

FERRO-AKIŞKANLARIN MİKROPOMPALAMA UYGULAMALARINDA KULLANILMASI

Doç. Dr. Ali KOŞAR*

Sabancı Üniversitesi öğretim üyesi

*Akışkanlar mekaniği, iki fazlı akış, ısı transferleri, elektronik soğutma, mikrosistemler, mikro/nano ölçekte ısı transferleri, nano ve mikroakışkanlar ve kavitasyon alanlarında yaptığı başarılı ulusal ve uluslararası çalışmaları ile kariyerinin erken bir evresinde alanındaki en saygın bilimsel dergilerdeki olağanüstü yayın başarısı ve yükselen bilimsel grafiği nedeniyle Doç. Dr. Ali Koşar'a bu yıl dokuzuncusu düzenlenen Kadir Has Ödülleri'nin Gelecek Vadeden Bilim İnsanı Ödülü'ne layık görülmüştür.

1980'lerde Mikroelektromekanik Sistemler (MEMS) ve üretim metodları konseptlerinin öne çıkması ilk mikropompaların üretilmesine olanak tanıdı ve bu girişimleri ferroakışkanların manyetik manipülasyonu gibi yenilikçi hareket yöntemleri uygulamaları izledi. Bu gelişmelerin sonucu olarak 1991'de ilk ferroakışkan piston pompası üretildi. Bu keşif başka yeni gelişimlere de olanak tanıdı ve sonuç olarak elektromanyetik sürümlü ferroakışkan mikrodamlalık, manyetik sürümlü ferroakışkan paketlerinin valf olarak kullanımları gibi sistemler ve uygulamalar öne çıkmı.

Gelişen Mikroelektromekanik Sistemler (MEMS) teknolojisi sayesinde çeşitli karmaşıklık ve yararlılığa sahip mikropompalar üretilebilmektedir. Mikropompa tasarımlarında en önemli amaç başka mikroakışkan sistemlere kolaylıkla entegre edilebilen, kolay taşınabilen, basit ama etkili mikropompalar tasarlayabilmektir.

Biyomedikal, mikroelektronik, MEMS ve biyolojik mikroelektromekanik sistemler gibi çok geniş ve çeşitli araştırma alanlarında uygulanabilir olması nedeniyle ferroakışkanların manyetik manipülasyonları çok popüler bir araştırma alanı olmaktadır. Mikropompa uygulamalarında, bu yöntem sayesinde sıvı akışına fiziksel müdahale olmadan önemli debiler elde edilebildiğinden, düzensiz manyetik alan kuvvet gradyanları ile manyetik hareketlendirme yapılabilir (Martsenyuk, 1980). Bu düzeneklerde kullanılan nanoakışkanlar kolloidal bileşiklerdir, katı fazdaki madde nano boyutlardaki parçacıklardan, sıvı fazdaki madde ise herhangi bir sıvıdan ama genellikle sudan oluşur. Katı parçacıklar zayıf moleküller arası kuvvetlerle süspansiyonda tutulur. Parçacıklar farklı manyetik özelliklerdeki malzemelerden üretilebilir.

Manyetit doğal ferromanyetik özellikleri sebebiyle kullanılan malzemelerden biridir. Manyetit ferroakışkanlar manyetik alanlarla harekete geçirilebilirler ve bu da manyetik manipülasyonu mümkün kılar. Manyetit nanoakışkanlarda, her parçacık tek manyetik alan içerecek kadar küçüktür. Sıvıda süspansiyon edilmiş manyetik parçacıklar dış manyetik alanların etkisi ile manyetize edilebilmektedirler (Acar et al, 2005). Manyetize edilen parçacıklar manyetik alanı satüre etmek üzere hareket ederler ve böylelikle ferroakışkan paketlerini oluştururlar. Manyetik alanın varlığının aynı zamanda baz sıvının akışkanlık özelliklerini de değiştirmesi beklenir (Martsenyuk, 1980).

