핵연료 탄성계수 측정기의 시스템 교정

양재환, 박창제, 류호진, 나상호, 강권호
한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
jhyang@kaeri.re.kr

1. 서론

핵연료의 탄성계수는 Young's modulus, Shear modulus, Poisson's ratio 등과 관련되며, 핵연료의 노내 성능평가의 기초자료 뿐만 아니라 후행핵연료주기에서 수송, 저장 등에도 기초자료로 활용된다. 이를 위해 본 연구에서는 초음파 공진 원리를 이용한 탄성계수 측정기에 대해 표준물질 SKD-11을 이용하여 시스템 교정을 수행하였다.

2. 계산방법 및 결과 고찰

본 연구에서 핵연료의 탄성계수를 측정하기 전에 측정시스템에 대한 표준물질인 SKD-11을 이용하여 시스템전체에 대한 교정을 수행하였다. SKD-11은 밀도가 7.85 g/cm3로 금형 다이스 및 성형로라 등에 이용되는 철강합금으로 성분은 Cr이 약 12wt% 정도 차지하며 그 외 Mo와 V 등이 1.0 wt%, 0.5 wt% 각각 포함되어 있다. 열처리 방법에 따라 여러종류의 철강합금이 생성되는데 SKD-11은 800 ℃ ~ 870 ℃사이에서는 annealing 단계로 서냉하며 1000 ℃ ~ 1050 ℃ 사이에서는 quenching 단계로 유냉하며, 다시 온도를 낮춰 550 ℃ ~ 680 ℃에서 tempering 단계로 공냉하여 생산된다.

초음파 공진방법을 이용한 탄성계수 측정기는 Quasar사에서 제조된 RuSpec 제품으로 시편을 장착하는 부분과 초음파 발생장치 부분, 그리고 소프트웨어로 구성되어 있다. 표준시편인 SKD-11은 10X11X12 mm 로 직육면체이며 이는 표준과학연구원에서 교정을 하였다. 교정시 탄성계수는 시편내를 진행하는 초음파 전파시간, 시편의 두께, 그리고 밀도 값을 요구한다. 결과로는 각 방향에 따른 초음파의 횡파와 종파 전파시간이 주어지게 된다. 이 값을 이용하여 탄성계수 수식에 대입하여 원하는 결과를 산출하여 기준값을 정하게 된다.

같은 시편에 대하여 초음파 공진 탄성계수 시험기로 측정실험을 수행하였다. 초음파 주파수는 약 100 kHz ~ 300 kHz 사이에서 20개 정도의 resonance peak를 구하여 소프트웨어적으로 산출하였다. 결과에서 relative root mean square error 가 0.2% 이내가 되도록 peak 를 조정하고 반복하여 구하였다. 그림 1은 측정실험 결과 소프트웨어에 나타난 resonance peak를, 표 1은 SKD-11 표준시료에 대한 기준 탄성계수 값과 측정값을 보여주고 있다. 측정결과 최대 1.3% 이내로 비교적 일치하는 것으로 나타났다. 추후 핵연료에 대한 탄성계수 측정에 적용하여 기초자료를 생산할 예정이다.

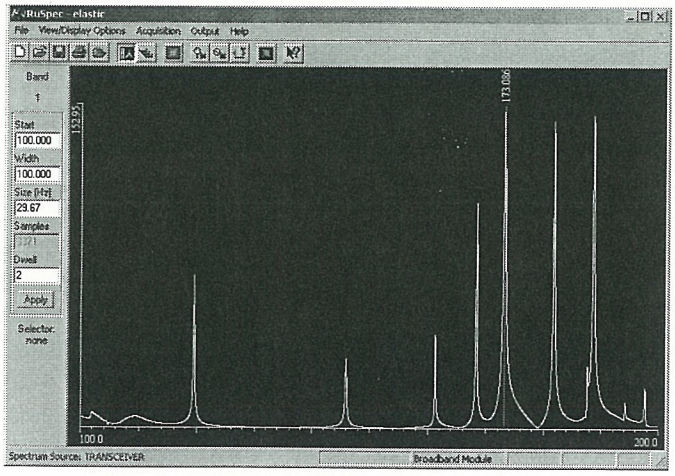

그림 1. 소프트웨어에 나타난 resonace peak의 형태

표 1. 탄성계수 측정 결과 (SKD-11)

	Measured	Reference
Poisson's Ratio	0.2925 (0.34%)	0.2915
Shear Modulus	79.13 Gpa (-1.27%)	80.15 Gpa
Young's Modulus	204.55 Gpa (-1.19%)	207.02 GPa

3. 결론

핵연료의 기계물성 중에 중요한 인자인 탄성계수에 측정에 대한 시스템 교정을 통해 기초적인 자료를 생산하였다. 탄성계수측정은 초음파 공진현상을 이용하며 시료의 밀도 및 두께에 대한 정보를 미리 알아야 한다. 추후 핵연료에 적용하여 탄성계수에 대한 기초자료를 생산할 예정이다.

References

[1] QUASAR International, Inc., RU Spec- Windows Version User's Manual, (August 2003).

[2] Moore, P. (ed.), Nondestructive Testing Handbook, Volume 7, American Society for Nondestructive Testing, 2007, pp. 319-321.