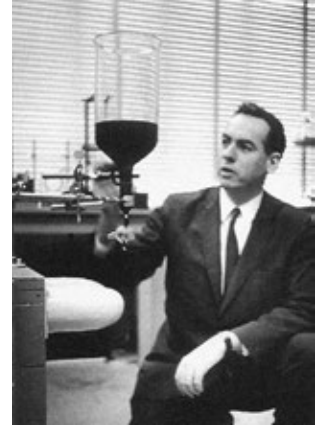
gulamaları geliştirilen manyetik sıvılar, günümüzde tıp, çevre, biomühendislik, makine, maden, kimya ve otomotiv sanayisi gibi birçok alanda başarıyla kullanılıyor. Bununla beraber, manyetik sıvılar hemen her bilim dalında potansiyel uygulama alanları bulunan bir malzeme konumuna geldi.

Manyetik sıvıların iki şartıcı özelliği var. Bunlardan ilki akışkan olmaları, diğeri ise dışarıdan etki eden bir manyetik alan ile mıknatıslanarak kontrol edilebilmeleridir. Bu iki özelliği birden taşıyan manyetik sıvılar nanoteknoloji ile üretilse de daha basit yapıya sahip formları ev koşullarında bile imal edilebilir.

Manyetik Sıvı Nedir?



Steve Papell,
Amerikalı kimyager
(NASA, 1963)



R. E. Rosensweig
(1965)

Manyetik sıvılar, su ve alkol gibi polar maddeler veya karbohidrojen ve silikon gibi apolar maddelerden yapılmış taşıyıcı ortamlarda, oleik asit, nitrik asit vb. yüzey etkin malzemelerle kararlı yapıya ulaştırılmış kolloit süspansiyonlardır. Ferromanyetik olarak sınıflandırılan manyetit (Fe_3O_4), ferrit vb. malzemelerden yapılmış ve boyutları 5-15 nanometre aralığında değişebilen manyetik tanecikler içerirler. Manyetik sıvının içerdiği tanecikler etraflarında oluşan düzensiz manyetik alanların etkisiyle kümeleşir ve manyetik sıvının yapısının bozulmasına neden olurlar. Taneciklerin bu şekilde kümeleşmesini önlemek ve birbirlerini itmelerini sağlamak amacıyla yüzey etkin malzemeler kullanılır. Böylece, manyetik sıvılar, yerçekimi veya manyetik alan gibi bir kuvvet alanına uzun süre maruz kalsalar bile çökelmezler. Manyetik sıvılar, tanecik boyutları 500-2000 nanometre arasında olduğu takdirde kararlı bir yapı sergilerler.

Manyetik sıvıların özellikleri, içerdikleri bileşenlerin özelliklerine bağlıdır. Diğer bir deyişle, bu bileşenlerin özelliklerini değiştirmekle manyetik sıvıların fiziksel ve kimyasal özellikleri de kullanım amaçlarına göre geniş bir aralıkta ayarlanabilir. Şimdiye dek doğada manyetik özellik gösteren akışkanlar bulunmadığından yapay olarak üretilen manyetik sıvılar bu türdeki tek malzemelerdir.

Ferromanyetik sıvı 1960'lı yılların başında NASA araştırmacıları tarafından uzaydaki ağırlıksız ortam koşullarında yakıtın motora taşınması sorununa çözüm bulmak amacıyla geliştirildi.

