

Toughness of soft-hard composites and Wetting on Textured Substrates

Ko Okumura[†]

Physics Department, Ochanomizu University
(okumura@phys.ocha.ac.jp[†])

In the first part, after discussing works on nacre, a soft-hard composite found in nature, including a simulation on network mimicking nacre [1-4], we talk on a simple model of spider webs, another example of natural soft-hard structure [5]. We demonstrate that the web network is free of stress concentrations because the radial threads are stronger than the spiral threads. In the second part, after reviewing our works on wetting on textured surfaces [6-8], we discuss penetration into textured surface and instability of a liquid film on textured substrates during spin coating [9,10].

References

- [1] Ko Okumura and Pierre-Gilles de Gennes, Why is nacre strong? : Elastic theory and fracture mechanics for biocomposites with stratified structures, *Eur. Phys. J. E* 4 (2001) 121-127.
- [2] K. Okumura, Fracture strength of biomimetic composites: scaling views on nacre, *J. Phys.: Condens. Matter* 17 (2005) S2879-S2884.
- [3] Yukari Hamamoto and Ko Okumura, Analytical solution to a fracture problem in a tough layered structure, *Phys. Rev. E* 78 (2008) 026118-1--5.
- [4] Yuko Aoyanagi and Ko Okumura, Stress and displacement around a crack in layered network systems mimicking nacre, *Phys. Rev. E* 79 (2009) 066108.
- [5] Yuko Aoyanagi and Ko Okumura, A simple model for the mechanics of spider webs, *Phys. Rev. Lett.* 104, 038102 (2010); featured in, Philip Ball, Web designers, *Nature Materials* 9, 190 (2010).
- [6] C. Ishino, K. Okumura and D. Quéré, Wetting transitions on rough surfaces, *Europhys. Lett.* 68 (2004) 419-425.
- [7] C. Ishino and K. Okumura, Nucleation scenarios for wetting transition on textured surfaces: the effect of contact angle hysteresis, *Europhys. Lett.* 76 (2006) 464-470.
- [8] Chieko Ishino, Mathilde Reyssat, Etienne Reyssat, Ko Okumura and David Quere, Wicking in a forest of micro-pillars, *Europhys. Lett.* 79 (2007) 56005.
- [9] C. Ishino and K. Okumura, Wetting transitions on textured hydrophilic surfaces, *Eur. Phys. J. E* 25 (2008) 415-424.
- [10] Minako HAMAMOTO-KUROSAKI and Ko OKUMURA, On a moving liquid film and its instability on textured surfaces, *Eur. Phys. J. E* 30, 283-290 (2009).

Keywords: soft - hard composites, Wetting, spider webs

고 분산성 자성 나노유체의 열전도도 및 점성

서용재[†], 이효숙, 조국, 길대섭, 정경우, 주명은¹

한국지질자원연구원, ¹충남대학교
(aumsuh@kigam.re.kr[†])

최근 열전달율을 획기적으로 향상시킬 수 있는 고 열전도성 나노유체가 주목을 받고 있다. 고 열전도성 나노유체는 액상보다 열전도도가 수백~수만 배 높은 고상의 금속 또는 비금속 나노입자를 물이나 오일 등에 미량 균일하게 분산 시킴으로써 기존의 유체가 가지지 못한 높은 열전도율과 분산안정성을 갖는 기능성유체를 말한다. 고 열전도성 나노유체는 기존 냉각시스템에서 냉각유체만 교체할 경우에도 열전달 효율을 20% 이상 향상시킬 수 있는 저비용 고효율 작동 유체이다. 이 나노유체는 발전설비, 공조설비, 에너지 산업, 석유화학, 화학공업, 제철산업, 가정용 냉난방설비, 자동차 등 산업 전 분야의 열교환시스템에 활용이 가능하다. 따라서 고 열전도성 나노유체는 종래 열효율의 한계를 돌파할 수 있는 에너지 이용 효율 향상 기술의 패러다임을 바꿀 혁신적인 신소재로 여겨지고 있다.

그러나 현재까지 개발된 나노유체는 초기 열전도 특성은 우수하나 장기간 분산안정성이 확보되지 않아 시간이 경과함에 따라 열전도도가 점점 감소하는 경향을 보인다. 또한 탄소나노튜브를 분산한 나노유체의 경우와 같이 유체의 점도가 크게 증가하여 실제 산업에 적용 시 커다란 동력손실을 초래할 수 있으며 열교환시스템에 파울링이 발생할 소지가 크다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 나노유체에서 열전달이 일어나는 메커니즘이 규명되어야 하지만 아직 명확한 이론이나 가설이 정립되어 있지 않다.

이 논문에서는 나노유체가 높은 열전도율을 보이는 현상을 설명할 수 있는 몇 가지 이론을 살펴 보고 지금까지 개발된 안정성이 아주 높은 나노유체의 열전도 특성을 비교 분석하여 획기적인 열전도성 나노유체 개발 가능성을 살펴보고자 한다. 이를 위해 나노입자의 조성, 유체 내 농도 및 자기장 등이 나노유체의 열전도율에 미치는 영향을 연구하였다.

Keywords: 나노유체, 열전도도, 분산안정성, 점도, 자성유체