

Mikroakışkanılar[§]: Genel Bir İnceleme

İbrahim Mutlay*

Hayzen Mühendislik, Ankara

Giriş

Mikroakışkanılar, akışkanları mm-altı, özellikle de mikrometre ölçekli boyutlarda işleyen aygıt, süreç veya yöntemler için kullanılan genel bir adlandırmadır [1,5]. Aslında mikroakışkanılar küçük hacimli (mikro-, nano-, piko- ve hatta femtolitre seviyesinde) akışkanlarla çalışan aygıtlar olup ebatları mikrometreden milimetreye kadar değişebilir. Dolayısı ile küçüklük, mikroakışkanılar için bir zorunluluk olmayıp bu tanım için için temel şart işlenen akışkan hacimleri ile ilgilidir [7]. Mikroakışkanılar 1990'ların başından itibaren o denli ivmeli bir şekilde gelişme kaydetmiştir ki günümüzde bilimsel araştırmaların da ötesinde günlük kullanımda bile yer edinmiş hatırı sayılır bir ticaret değeri bulmuştur. Öyle ki 2015 yılındaki ticaret hacminin 5 milyar USD'yi bulacağı tahmin edilmektedir [8]. Mikroakışkanılar, mikroölçekli “tesisatı”, çalışılan akışkan miktarlarının aşırı derecede küçük olması, sistemdeki yüzey alanı/hacim oranının çok yüksek olması ve yüzey kuvvetlerinin yoğun etkisi ile sıradan kimyasal süreçlerden ayrılır [3,5,6,7]. Bu özgünlükleri sayesinde mikroakışkanılar kimyasal süreçleri çok daha süratli işletebilir, daha az enerji/hammadde tüketerek verimli çalışır ve atık yanürün oluşumları daha azdır [1,2,5]. Bu sistemlerde ısı ve kütle aktarımının daha hızlı olması birçok yeni uygulamanın yolunu açmaktadır [2]. Tüm bu özellikler sayesinde mikroakışkanılarda üstün süreç denetimi, hızlı üretim ve güvenli işletim gibi çarpıcı özellikler gözlenmektedir [3,5,7]. Mikroölçekli hacimlerdeki akışkanlarla çalışıldığından zehirli, patlayıcı vb. kimyasallardan kaynaklanan olası riskler ortadan kalkar [3,5]. Yüksek ısı aktarım yetisi sayesinde aşırı ekzotermik süreçler bile izotermal işletilebilir [6] ve ısıtma/soğutma işlemleri daha etkince yürütülebilir [5]. Mikroakışkanıların süreç

§ “Mikroakışkanıl” kelimesi, yazarlar tarafından “microfluidic” sözcüğüne karşı önerilmiştir.

* E-posta: ibrahimmutlay@gmail.com

özelliklerine ilave olarak, ancak belki de onlarla yarışır seviyede önemli olan bir diğer üstünlükleri küçültülmüş ebatlardaki ve/veya tekkullanımlık cihazların tasarımında kullanılabilirlerdir [1,7]. Elde edilen olağanüstü özellikler birçok sanayiciyi konuya çekmiş ve ciddi sonuçlara ulaşılmıştır. DSM Fine Chemicals GmbH firması, 65 cm boylu bir mikroyapılı reaktör kullanarak 10 hafta içerisinde yüksek değerli bir polimerden 300 ton üretebilmiştir. Clariant firması da 2005 yılında mikroyapılı sistemlerinde 1000 ton pigment ürettiğini açıklamıştır. Clariant bu teknolojisi ile boyut dağılımı, seçicilik ve berraklık açısından yüksek nitelikli ürünler elde etmiştir [5].