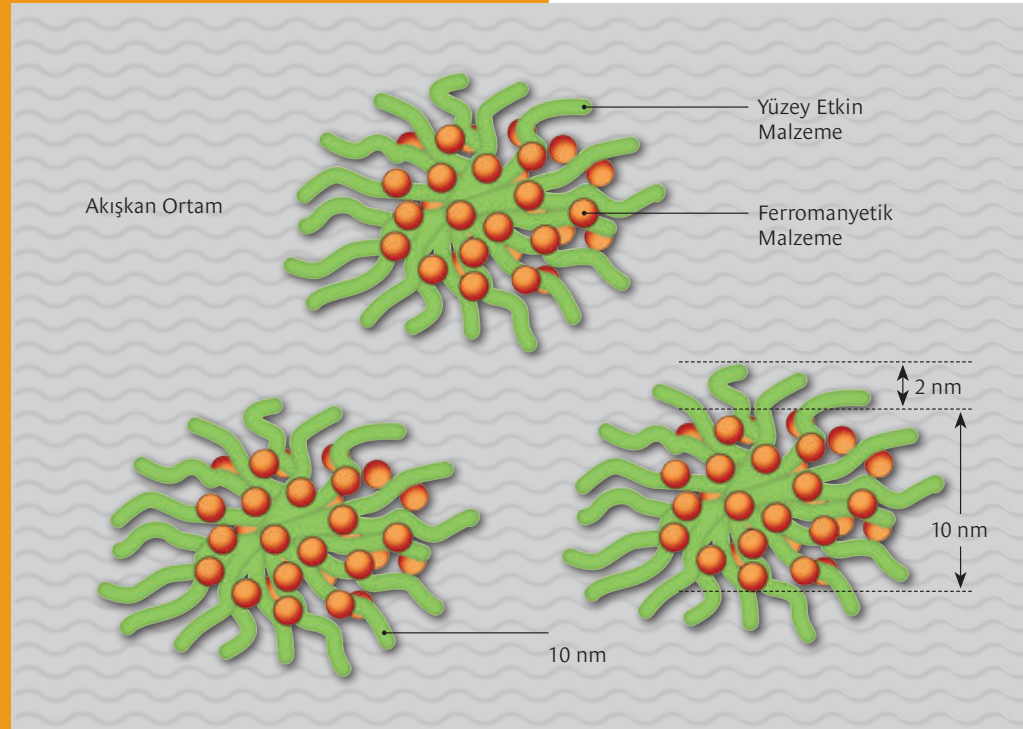
Katı yakıtlı itki sistemlerinin geliştirilmesinden sonra ferromanyetik sıvılara ihtiyaç kalmadıysa da, bu teknoloji günümüzde farklı alanlarda kullanılıyor.

Manyetik Sıvı Nasıl Üretilir?

İki farklı türde manyetik sıvı üretilebilir: Yüzey etkin malzeme içeren manyetik sıvılar ve iyon manyetik sıvılar. Birinci tür manyetik sıvılarda manyetik safha aktif malzemeler sayesinde oluşturulurken, ikinci tür manyetik sıvılarda bu işlem yüzey yükleri kullanılarak elde edilir. Bununla birlikte, apolar ortamlarda yapılan ve tanecik boyutları 1 mikron civarlarında olan manyetik sıvılar manyetoreolojik sıvılar sınıfını oluştururlar.

Genelde manyetik sıvılar içerdikleri magnetit (Fe_3O_4) safhanın renginden dolayı koyu siyah renkte olurlar. Fakat manyetik özellikli safhanın başka taneciklerle (gama demir oksit, kobalt, nikel, çinko) oluşturulması koyu kahve, hafif sarı ve farklı renklerde manyetik sıvılar elde edilmesine olanak verir. Ayrıca özel renklendiriciler karıştırılarak elde edilen çeşitli renkteki manyetik sıvılar, baskıda kullanılmak üzere manyetik özellikli mürekkep ve boyaların hazırlanmasında değerlendirilir.

Dış manyetik alanın yönü ve değerleri ayarlanarak manyetik sıvılarla benzersiz güzellikler gösteren figür ve yapılar oluşturulabilir. Bu özellikler günümüzde sanatsal etkinlikler, reklam panoları, oyun salonları ve eğitim amaçlı gösterimlerde başarıyla kullanılıyor.



Manyetik sıvının yapı şeması

Uygulama Alanları

Manyetik sıvılar, uzay yolculuğunda sıvı yakıtların akışını kontrol etmek için, Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA) uzay araştırma programları kapsamında yapılan çalışmalarda icat edildiyse de günümüzde pek çok başka alanda, çok çeşitli amaçlar için kullanılıyorlar. Gelecekteyse çok daha fazla alanda uygulama olanağı bulabilecek bir potansiyele sahipler. Manyetik sıvıların uygulama alanlarından bazıları kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Askeri alanda, uçakları radarlar karşısında görünmez kılan teknolojiler ve uçakların kontrol sisteminin geliştirilmesinde kullanılıyorlar.