Ferroakışkanlar güçlü manyetik kuvvetler altında dahi akışkan özelliklerini korurlar. Özenli geliştirilen ferroakışkanlar,

demanyetizasyon anında tersinir olarak ilk durumlarına geri dönebilmektedirler (Pamme 2006). Yüzey-aktif maddeler nanoakışkanlara uzun ömür ve stabilite sağlayan maddelerdir. Parçacıklar, topaklanmayı önlemek ve kolloid durumu korumak için yüzey-aktif maddelerle kaplanmalıdır (Zhu, Cheng ve Mao, 2011). Yüzey-aktif maddelerin özellikleri ve miktarı sıvıların uygulama alanları doğrultusunda ayarlanabilir (Dababneh & Ayoub, 1995).

Ferroakışkanların gündeme gelişi manyetik hareketlendirmenin akışkan ve hidrolik sistemlere entegre edilmelerine de imkan vermiştir ve fiziksel temasız hareketlendirmenin avantajı kullanıma açılmıştır. Mikro akışkan uygulamalarında manyetik alanların kullanımı uygulanacak güç tasarrufunu geliştirmek ve istenmeyen iletilimleri önlemek adına verimli manyetik alan üretimini gerektirmektedir. Manyetik alan topolojilerinin teorik optimizasyonu kaçınılmaz olmakla birlikte gerçek hayattaki en optimal tasarımların farkında olmak da arzu edilen mühendislik başarılarından birisi olacaktır.

Mikrokanallarda ferroakışkanların manyetik yönlendirilmesi mikroakışkanlar komünitesini tarafından yeterli ilgiyi henüz görememiş olsa da bu başarılı yöntem çok çeşitli avantajlar sunmaktadır. Manyetik yönlendirme manyetik olmayan ortamlarda manyetik parçacıkların kontrolüne olanak sağlarken yük, PH değerleri ve sıcaklık değişimlerinden de etkilenmemektedir (Pamme 2006, Tsai et al. 2009). Manyetik indikatörlerle işaretlenmiş numunelerin ve parçacıkların düzgün manyetik manipülasyonlarının mümkün olduğu kanıtlanmıştır (Afshar et al. 2009, Wang et al. 2007). Ferroakışkan paketlerinin kullanımıyla demir içermeyen akışkanların da manyetik manipülasyonla dolaylı olarak yönlendirilmeleri mümkün kılınmıştır (Pamme 2006, Song et al. 2007). Manyetik hareketlendirme ölçekten bağımsız olmakla birlikte daha küçük fiziksel düzeylerde daha verimlidir. Manyetik manipülasyonla nano seviye manyetik kristallerinden mikron seviye biyolojik numunelere kadar yönlendirme yapılabilir. Bu tarz yönlendirmeler devamlı olarak çalışılmakta ve elde edilen sonuçlar gelişmektedir (Wang et al. 2007).

Mikroakışkanlardaki gelişmeler biyoteknolojik ve tıbbi prosesleri önemli ölçüde geliştirmiştir. Numune miktarı, tutar, zehirli madde kullanımı azalırken taşınabilirlik ve bütünlük artmıştır. Mikroakışkanların biyolojik uygulamalarını



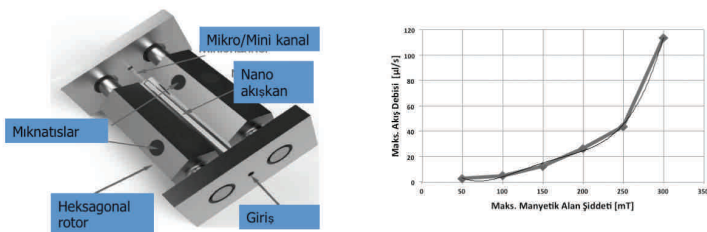
geliştirmenin önkoşulu mikro-nano seviyede biyo-malzemelerin özenli manipülasyonudur (Derec et al. 2010). Yeni pompa metodlarının geliştirilmesi tanı, ilaç sevki ve lab-on-chip (yonga üzerinde laboratuvar, Lien et al. 2009, Lacharme, Vandevyver ve Gijs, 2009, Chen et al. 2011) gibi biyomedikal uygulamaları doğrudan geliştirmektedir. Yeni aktivasyon metodları sayesinde güvenilirlik, cihaz uyumu ve biyolojik uyumluluk geliştirilmiştir (Tsai et al. 2009).