Üretim

Mikroakışkanlıların imalatı için çok çeşitli yöntemler mevcutsa da bunların hemen hepsi mikroelektroniklerin üretim yaklaşımlarından devşirmedir ve litografi yöntemlerini esas alır [2,7]. İlk mikroakışkanlılar camdan imal ediliyordu fakat mevcut mikroimalat teknikleriyle tam denetimli yapısal inşaatın mümkün olamaması gibi bazı sorunların ardından silisyum ile önemli ilerlemeler kaydedilmişse de, bu malzeme de istenen özellikleri gösterememiştir [1,2]. Ancak polimerler kolay işlenebilmeleri, mekanik davranışları ve optik özellikleri sayesinde gün geçtikçe yaygınlık kazanmaktadır [7]. Mikroakışkanlı imalatında en yaygın kullanılan polimerler polidimetilsiloksan (PDMS), polimetilmetakrilat (PMMA), polikarbonat (PC), polisülfon (PSU) ve polipropilen (PP)'dir [2,7]. Bunlardan PDMS kendine has özellikleri ile son yıllarda daha belirgince kabul görmeye başlamıştır. Metaller de elektrot, pompa vb. bileşenlerin yapımında kullanılabilir. Piezoelektrik malzemeler, şekil hafızalı alaşımlar ve elektroetkin malzemeler de özel tasarımlarda uygulanabilir [7]. Polimerik mikroakışkanlılar litografi tekniklerinin yanısıra enjeksiyonlu kalıplama ve mikrokalıplama ile de üretilebilir [1,2]. Enjeksiyonlu kalıplama, ticari polimerik mikroakışkanlı imalatında en çok kullanılan üretim yöntemi olması açısından büyük önem arz eder [2]. Tüm imalat yöntemlerinin yanında lazerli işleme, CNC işleme ve mikro elektroboşalımlı işleme teknikleri de kullanılabilir [1,2]. Bir mikroakışkanlıın imalatı, genel hatları ile bakıldığında dört aşamalıdır: İlk aşamada bir yapı malzemesi mikroimalat teknikleri

ile işlenip oluklar açılır ve ardından bu olukların yüzeyleri kullanım maksatına göre işlevselleştirilebilir; ikinci aşamada, oluklandırılmış mikroyapılar kaynaklama, yapıştırma vs. ile bir alt destek malzemesine bağlanır; üçüncü aşamada, pompa, karıştırıcı, ayırıcı vb. bireysel haldeki mikroparçalar birbirleri ile birleştirilerek mikroakışkanlı cihaz ortaya konur; son aşamada ise mikroakışkanlı cihaz enerji ve hammadde girdi/çıktısı, süreç denetimi gibi amaçlar için makroölçekli sistemlere irtibatlandırılır [3]. Böylece sonkullanıma yönelik bir ürün ortaya çıkmış olacaktır.



Şekil 1. i-STAT® (Abbott Point of Care Inc. firmasının [9] izni ile)

Uygulamalar

Kalp krizi, tıbbi teşhisin sratlice yapılmasının ne denli önemli olduğunu anlatan hayati bir örnektir. Biosite firmasının mikroakışkanlı ürününün, kalp krizine ilişkin bazı kan tetkiklerini 10 dk gibi kısa sürede yapabilmesi bu sahada gelinen noktayı çok iyi anlatır [2]. Mikroakışkanlıların, hergün kullandığımız ink-jet printer'larda, kağıda püskürtülen pikolitre hacmindeki mürekkep damlalarını üretmek maksatıyla kullanılıyor olmaları [7] yaşamımızdaki yerlerini göstermesi açısından gerçekten ilgi çekicidir. Mikroakışkanlıların uygulamaları çok farklı alanları kapsamaktadır. Aslında, mevcut konuya, günümüzdeki herhangi bir kimyasal sürecin mikrole indirilmesi olarak bakılması halinde, uygulamadaki ehemmiyeti daha açık bir biçimde anlaşılacaktır. Mikroakışkanlıların uygulama sahaları biyoteknolojide DNA, protein ve hücre analizleri; tıbbi tahliller; eczacılıkta ilaç keşif araştırmaları, ilaç testleri ve süreç nitelik denetimi; biyomedikalde ilaç salımı ve doku mühendisliği; gıda sanayinde gıda tahlilleri ve paketlenme; kimyada analitik kimya ve kimyasal sentez; süreç denetiminde hassas ve “on-line” ölçümler; çevresel teknolojilerde in-situ toprak, su ve hava analizleri; otomotiv sanayinde yakıt enjeksiyonu, yağ özelliklerinin izlenmesi ve egzoz gaz analizi; tüketicilerde elektroniklerinde ink-jet baskı, elektroniklerin soğutulması gibi inanılmaz derecede çeşitli olabilmektedir [1,2,4,7]. Mikroakışkanlıların en çok çalışılan uygulama alanı ise yaşam bilimleridir [1,4]. Zaten mikroakışkanlıların hem ilk önemli uygulamaları ilaç keşif araştırmalarında olmuş hem de yakın gelecek pazar öngörülerinde bu alandaki ticari bakımdan en baskın uygulamanın teşhis sahasında olacağı belirtilmiştir [8]. Yaşam bilimleri alanında mikroakışkanlıları esas alan hali hazırda sayısız ticari ürünün bulunması bu durumun bir başka kanıtıdır. Örneęin i-STAT® (Şekil 1) adlı ürün, normalde laboratuvar ortamında birkaç saatte yapılabilecek kan tahlillerini iki damla kanla birkaç dakika içinde gerçekleştirebilir [2]. Caliper Life Sciences firması, geliştirdiği mikroakışkanlı “planar chip” tasarımını 2100 Bioanalyzer cihazında kullanmak üzere Agilent firmasına ve Experion sisteminde kullanılmak üzere Biorad firmasına satmıştır. “Planar chip” sistemi DNA, RNA ve proteinlerin ayrılmasında kullanılmaktadır [4]. Sadece yaşam bilimleri değil kimya sanayi de konunun önemli itici glerinden olmuştur. Mikroakışkanlıların küçültülmüş tasarımları ile yakıt hücreleri alanından önemli bir hedef haline gelen taşınabilir mikro-yakıt hücrelerine giden yolda önemli