Ağır sanayide yağlama sistemlerinde, conta, tıkaç, vana işlevi görecek biçimde kullanılırlar. Manyetik sıvı temelli olarak imal edilen yağlar ve gresler, etkin yağlayıcılar olmakla beraber dönen kısımların yağlama boşluklarından sızmazlar. Böylece, söz konusu bölgeleri dışardan gelen kirlerden korur, aşınmayı önler, sürtünme kayıplarını en aza indirir, sürtünen kısımlardaki ısı iletimini iyileştirirler.

Metallerin işlenmesinde, yardımcı sıvılar olarak kullanıldıklarında, kesici ve yontucu parçaların sertliğini artırır, işlenen yüzeyin kalitesini yükseltir, titanyum ve korozyona dayanıklı sertleştirilmiş çelik türü malzemelerin işlenmesini kolaylaştırırlar.

Manyetik sıvı ayrıştırıcılar, cevher hazırlama teknolojisinde ve yoğunluğu yüksek, manyetik olmayan bakır, kurşun ve altın gibi malzemelerin zenginleştirilmesinde kullanılır.

Yüksek hassasiyetle kontrol edilebilmeleri sayesinde, manyetik sıvı damper ve amortisörler, otomotiv sanayisinin vazgeçilmezleri olarak kendini kanıtladı. Manyetik süspansiyon temelli olarak geliştirilen amortisörlerin kullanımı araçların pek çok konfor ve güvenlik probleminin çözümlenmesini sağladı.

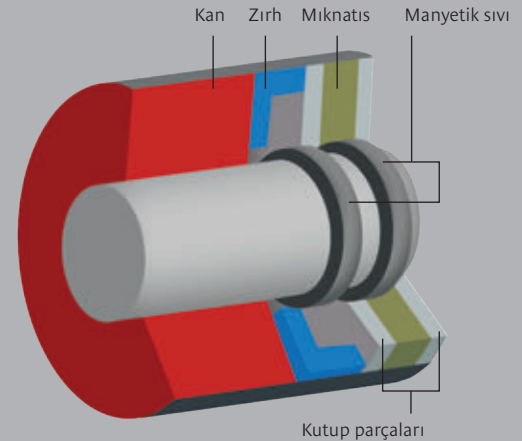
Nanoteknolojinin gelişmesi ile aygıt ve düzeneklerin boyutları da daha küçük yapılabiliyor. Bu tür sistemlerin kontrolü için manyetik sıvı bazındaki minyatür sensörler, basınç, akış, denge, ivme ve diğer parametrelerin ölçümünü mümkün kılıyor. Diğer taraftan, iç duvarları ince manyetik sıvı tabakası ile kaplanmış borular da, akışkanların maruz kaldığı sürtünme kuvvetinin önemli düzeyde azaldığı ve nakil sisteminin hem ekonomik hem de işletme bakımından daha elverişli olduğu da saptanmış.

Büyük endüstrilerin sorumsuzluğu, petrol taşıyan tankerlerin arıza veya kaza yapması sonucu binlerce ton petrol ve benzeri hidrokarbonlar deniz ve okyanusların yüzeylerinde kilometrekarelerce alana yayılarak tabakalar oluşturur. Çevre felaketi olan bu durumlarda temizlik işlemleri aylar, hatta bazen yıllar sürmesine rağmen elde edilen sonuçlar genellikle yetersiz kalır. Oysa petrol bazında üretilen bir manyetik sıvıyı sızan petrol tabakalarına havadan püskürterek onların da bir anlamda mıknatıslanabilir olması sağlanabilir. Sonrasında, manyetik toplayıcılarla bu manyetik özellikli esnek tabakalar bir kumaş gibi deniz ve okyanusların yüzeyinden kolayca sıyrılabilir.

Dahası toplanan petrol karışımı basitçe santrifüjde arındırılarak verimli bir şekilde geri dönüşümü sağlanabilir.