Demir oksit gibi genellikle nano parçacık olarak kullanılan numuneler çoğunlukla vücut içinde çözünebilir olmaktadır (Acar et al. 2005). Bu sebeple kimyasal analizlerde ve biyomedikal uygulamalarda kullanımlar kısıtlanmamaktadır. Çok güçlü mıknatıslar ve çok küçük indüktörler zaten piyasada bulunmakta olduğundan bu malzemeleri kullanan sistemlerin geliştirilmesi çok masraflı olmamaktadır (Ando et al. 2011).

Manyetik kuvvetleri aktivasyon metodu olarak kullanan mikroakışkan kontrol yapıları gerçekçi olarak tasarlanıp üretilebilmektedir. Manyetize edilebilen akışkanlar, değişken manyetik alanlarla pompalanabilir ya da konumlandırılabilir. Bu teknikle manyetik ya da manyetik olmayan nesnelerin proses edilmesi mümkün kılınmaktadır.

Ferroakışkan paketlerinin manyetizasyonu pompa sistemlerinde kullanılabilen geçerli yöntemlerden biridir. Bu sistemler dışarıdan manyetik alanlarla aktive edilir. Bu yöntem cihaz tasarımını basitleştirmekte ve tutarı düşürmektedir. Manyetize edilen ferroakışkan paketleri, birbirine karışmayan sıvılar kullanılması durumunda, diğer manyetik olmayan sıvıların yönlendirilmesinde kullanılabilirler (Pamme 2006, Song et al. 2007).

Araştırma grubumuzun çalışmalarında değişken manyetik alanlarla aktive edilen bir manyetomekanik pompa sistemi geliştirilmiş ve motive edici sonuçlar elde edilmiştir (Bilgin et al. 2011a, Bilgin et al. 2011b, Kurtoglu et al. 2011, Kurtoglu et al. 2012, Şeşen et al. 2012). Deney sonuçları bahsedilen mikro pompa uygulamasıyla önemli debilerin (50 μ l/s den fazla) elde edilebildiğini göstermiştir (Şekil 1). Önerilen manyetik eyleme metodu kanıtlanmış ve elektromekanik, elektrokinetik, and piezoelektrik eylemeye dayanan mikropompalama metodlarına güçlü bir alternatif olarak sunulmuştur. Hareketli parça içermeyen bu tür mikropompaların mikro/nano ölçekte gereksinim duyulan akış debilerini üretebileceği kanıtlanmıştır. Bu çalışmalarımızdan gelen motivasyonla bu alandaki araştırmayı derinleştirebilmek, daha fazla bilgi, anlama ve katkı sağlayabilmek adına, araştırmalarımız değişken manyetik alanlarla ferroakışkan yönlendirmesi üzerine yoğunlaşmaktadır.



Şekil 1: Mikropoma düzeneği (Kurtoglu et al., 2012)