adımlar atılmıştır [1,2]. CE-ECD (Capillary Electrophoresis Combined with Electrochemical Detection) sistemleri eczacılık ve çevre bilimleri alanındaki analizlerde görülmemiş yenilikler getirmiştir [1]. Hassas kimyasallar, nanomalzemeler vb. sentezinde kullanılmaları halinde mikroakışkanlar, geleneksel süreçlere nazaran çok daha nitelikli ürünlerin eldesini sağlamaktadır [3,5]. Mikroakışkanların ilk yatırım maliyetleri daha yüksek olsa da işletme maliyetlerinin düşüklüğü kimya sanayinde uygulanmalarını desteklemektedir [5].

Sonuç

Mikroakışkanlar, kendilerine has özellikleri ile yaklaşık 100 yılı aşkın bir maziye sahip kimyasal süreç sanayilerinde köklü değişiklikler yapacak gibi görünmektedir. Mevcut alanda, karmaşık mikroakışkanlı tasarımlarının kolay ve ucuz yöntemlerle kurulmasının halen tam anlamı ile başarılamaması [2] ve akış hatlarında türbülanslı yerine daha çok laminar akışın hâkim olması [3], dolayısı ile de karışma etkilerinin yetersiz kalabilmesi gibi sorunlar görülse de şu an bile azımsanmayacak bir pazar oluşmuştur. Önümüzdeki birkaç yıllık dönemde ise, tıbbi teşhis başta olmak üzere sayısız alanda mikroakışkanların devrimsel değişiklikler getireceği ve devasa bir pazar hacmine sahip olacağı düşünülmektedir. Elde edilecek ürünlerin çoğunun yüksek katma değerli olması da cezbedici etmenlerden bir diğerini oluşturur. Ülkemiz maalesef mikroimalat teknolojileri konusunda yeterli altyapıya sahip değildir. Bu nedenle mikroakışkanların yerli üretiminin mümkün olabilmesi için ilk önce mikroimalat sanayisi konusunda yeterli bir “know-how” oluşturulması büyük önem arz eder.

Kaynaklar

- [1] Luqmanulhakim Baharudin, Microfluidics: Fabrications and Applications, Instrumentation Science and Technology, 36: 222-230, 2008
- [2] P Abgrall and A-M Gue, Lab-on-chip technologies: making a microfluidic network and coupling it into a complete microsystem-a review, J. Micromech.

Microeng. 17 (2007) R15-R49

[3] Yujun Song, Josef Hormes, and Challa S. S. R. Kumar, Microfluidic Synthesis of Nanomaterials, *Small* 2008, 4, No. 6, 698-711

[4] Microfluidics: in search of a killer application, *Nature Methods*, Vol.4 No.8, August 2007, 665

[5] Barbara Pieters, Géraldine Andrieux, Jean-Christophe Eloy, The Impact of Microtechnologies on Chemical and Pharmaceutical Production Processes, *Chem. Eng. Technol.* 2007, 30, No. 3, 407–409

[6] Otto Wörz, Klaus-Peter Jäckel, Thomas Richter, and Andrej Wolf, Microreactors - A New Efficient Tool for Reactor Development, *Chem. Eng. Technol.* 24 (2001) 2

[7] Pasi Kallio, Johanna Kuncova, Microfluidics, *Technology Review* 158/2004, Tekes - National Technology Agency

[8] Microfluidics on the way to reach its promised market value in Life Sciences, Adres:

<http://www.suframa.gov.br/minapim/news/visArtigo.cfm?Ident=394&Lang=EN#>

Erişim Tarihi: 23 Eylül 2008