Manyetik sıvıların keşfinin esas hedefi teknik uygulamalar olmasına rağmen, günümüzde en etkin uygulama alanlarından biri sağlık bilimleridir. Manyetik sıvıyla donatılmış kanser ilaçları, dışarıdan uygulanan manyetik alanın etkisiyle kan damarları içerisinden sorunlu bölgelere taşınarak o bölgeye yerleştirilebiliyor. Bu tür hedefli ilaç gönderme yöntemi ile sağlam dokular etkilenmeden sorunlu bölgelerin etkin ve hızlı bir şekilde iyileşmesi sağlanabilir.

Manyetik sıvılar en çok bazı makinelerdeki hareketli parçalarda kullanılıyor. Bu madde akışkanlığı sayesinde parçaların arasındaki sürtünmeyi azaltıyor. İyi bir iletken olması sayesinde parçaların sürtünmesiyle oluşan ısıyı uzaklaştırıyor. Ayrıca parçaları çevreleyerek titreşimi azaltıyor. Miknatıslara tutunma özelliği sayesinde de kullanıldığı yüzey miknatıslı özelliğine sahip olduğunda buradan akıp gitmiyor. Bu özellikleri sayesinde manyetik sıvı, sabit disklerde, mürekkep püskürtmeli yazıcılarda, bazı pompa sistemlerinde ve MR görüntüleme cihazlarında kullanılabilir.



Kan pompalama sisteminde manyetik sıvı contaya ait bir örnek



Manyetik sıvılar akışkandır.

Gelecekte Bizi Neler Bekliyor?

Manyetik Sıvı Hipertermi (MFH) yoluyla, kanser tedavisinde tümör dokuları yok etmek için manyetik nanopartiküller (NP) kullanılır. Dokulardaki hedef sıcaklık, tedavi tipine bağlı olarak hafif hipertermi için 43°C, termal ablasyon (ısıyla yıkımlama) durumundaysa 70°C civarındadır. Bu durumda sağlıklı dokuları korumak için sıcaklıkları kontrol edilmelidir. MFH'de, uygun şiddette ve frekansta manyetik alan kullanılarak ısının NP'lerin bulunduğu bölgede yoğunlaşması temin edilir ve bu sayede sağlıklı dokular korunur.

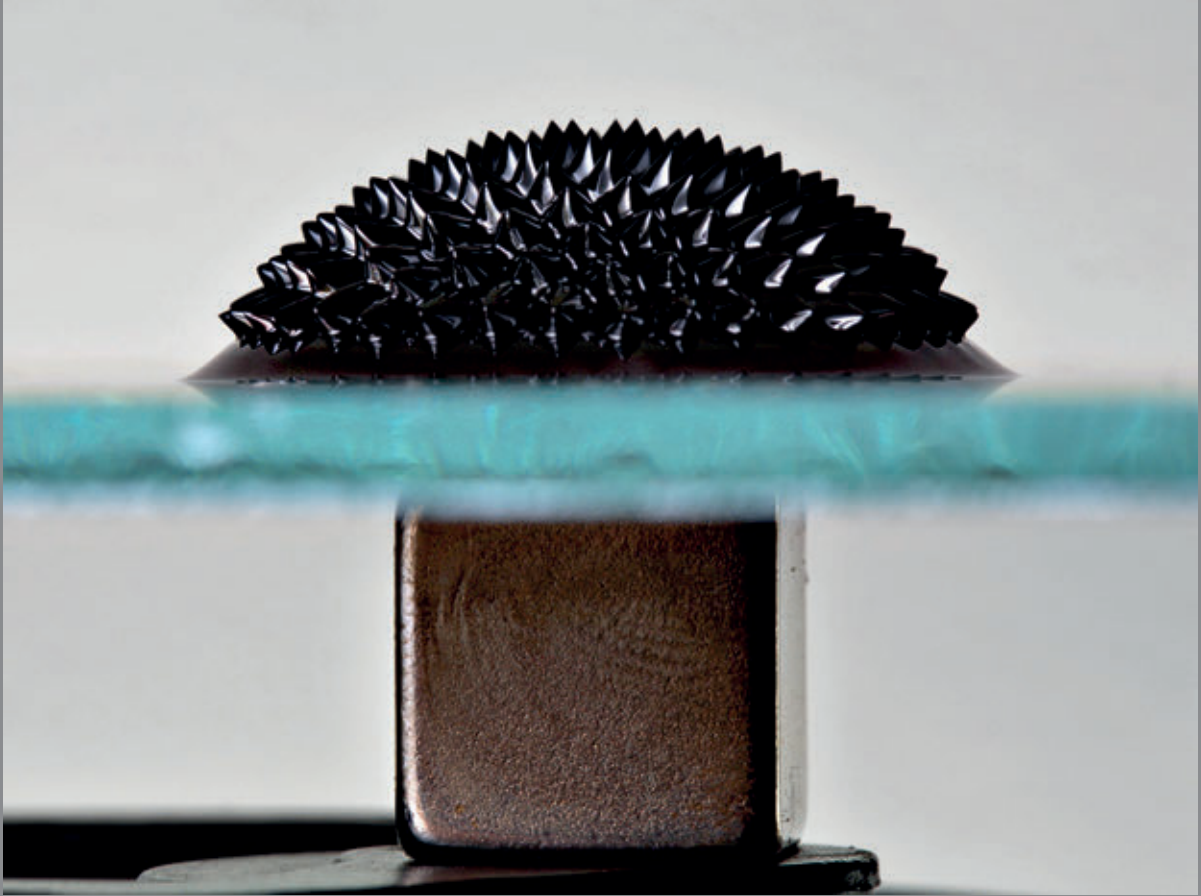
Manyetik sıvıların geliştirilmesiyle yakın gelecekte çok daha çeşitli kullanım alanlarında yer alması bekleniyor. Örneğin, eritrositlerin (kırmızı kan hücrelerinin) geri kalan kan hücrelerinden ayrıştırılmasında (RBC separation, magnetophoresis) ve hücre ayrıştırılması (cell separation) yöntemlerinin geliştirilmesinde minyatür manyetik sıvı ayrıştırıcıların etkinliği kanıtlandı. Yakın gelecekte bu tür yöntemler çeşitli tedavilerde yaygın olarak kullanılabilir.

