

## 펨토초 레이저를 이용한 극미세 가공

# Ultra-precise material processing using a femtosecond laser

조성학, 유병헌, 장원석, 김재구, 황경현  
한국기계연구원  
shcho@kimm.re.kr

펨토기술은 펨토초영역에서 일어나는 물리화학적 현상을 이용하여 공학적으로 이용하는 학문이다. 펨토초(femtosecond)는 시간의 단위로서 1펨토초는 1000조분의 1초( $10^{-15}$ )에 해당된다. 일반적으로 사람의 머리카락 두께는 약 100 $\mu$ m 인데 100 펨토초라고 하더라도 빛이 머리카락 두께의 1/2도 진행하지 못하는 극도의 짧은 시간에 불과하다.

이러한 펨토기술은 극초단 레이저의 발달로 가능해졌다. 1960년대 초 레이저 펄스폭을 줄일 수 있는 기술이 개발돼 나노초 시대가 열린 이후 60년대 중반에 펄스폭을 더욱 줄일 수 있는 모드 잠금기술이 개발돼 피코초시대가 도래했다. 그후 다양한 레이저 발전기술의 개발로 펨토초 레이저의 발전이 가능해졌으며 80년대 중반에는 차프펄스증폭기술(CPA : Chirped Pulse Amplification) 이 개발되고 90년대초부터 펨토초영역의 극초단파 레이저는 그 출력이 테라와트(1 Tera:  $10^{12}$ W)급으로 증가되면서 펨토기술의 응용영역이 급속도로 확대되기 시작했다.

펨토기술은 그 응용분야와 파급효과가 매우 커서 물리학, 화학, 생물학, 의학을 비롯한 기초과학부터 IT, BT, NT, ST, ET 등 많은 응용분야가 있다. 그 중 가장 중요한 응용 분야는 펨토초 레이저를 이용한 극미세 가공 및 나노기술분야에서의 펨토기술의 응용이다. 미국, 일본, 독일 등 선진국에서는 나노기술이 한가지 분야에 국한한 기술이 아니고 융합 기술이며 물리학, 광학, 화학, 생물학, 의학, 전자공학, 기계공학, 재료공학, 생명공학등이 결합되고 있음을 잘 인식하고 있다. 이러한 인식의 토대하에 나노기술(NT)를 펨토기술에 접목시키는 연구를 수행하고 있다.

펨토초 레이저를 이용한 재료가공은 주로 미세한 구멍이나 절단 또는 특정 물질을 선택적으로 제거하는 작업으로서 나노 테크놀로지에 해당되는 극도의 정밀가공이며 고부가가치를 창출하는 작업이다. 펨토초 레이저를 이용하게 되면 빛의 흡수에 의하여 발생한 열이 주변으로 전달되기 전에 가공이 끝나게 되어 가공부의 주변에 어떠한 손상이나 구조변화를 일으키지 않는 장점이 있다. 또한 펄스폭이 극도로 짧은 반면 첨두출력은 아주 높아서 일반적으로는 투명한 매질이라 할지라도 다광자흡수 과정에 의하여 레이저광의 흡수가 일어나 가공이 가능하여 매질의 종류에 구애를 받지 않는다.

펨토초 레이저를 이용한 재료 가공은 다음과 같은 네 가지 특징이 있다. 첫째로는, 효율적이며, 빠르고 국소적인 에너지가 주입된다는 것이다. 둘째로는 변형이 적고 레이저 용발문턱 (Ablation Threshold) 에너지가 낮다는 점이다. 셋째로는 열적 손상을 최소화 시킬 수 있다. 넷째로는 첨두 파워가 크기 때문에 일반레이저에서 일어날 수 없는 비선형 현상이 손쉽게 일어난다는 점이다. 이러한 특징을 이용하기 때문에 초정밀 미세구조 가공이 가능하게 된다. 예로 펨토초 레이저(100fs, @800 nm)를 이용한 금속(Ni) 표면 나노급 홀 드릴링 및 표면 가공사진이다.

발표시에는 최근의 펨토기술 및 펨토초 레이저를 이용한 극미세가공의 연구 동향에 대해 보고한다.

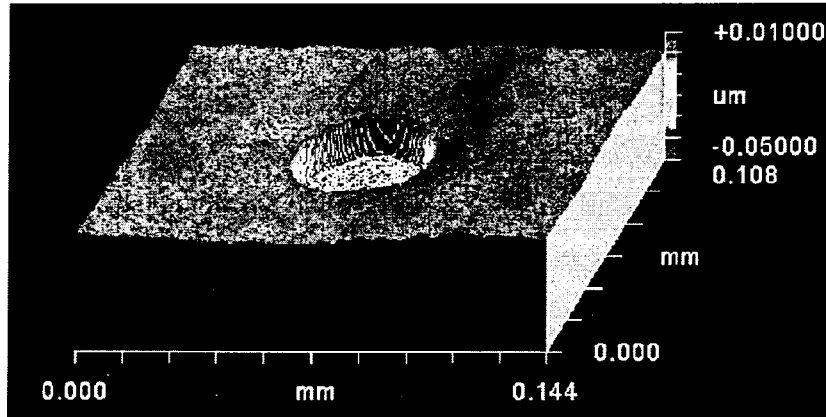


그림1. 금속 홀 가공

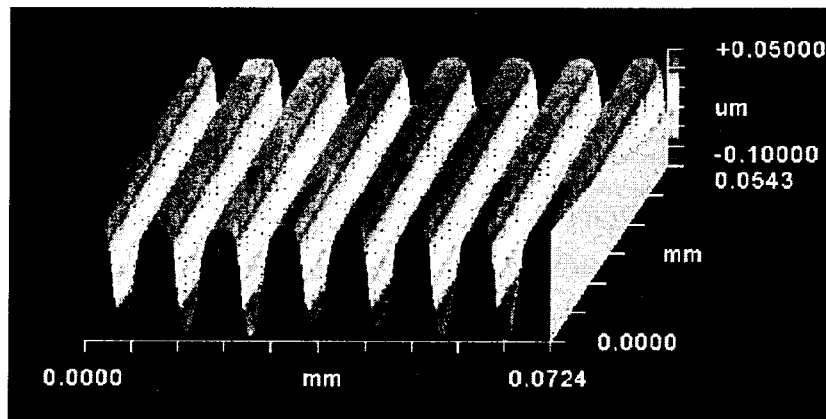


그림2. 금속 표면 가공

F  
A