KAYNAKÇA

- ACAR, H., Y., Garaas, R., S., Syud, F., Bonitatebus, P., Kulkarni, A., M., Superparamagnetic Nanoparticles Stabilized by Polymerized PEGylated Coatings. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 293, 1-7, (2005).
- AFSHAR, R., Lehnert, T., Moser, Y., Gijs, M., A., M., Magnetic Particle Dosing, Release and Separation in a Microfluidic Chip with Magnetic Actuation. *Transducers*, Denver, CO, USA, (2009).
- ANDO, B., Baglio, S., Beninato, A., Non-invasive Implementation of Pumping Mechanism in Pre-existing Capillary. *IEEE Sensors 2009 Conference*, (2009).
- ANDO, B., Salvatore, B., Beninato, A., An IR Methodology to Assess the Behavior of Ferrofluidic Transducers Case of Study: A Contactless Driven Pump. *IEEE Sensors Journal*, 11:1, (2011).
- BILGIN, A., Kurtoglu, E., Erk, H.C., Yagci-Acar, H.F., Koşar, A., A Novel Magnetomechanical Pump to Actuate Ferrofluids in Microchannels. *Thermal and Materials Nanoscience and Nanotechnology 2011, TMNN2011, May29-June03, Antalya, Turkey*, (2011a).
- BILGIN, A., Kurtoglu, E., Erk, H.C., Yagci-Acar, H.F., Koşar, A., Magnetic Nanoparticle Based Nanofluid Actuation with Dynamic Magnetic Fields. *Proceedings of the ASME 2011 9th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels, ICNMM 9, June 19- 22, Edmonton, Canada, ICNMM2011-58222*, (2011b).
- CHEN, H., Abolmattay, A., Faghri M., Microfluidic Inverse Phase ELISA via Manipulation of Magnetic Beads. *Microfluidics Nanofluidics*, 10, 593-605, (2011).
- DABABNEH, M., S., Ayoub, N.Y., The Effect of Oleic Acid on the Stability of Magnetic Ferrofluid. *IEEE Transaction on Magnetics*, 31, 4178-4180, (1995).
- DEREC, C., Wilhelm, C., Servais, J., Bacri, J. C., Local Control of Magnetic Objects in Microfluidic Channels. *Microfluidics Nanofluidics*, 8, 123-130, (2010).
- KURTOĞLU, E., Bilgin, A., Erk, H.C., Yagci-Acar, H.F., Sesen, M., Koşar, A., Implementation of a Simplified Method for Actuation of Ferrofluids. *3rd Micro and Nanoflows Conference*, Paper no: 26, MNF 2011, August22-24, Thessaloniki, Greece, (2011).
- KURTOĞLU, E., Bilgin, A., Misirlioglu, I.B., Yildiz, M., Acar, H.F.Y., Koşar, A., Development of Magnetic Pumps Based on Ferrofluid Actuation with Varying Magnetic Fields for Micropumping Applications. *Microfluidics Nanofluidics*, 23, 683-694, (2012).
- LIEN, K. Y., Liu, C. J., Lin, Y. C., Kuo, P. L., Lee, G. B., Extraction of Genomic DNA and Detection of Single Nucleotide Polymorphism Genotyping Utilizing an Integrated Magnetic Bead-based Microfluidic Platform. *Microfluidics Nanofluidics*, 6, 539-555, (2009).
- MARTSENYUK, M., A., A Dissipative Process in Ferrofluid in Non-homogenous Magnetic Field. *IEEE Transactions on Magnetics*, 16, 298-300, (1980).
- PAMME, N., *Magnetism and Microfluidics. Lab on a chip*, 6, 24-38, (2006).
- SONG, W., Ding, Z., Son, C., Ziaie, B., A Dynamic Ferrofluid Platform for Micromanipulation, *MEMS 2007, Kobe, Japan*, (2007).
- ŞEŞEN, M., Sendur, K., Menguc, M.P., Yagci, Acar, H.F., Koşar, A., A Heat Removal System with the Actuation of Magnetic Nanoparticles. *Journal of Applied Physics*, 112, 064320, (2012).
- TSAI, K., L., Pickard, D., Kao, J., Yin, X., Leen, B., Knutson, K., Kant, R., Howe, R., T., Magnetic Nanoparticle-driven Pumping in Microchannels, *Transducers 2009, Denver, CO, USA*, (2009).
- WANG, Y., Zhao, Y., Cho, S. K., In-droplet Magnetic Beads Concentration and Separation for Digital Microfluidics. *Transducers& Eurosensors'07: The 14th International Conference on Solid-state Sensors, Actuators and Microsystems*. Lyon, France, (2007).
- ZHU, T., Cheng, R., Mao, L., Focusing Microparticles in a Microfluidic Channel with Ferrofluids. *Microfluidics Nanofluidics*, doi:10.1007/s10404-011-0835-0, (2011).