Manyetik sıvıların bir diğer önemli uygulama alanı da insan protezleri

olabilir. Küçük ölçekli manyetik sıvı damperler, askeri ve ticari helikopterlerde kullanıldıkları gibi yarı aktif protez bacaklarda da kullanılabilir. Manyetik sıvı ayarlanabilir bu tür protezler çeşitli hareketleri mümkün kılarak hastanın rahat ve istemli olarak hareket etmesini sağlayacaktır.

Manyetik sıvı ile yapılmış basit bir sarkaç düzeneği, hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilir. Elde edilecek enerji elektronik saatler, minyatür radyolar ve cep telefonları gibi düşük güç sistemlerini beslemek için kullanılabilir.

Bir cam tabaka üzerinde ferromanyetik sıvı ve altında güçlü manyetik alan etkisine sahip bir mıknatıs var. Sıvı, manyetik alanın etkisi sonucunda fotoğrafta görünen şekli alıyor.



Elektrik iletim ve dağıtım sistemlerindeki transformatörlerde, manyetik nüve olarak manyetik sıvıların kullanılması, bu sistemlerin ağırlıklarını önemli miktarda düşürür. Bu da manyetik sıvı çekirdekli transformatörlerin taşınması, montajı ve bakımı açısından büyük avantaj sağlayabilir.

Manyetik sıvı kullanılan sensör türlerinin en yeni örneklerinden biri de fiber optik manyetik sensörlerdir. Manyetik akımın yoğunluğunu ölçmek için kullanılan kızılötesi dalga boyu spektrometrelerde konnektör işlevi gören küçük hacimli manyetik sıvı damlaları, sistemin çözünürlüğünü yüksek seviyelere çıkarmaya imkân sağlar. Gelecekte bu teknoloji yaygınlaşabilir.

Çinli mucit Shen He Wang tarafından tasarlanan minyatür manyetik sıvı jeneratörün 5 kW güce sahip olduğu kanıtlandı. Sabit mıknatıslarla çalıştırılan bu jeneratör için herhangi bir yakıt kullanılmıyor. Bu tasarımın büyük güçlü sürümlerinin de sanayi üretimi aşamasında olduğu biliniyor.

Şanzumansız araçların üretilmesi otomotiv endüstrisi mühendislerinin uzun yıllardır üzerinde çalıştıkları bir konu. Fakat günümüz teknolojisi bu tür sistemlerin uygulanması için hem teknik hem de mukavemet bakımından uygun bir çözüm üretmiyor. Manyetik sıvıların motor aksamlarında kullanılması, aşınmayan hareket mekanizmalarının üretilmesi ve çok düşük yakıt harcayan otomobillerin yapılması manyetik sıvılar sayesinde hayal olmaktan çıkacak.

Manyetik sıvı teknolojisi binaların sismik damperlerinde de kullanılabilir. Malzemebilimciler, mekatronik ve inşaat mühendisleri depremde hasar görmemeleri için binaların ve köprülerin belirli konumlarında bulunacak bağımsız sismik amortisörler geliştirmek için ortaklaşa çalışmalar yürütüyor. Bu çok disiplinli çalışmalar sonucunda Japonya'da 30 ton taşıma kapasitesi olan manyetik sıvı damperlerin üretildiği biliniyor.

Manyetik sıvılar binaların enerji verimliliğini artırmak için de etkin olarak kullanılabilir. Almanya'daki Friedrich Schiller Üniversitesinden araştırmacılar, binaların ve pencerelerin cephe elemanlarının manyetik sıvı kullanılarak oluşturulması hâlinde enerji verimliliğinin arttığını ve bu sayede karbondioksit salınımının azaldığını tespit etti. Manyetik sıvıların soğutma sıvısı olarak kullanılması ve bina içerisinde dolaşıma sokulmasıyla binalarda klima kullanımının azaltılması veya tümüyle ortadan kaldırılması sağlanabilir. Bununla birlikte, güneş panellerinden farklı olarak, bu sistemler dikey bir cepheye kolayca entegre edilebilirler. Dahası, büyük ölçekli manyetik sıvı camların ve cephelerin kullanılması, klima sistemlerini, gün ışığı kontrolünü ve su ısıtma sistemlerini temelden değiştirebilir.

Michigan Teknik Üniversitesinden fizikçiler, küçük uzay araçları için iyonik manyetik sıvı ile çalışan yeni bir motor tipi geliştirdiler. Yoğun manyetik ve elektrik alanlarının etkisi altında, sıvıdaki iyonlar güçlü bir ivme kazanabilir ve yüklü damlacık-

lar, kaynaklarını iterek yüksek bir hız geliştirebilirler. Bu tür motorların en önemli avantajı küçük boyutlarıdır. Bununla birlikte, verimleri küçük boyutlu iyon motorlarına göre çok daha yüksektir.

Manyetik sıvı teknolojisi her geçen gün gelişerek çeşitli teknik problemleri çözme kapasitesine sahiptir. Doğru uygulandığında, manyetik sıvılar sayesinde bir ürünün performansında önemli gelişmeler sağlanabilir veya başka bir teknolojiyle ulaşılmaması mümkün olmayan bir performans düzeyine ulaşılabilir. Dolayısıyla, manyetik sıvıların gelecekteki muhtemel kullanım alanlarının listesini uzatabiliriz. Ne var ki benzersiz bir malzeme sınıfı olan manyetik sıvıların uygulama alanlarının tümünü kısa bir makaleye sığdırmak mümkün değil. Daha önce de belirtildiği üzere, manyetik sıvı sistemleri için her gün yeni uygulama alanları geliştiriliyor. Bu teknolojinin oluşturduğu heyecanı gönülden paylaşıyor ve gelecekte sunacağı imkânları merakla bekliyoruz. ■

Kaynaklar

Rosensweig, R.E., *Ferrohydrodynamics*, Cambridge Univ. Press, NY, 1985.

Berkovskiand, B., Bashtovoy, V., *Magnetic Fluids and Applications Handbook*, Begell House, Wallingford, 1996.

Odenbach, S., *Colloidal Magnetic Fluids*, Springer-Verlag, Berlin, 2009.

Mitamura Y, Yano T, Okamoto E., "A magnetic fluid seal for rotary blood pumps: image and computational analyses of behaviors of magnetic fluids" Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.,663-666, 2013.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24109774>

<http://www.free-energy-info.tuks.nl/Wang.pdf>

<https://www.nkj.ru/archive/articles/4971>

<https://tehnnot.com>